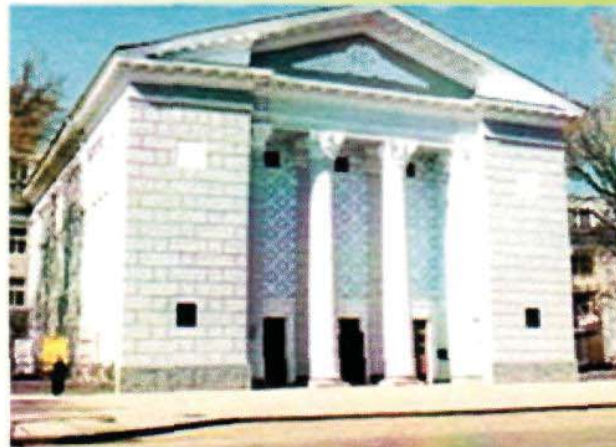




**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА
АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ



**Одеса
2017**

УДК [620.9:628.87]:334.723
ББК [620.9:628.87]:334.723
Е 61

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ОДЕСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ СОЮЗ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ
ОБ'ЄДНАНЬ УКРАЇНИ
КОНСАЛТИНГОВА ЛАБОРАТОРІЯ «ТЕРМА»

Е 61 Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали науково-практичної конференції (16 листопада 2017 р.). – Одеса: ОНАХТ, 2017. 68 с.

У збірнику подано тези доповідей науково-практичної конференції.

Збірник містить тези пленарних доповідей, доповідей по енергетичному та екологічному менеджменту (секція 1), альтернативній енергетиці (секція 2), енергоефективним технологіям та обладнанню (секція 3), моделюванню енерготехнологій (секція 4) та тези доповідей молодих вчених (секція 5).

ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ

Матеріали науково-практичної конференції

16 листопада 2017 року

Одеса
2017

АНАЛІЗ КРИТЕРІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОПЕРЕЧНО-ОРЕБРЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕПЛООБМІНУ

Основним завданням при створенні сучасних теплообмінних апаратів з повітряним охолодженням є підвищення їх енергетичної ефективності. Збільшення теплотойому і компактності теплообмінників здійснюється за рахунок використання оребрених труб. Поперечне розташування ребер щодо вісі труб в найбільшій мірі сприяє умові вирівнювання термічних опорів на сторонах середовищ, що обмінюються теплом, і зниженню витрат дорогих суцільнотягнутих труб, забезпечуючи при цьому оптимальні масогабаритні характеристики апаратів. Існуюча різноманітність розмірів і форм оребрених поверхонь свідчить про широту дослідницьких робіт по удосконаленню повітряних теплообмінників.

У роботі проведено зіставлення ефективності теплообміну оребреної поверхні, набраної з труб діаметром $d = 16$ мм, крок оребрення проаналізовано в діапазоні $u = 2-5$ мм, поздовжній і поперечний крок труб в пучку приймався $S_1=S_2=37$ мм. Розрахунок теплової ефективності поперечно-оребреної поверхні проведено по рівнянням, які доступні у відкритій літературі [1-8].

Універсальні рівняння для розрахунку теплообміну поперечно-оребраних поверхонь теплообміну у відкритій літературі відсутні у зв'язку зі складністю узагальнення експериментальних даних. Спроби узагальнення великого масиву експериментальних даних випробувань численних в конструктивному варіанті виконання теплообмінних поверхонь призводить до істотного погіршення точності рівнянь.

Проаналізовані критеріальні рівняння для визначення ефективності теплообміну при поперечному омиванні пучків оребрених труб представлено нижче:

$$Nu = c \cdot \left(\frac{d}{u}\right)^{-0.54} \left(\frac{h}{u}\right)^{-0.14} \cdot Re^n \quad [1] \quad (1.1)$$

$$Nu = c \cdot Re^{0.625} \beta^{-0.375} \cdot Pr^{0.33} \quad [2] \quad (1.2)$$

$$Nu = c \cdot c_z \cdot c_s \cdot \left(\frac{d}{u}\right)^{-0.54} \left(\frac{h}{u}\right)^{-0.14} \cdot Re^m \quad [3] \quad (1.3)$$

$$Nu = c \cdot Re^{0.64} \left(\frac{h}{u}\right)^{-m} \quad [4] \quad (1.4)$$

$$Nu = c \cdot c_z \cdot c_s^{0.1} \cdot Re^n \cdot Pr^m \cdot \phi^{-0.5} \quad [5] \quad (1.5)$$

$$Nu = 1,13 \cdot c_z \cdot c_s \cdot Re^n \cdot Pr^{0.33} \quad [6, 7] \quad (1.6)$$

$$Nu = 0,1 \cdot \left(\frac{S_1}{d}\right)^{1,3} \cdot \left(\frac{S_2}{d}\right)^{-1,5} \cdot Re^{0,6} \quad [8], \quad (1.7)$$

де u - крок ребер, м; d - зовнішній діаметр теплообмінної труби (в основі ребра), м; Re - критерій Рейнольдса; Pr - критерій Прандтля; c, c_z, c_s - вагові коефіцієнти емпіричних рівнянь; ϕ - ступінь оребрення теплообмінної поверхні; m, n - показники ступеня рівнянь.

**Примітка: докладніше про показники ступеня рівнянь та вагові коефіцієнти емпіричних рівнянь, умови застосування див. у наведеному нижче списку літератури*

Діапазон умов застосування рівнянь для розрахунку інтенсивності теплообміну й аеродинамічного опору поперечно-оребраних трубчастих систем тепловідведення залежить як від конструктивних параметрів (діаметра несучої труби d , кроку оребрення u , поперечного S_1 і поздовжнього S_2 кроку труб в пучку, геометричної форми оребрення і т.д.), так і умовами омивання поверхні потоком теплоносія (критерієм Re). Для варіанту зіставлення обрано, виходячи з умов застосування наведених вище рівнянь, наступні геометричні параметри поперечно-оребреної трубчастої поверхні: $d_{zn}=16$ мм, $u=4$ мм, $h_p=9$ мм, товщина ребра 0,5 мм, компоновка пучку - шахова, $S_1 = 37$ мм, $S_2=37$ мм, коефіцієнт оребрення - $\beta=9,34$

На рис. 1 представлено зіставлення результатів варіантних розрахунків по критеріальним рівнянням для круглих ребер (1.1) - (1.7). У даних рівняннях в якості визначального розміру приймалися діаметр труби, еквівалентний діаметр труби, крок ребер та умовна довжина. З рис.1 видно, що результати розрахунку числа Nu для трубчастих поверхонь з круглими ребрами по рівнянням (1.1) -(1.7) суттєво відрізняються. Найбільш високі значення числа Nu відповідають варіанту використання критеріального рівняння (1.5), найменші - варіанту (1.7). Дана відмінність пов'язана з тим, що в розглянутих рівняннях в якості визначального геометричного параметра при розрахунку числа Re використовувалися різні величини. У рівнянні (1.5) в якості визначального параметру приймалася умовна довжина $l_{ym} = 25,4$ мм, в рівняння (1.7) - зовнішній діаметр труби $d_{zn} = 16$ мм. Авторами роботи [8] зауважено, що рівняння (1.7) отримано для труб діаметром 32 мм з коефіцієнтом оребрення теплообмінної поверхні $\beta = 26,98$. Отже, отримані занижені результати розрахунку числа Nu за рівнянням (1.7) пов'язані з тим, що дане рівняння придатне лише для поверхонь теплообміну з високим значенням коефіцієнту оребрення β . Даний висновок добре узгоджується з результатами раніше проведених експериментальних робіт [5]. При цьому швидкість повітря у живому перетині оребреної поверхні, якщо її розраховувати по значенню критерія Re , наприклад, по рівнянню (1.6) при відповідному числі Re на 37% вища, аніж для рівняння (1.5).

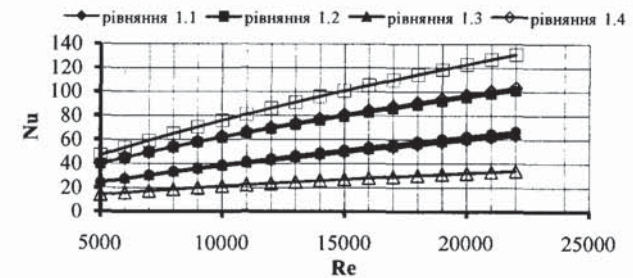


Рис. 1 Графік залежності $Nu=f(Re)$ для круглих ребер.

Цікавим є ще той факт, що результати розрахунків за рівняннями (1.2) і (1.4) практично збігаються. Даний результат отримано незважаючи на те, що в рівняннях при розрахунку числа Re в якості визначального параметру застосовувалися відповідно діаметр труби і крок ребер.

Зазначений ефект також спостерігається при зіставленні результатів розрахунків за рівняннями (1.1), (1.3) і (1.6), які отримані незалежними дослідниками для круглоребристих оребрених поверхонь. У даному випадку при виборі визначального параметру для узагальнення емпіричних даних діаметр несучої труби і крок ребер практично рівноцінні.

Проведений аналіз теплової ефективності оребрених поверхонь апаратів з повітряним охолодженням підтвердив суттєвий вплив на результати теплових розрахунків типу обраного критеріального рівняння.

Література

1. Кузнецов П.В., Пшениснов И.Ф. О влиянии неравномерности теплоотдачи по поверхности круглого ребра на его эффективность // Теплоэнергетика- 1974,- №8 —С.42-45
2. Schmidt Th. E. Der Wärmeübergang an Rippenrohre und die Berechnung von Rohrbündel – Wärmeaustauschern. – Kältetechn., 1963, Bd. 15, H. 4, S. 98 – 102, H. 12, S., p. 370-378
3. Юдин В. Ф., Тохтарова Л. С., Локшин В. А., Тулин С. И. Обобщение опытных данных о конвективном теплообмене при поперечном омывании пучков труб с поперечным ленточным и шайбовым оребрением // Труды ЦКТИ. – 1968. – Вып. 82. – С. 108-134.
4. Кунтыш В.Б., Таранян И.Г., Иохведов Ф.М. О влиянии глубины межреберной полости на теплоотдачу пучков оребренных труб // Известия вузов СССР. Энергетика, 1973,- №11.- С. 139-143.
5. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечно – оребренных труб // Ленинград, Машиностроение, 1982.-189 с., ил.
6. Обобщение экспериментальных данных и разработка рекомендаций по расчету теплоотдачи шахматных пучков из труб со спиральным и шайбовым оребрением в поперечном потоке газа/ В.Н. Фомина, Е.Я. Титова, В.К. Мигаи и др. // Энергетические станции. — 1991. — № 6. — С. 48 - 56.
7. Расчет и рекомендации по проектированию поперечно-ребренных конвективных поверхностей нагрева стационарных котлов. РТМ 108.030.140
Лисин В.В., Чепурненко В.П. Исследование теплообмена в пучках из литья ребристых труб//Холодильная техника. — 1976. —

Трач О.Р., ст. викладач кафедри КСіУБП

Тришин Ф.А., канд.техн.наук, доц. кафедри АТПтаРС
(ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПРИ ФОРМУВАННІ ЛЬОДОВОГО БЛОКУ

В наш час планомірно підвищується інтерес до низькотемпературних технологій водопідготовки. Це пов'язано з їх високою енергоефективністю, оскільки для перетворення води в пар до неї потрібно підвести 2252 кДж кг тепла, а для перетворення води в лід (виморожування) необхідно відвести

335 кДж/кг тепла. При направленій кристалізації на горизонтальній поверхні, температура якої нижче криоскопічної температури, формується підкладка у вигляді твердої фази. Нижче зростає двох-фазний шар, що складається з льоду і розчину. Поверхню двохфазової зони і розчин розділяє приграничний шар. Управління процесом спрямованої кристалізації засноване на забезпеченні необхідних умов формування двофазного шару. Дослідження процесу теплопередачі в реальних умовах пов'язане з великими труднощами, внаслідок складності і нестационарності процесів, тому великого значення набуває теоретичний аналіз і побудова моделей. Основні проблеми з розрахунком процесу пов'язані з двофазним шаром. Тут в теплопереносі беруть участь як тверда фаза (лід), так і розчин. Обмежені умови пористої структури цього шару дозволяють вважати, що конвективні потоки в порах відсутні і теплоперенос проходить паралельно через крижані «ребра» і через розчин. Введемо ефективний коефіцієнт теплопровідності пористої структури, який визначається температурою і пористістю. Природно, для кожного зрізу ці параметри різні, а визначальний вплив буде мати пористість. Будемо рахувати:

$$\lambda_e = \varepsilon \lambda_p + (1 - \varepsilon) \lambda_n \quad (1)$$

У процесі кристалізації температура (t_p), концентрація (X_p) і пористість (ε) кожного зрізу шару змінюються, тому:

$$\lambda_e(h) = \varepsilon(h) \lambda_p(t, X_p) + (1 - \varepsilon(h)) \lambda_n(t) \quad (2)$$

Числове моделювання проведене по формулі (2) показує, що значний вплив на процес теплопередачі має внутрішня структура блоку льоду, що ускладнює задачу вивчення теплопередачі моделювання внутрішньої структури льодового блоку. Приведемо декілька підходів до вирішення цієї проблеми. Виділяють кілька характерних моделей фізичного моделювання пористих систем, що відображають як корпускулярну будову пористих систем, так і губчаста. Виходячи з цього всі моделі діляться на глобулярні і капілярні. Слід зазначити, що моделі, побудовані вище наведеними способами, задовільно працюють тільки для промислово створених матеріалів, оскільки для них заздалегідь відомі основні розміри частинок, еквівалентний радіус пор і технологія виробництва матеріалу. Оскільки блок льоду відноситься до природних речовин, то його структури знаходяться під впливом різноманітних випадкових факторів, що значно ускладнює побудову достовірної фізичної моделі. У такій ситуації доцільно застосовувати стохастичні методи моделювання, теорію фракталів і теорію перколяції. Слід враховувати, що дослідження природних об'єктів пов'язане з великими труднощами, по-скільки у них, як правило, відсутня точна самоподібність, тому використовується поняття топологічної самоподібності або самоафінності. Потрібно брати до уваги, що в загальному випадку кількість ітерацій фракталу - нескінченна, однак при моделюванні реальних об'єктів це число обмежене. Використовуючи фрактальний аналіз стохастичної структури можливо визначити деякі усереднені параметри, що характеризують її будову, що дозволить використовувати їх в практичних розрахунках для визначення показників тепло- і масообміну.

СЕКЦІЯ 3

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ

Бурдо О.Г., Мордынский В.П., Светличный П.И., Омар Саид Ахмед ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВАКУУМНАЯ СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА	25
Жихарєва Н.В., Бабой Є.О. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНАННЯ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ	27
Бурдо А.К., Альхури Юсеф, Величко В.П. ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРАГИРНОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФИТОПРЕПАРАТОВ	29
Яровий І.І., Марєнченко О.І. ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ СОНЯШНИКА	30
Орловська Ю. В., Трішин Ф.А. ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ АПАРАТАХ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ	33
Альхури Юсеф, Аванійчук Е.Ю., Величко В.П. НОВІТНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЕКСТРАКТІВ ШИПШИНИ	35
Бурдо О.Г., Войтенко О.К., Омар С.А., Катасонов О.В. НОВІТНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЦИБУЛІ	36
Бурдо О.Г., Гладушняк О.К., Кєпін М.І. ЛІНІЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ	38
Хомічук В.А., Усатенко Н.Ф. СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННИКІВ ПРИ КОПЧЕННІ М'ЯСОПРОДУКТІВ	39

СЕКЦІЯ 4

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Зиков О.В. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ СЕЛЕКТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДІЇ .	41
Труханов В.С., Вігульський А.К., Стоянов П.Ф. АНАЛІЗ КРИТЕРІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОПЕРЕЧНО-ОРЕБРЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕПЛООБМІНУ	43
Трач О.Р., Трішин Ф.А. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПРИ ФОРМУВАННІ ЛЬОДОВОГО БЛОКУ	45
Лєвтринська Ю.О., Терзієв С.Г., Зиков О.В. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНИХ ЕКСТРАКТІВ КАВИ	47
Янаков В.П., Паляничка Н.А., Темников Г.Е. ПРОЦЕСНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАМЕСА ТЕСТА	48

Рєзничєнко Т.А. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАУУМ-ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ	50
---	----

СЕКЦІЯ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

Афанасьєва А., Вєчірко В., Патрашко М., Слїд Д. ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЕЛІВ СЛОБІДКИ	53
Милнїчук Е.С., Копач С.А., Лєонова Л.Ю. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ	54
Філінок О.М., Блошенко Н.С., Коваль О.Є. СВІТОВИЙ ДОСВІД ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ ЗІ СМІТТЯ ТА ВІДХОДІВ	56
Вєлічко В.П. ІННОВАЦІЙНА ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ ПЛОДІВ ШИПШИНИ	58
Воронко О., Чабанюк В. ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОДЕСЬКОЇ ГІМНАЗІЇ №5 ТА ЇЇ ТЕПЛОВА МОДЕРНІЗАЦІЯ	60
Козловський О.С. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ЖИТЛОВОГО ВИСОТНОГО БУДИНКУ ЗА АДРЕСОЮ ШАМПАНСЬКИЙ ПРОВУЛОК 2/1	62