

The influence of various factors on the energy loss in the contact system and the methods to simplify a formula and generalizations was obtained in this paper.

The research results can be applied to engineers who evaluate the losses of electric energy at the traction substations of the electrified railways.

Keywords: energy, electricity, contact network, circuit power, loss account, the indirect method, the loss factor

УДК 536.24:533.6.011

ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ ШАХОВИХ ПАКЕТІВ ТРУБ РІЗНОГО ПРОФІЛЮ

Є.М. Письменний

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*

Контактний тел. (044) 406-86-18

E-mail: evgnik@i.com.ua

В.А. Кондратюк

Аспірант*

Контактний тел. (044) 406-86-18

E-mail: teram57@meta.ua

О.М. Терех

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*

Контактний тел. (044) 454-97-87

E-mail: teram57@meta.ua

О.І. Руденко

Кандидат технічних наук, доцент**

Контактний тел. (044) 454-97-87

E-mail: teram57@meta.ua

*Кафедра атомних електростанцій і інженерної теплофізики

**Кафедра економіки і підприємництва

Національний технічний університет України «Київський

політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Приведені результати порівняння теплової ефективності пакетів плоско-овальних труб з відомими даними для пакетів з труб круглої і зручнообтічної форми. Показані переваги поверхонь нагріву з плоско-овальних труб над трубами круглої форми

Ключові слова: труба, плоско-овальний, пакет, ефективність

Приведены результаты сравнения тепловой эффективности пакетов плоско-овальных труб с известными данными для пакетов из труб круглой и удобообтекаемой формы. Показаны преимущества поверхностей нагрева из плоско-овальных труб над трубами круглой формы.

Ключевые слова: труба, плоско-овальний, пакет, ефективність

Вступ

На даному етапі розвитку енергомашинобудування, теплоенергетики суть вдосконалення трубчастих теплообмінних апаратів зводиться до збільшення компактності і зниження маси апаратів без істотних, додаткових витрат на їх виробництво. Основна маса теплообмінного устаткування виготовляється із традиційних гладких труб круглого поперечного перерізу. Проте, такі труби з точки зору збільшення теплоаеродинамічної ефективності себе вичерпали.

У пропонованій статті наводяться результати порівняння теплоаеродинамічної ефективності пакетів з труб плоско-овального профілю [1-4], краплеподібного [3,4] і труб круглого поперечного перерізу [5, 6] (рис.1).

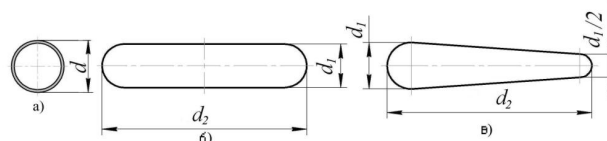


Рис.1 Профілі труб: а) круглий [5, 6]; б) плоско-овальний [1-4]; в) краплеподібний [3, 4]

Порівняння ефективності пакетів труб

В основі методики оцінки теплової ефективності різних типів поверхонь лежать варіантні теплоаеродинамічні розрахунки конкретного теплообмінного апарату – економайзера-утилізатора,

який встановлений після водогрійного котла і призначений для попереднього підігріву зворотньої мережевої води низькопотенційною теплою відхідних газів. Основні технічні характеристики економайзера приймаються однаковими для всіх шести порівнюваних шахових пакетів з трьох типів профілів труб (табл. 1) і мають наступні значення: тепла потужність $Q=1350$ кВт, середній логарифмічний температурний напір $\Delta t = 75^\circ\text{C}$; температура відхідних газів на вході 185°C , на виході 123.5°C ; температура води на вході 70°C , на виході $- 79.7^\circ\text{C}$; витрата води і газів відповідно 120 т/год і $25,4$ м³/с; фронтальний переріз теплообмінника: ширина газоходу $a = 1.2$ м, висота $b=2.7$ м.

Проведені в НТУУ «КП» експериментальні дослідження теплообміну і аеродинамічного опору шахових пакетів плоско-овальних труб [1,2] дозволили вибрати пакет з кращими теплоаеродинамічними характеристиками (пакет №6, табл.1).

Таблиця 1

Геометричні характеристики труб і пакетів

№ пакета	Профіль труб	d мм	d_1 мм	d_2 мм	$\frac{d_2}{d_1}$	$H_{\text{зм}}$ м ²	$\frac{S_1}{d}$	$\frac{S_2}{d}$
1	Круглий рис.1,а [5]	38	-	-	1.0	0.119	2.80	1.25
2	Круглий рис.1,а [5]	28	-	-	1.0	0.088	2.80	1.25
3	Круглий рис.1,а [5]	15	-	-	1.0	0.047	2.80	1.27
4	Плоско-овальний рис.1,б [3,4]	-	31.0	108.5	3.5	0.252	2.48	3.71
5	Краплеподібний рис.1,в [3, 4]	-	31.0	108.5	3.5	0.244	2.15	2.91
6	Плоско-овальний рис.1,б [1, 2]	-	15.0	51.0	3.4	0.119	2.80	3.70

Результати теплоаеродинамічних розрахунків економайзера для трьох типів труб (рис.1) і шести порівнюваних варіантів шахових пакетів (табл.1.) приведені в табл.2.

Таблиця 2

Характеристики порівнюваних шахових пакетів труб

№ пакета	α Вт/м ² К	q_1 кВт/м	ΔP Па	L м	M кг	V м ³	Π м ² /м ³	Источ.
$a=1.2\text{ м} = \text{const}, b = 2.7 \text{ м} = \text{const}; \Delta P = \text{var}$								
1	112.9	0.877	959	1544	2723	8.1	23.0	[5,6]
2	130.5	0.750	1022	1814	2310	5.2	31.6	[5,6]
3	163.0	0.571	852	2722	1735	2.2	58.9	[5,6]
4	77.9	1.287	382	1053	4000	9.6	28.5	[3,4]
5	83.1	1.342	225	1010	3760	6.2	40.6	[3,4]
6	128.5	0.996	280	1361	2400	3.2	51.1	[1,2]
$a, b = \text{var } \Delta P = \text{const} = 852 \text{ Па}$								
1	109.0	0.844	852	1606	2830	8.4	23.0	[5,6]
2	124.0	0.718	852	1887	2400	5.5	31.6	[5,6]
3	163.0	0.571	852	2722	1735	2.2	58.9	[5,6]
4	94.6	1.550	852	875	3358	8.0	28.5	[3,4]
5	124.9	2.030	852	667	2490	4.1	40.6	[3,4]
6	177.8	1.397	852	970	1710	2.3	51.1	[1,2]

Розрахунки проведені для двох випадків: при фіксованому фронтальному перетині каналу на вході газів в теплообмінник $a = \text{const}, b = \text{const}$ і при фіксованому аеродинамічному опорі економайзера $\Delta P = \text{const}$ (при однаковій потужності на перекачування димових газів через економайзер) (табл.2).

На рис.2 приведені результати порівняння поверхонь у вигляді залежності $\alpha=f(\Delta P)$. Як видно з графіків, коефіцієнти тепловіддачі при фіксованих значеннях аеродинамічного опору у пакету №6 з плоско-овальних труб [1,2] вище на 10-40% ніж у пакетів з круглих труб №1-3 і пакетів з труб некруглого перерізу № 4,5 з [3,4].

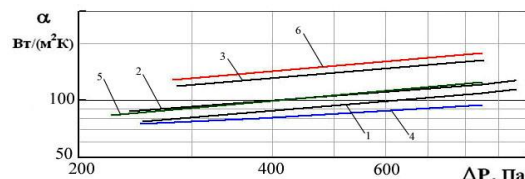


Рис. 2. Порівняння теплової ефективності пакетів труб: 1 – пакет №1; 2 – пакет №2; 3 – пакет №3; 4 – пакет №4; 5 – пакет №5; 6 – пакет №6 (табл.2)

Проте, таке просте і наочне порівняння пакетів труб не враховує ряд важливих показників, таких як загальна довжина труб економайзера L , компактність поверхні Π , маса труб економайзера M , об'єм, який займають труби економайзера V , щільність теплового потоку одиниці довжини труб економайзера q_1 .

Приведені в таблиці 2 теплоаеродинамічні розрахунки економайзера з труб різного поперечного перерізу, які взяті в якості теплообмінних поверхонь свідчать про те, що найбільш вигідними трубами є труби плоско-овального профілю [1,2] (пакет №6). В умовах $\Delta P = \text{var}$ маса круглих труб поверхні економайзера №3 (табл.2) складає 1735 кг, займаний об'єм поверхні – 2.2 м³. В той же час, їх довжина найбільша (2722 м) зі всіх розглянутих типів труб унаслідок меншої площі поверхні труби на один погонний метр, що приведе до здорожчання виготовлення економайзера. Аеродинамічний опір всіх пакетів круглих труб досягає значень 850-1000 Па, що веде до збільшення витрат потужності на переміщення димових газів через теплообмінний апарат. Приведені в таблиці 2 розрахункові дані свідчать про те, що аеродинамічний опір пакетів труб некруглої форми в 2-2.5 рази менший опору пакетів з круглих труб.

Для наочності і кращого візуального аналізу порівнювані техніко-економічні характеристики ($\alpha, q_1, \Delta P, M, L, V, \Pi$) для шести шахових пакетів труб представлені графічно у вигляді номограм на рис.3.

При рівних аеродинамічних опорах ($\Delta P = \text{const}$) пакетів труб найбільш вигіднішими трубами є труби плоско-

овального профілю (пакет №6, табл. 1). Шаховий пакет з цих труб має практично рівну масу з трубами круглого перерізу пакету №3 при загальній довжині поверхні майже в 3 рази меншої. Теплообмінні поверхні з труб некруглого перерізу [3,4] (пакети №4,5) мають при досить низькому аеродинамічному опорі велику масу і зайнятий об'єм через свої значні геометричні розміри труб (табл.1).

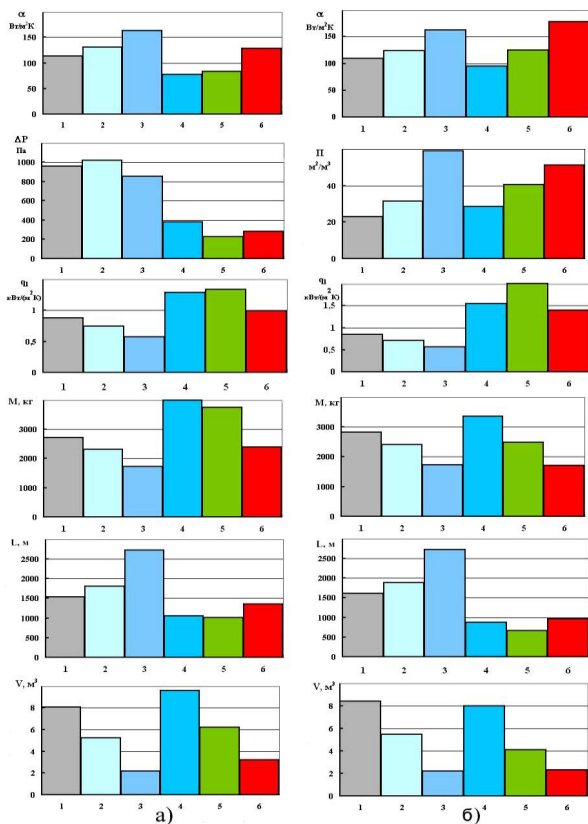


Рис. 3 Критерії ефективності оребрених поверхонь: а) $\Delta P = \text{var}$; б) $\Delta P = 852 \text{ Па} = \text{const}$; 1-3 – пакети № 1-3 [5]; 4,5 – №4, 5 [3,4]; 6 – №6 [1,2] (табл.1,2)

Abstract

The article represents the results of comparison of the heating- aerodynamical effectiveness of bundles with flat-oval, teardrop and circular profiles of tubes. The methodology of thermal effectiveness estimation of different types of surfaces is based on the variant heating-aerodynamical calculations of specific heat exchange apparatus – economizer-utilizer, fixed next to the boiler and assigned to preheat return heating-system water by low-potential heat of exhaust gases. Conducted variant heating-aerodynamical calculations of water economizer for six bundles of tubes of different profiles showed relatively high heating-aerodynamical mass-overall characteristics of the surfaces of flat-oval tubes. It was determined that the main advantage of non-circular cross-section tubes in comparison with circular profile tubes is their low aerodynamic resistance. The results of this work can serve as a basis for further research connected with the dimensional optimization of tubes of given profile for different heat exchange equipment

Keywords: tube, flat-oval, bundle, effectiveness

Висновки

Проведені варіантні теплоаеродинамічні розрахунки водяного економайзера для шести пакетів з труб різного профілю показали достатньо високі теплоаеродинамічні і масо-габаритні характеристики поверхонь з плоско-овальних труб [1,2].

Основною перевагою труб некруглого поперечного перерізу в порівнянні з трубами круглого профілю є їх низький аеродинамічний опір.

Продовження теплоаеродинамічних досліджень може бути перспективним в плані вивчення впливу на інтенсивність теплообміну і зміну аеродинамічного опору геометрії профілю (співвідношення d_2/d_1) плоско-овальної труби.

Література

1. Письменный, Е.Н. Конвективный теплообмен поперечно-омываемых шахматных пакетов плоско-овальных труб [Текст] / Е.Н. Письменный, В.А. Кондратюк, Ю.В. Жукова, А.М. Терех// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №2/8 (50). – С. 4-8.
2. Кондратюк, В.А. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление шахматных пакетов плоско-овальных труб/ В.А. Кондратюк, Е.Н. Письменный, А.М. Терех, А.И. Руденко, Ю.В. Жукова// Современная наука; исследования, идеи, результаты, технологии (сборник научных статей). – 2011. – №2 (7). – С. 5-9.
3. Антurfьев, В.М. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева/ В.М. Антurfьев. – М. Л.:Энергия, 1966. – 184 с.
4. Кутателадзе, С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие/ С.С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 368 с.
5. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод)/ под ред. С.И.Мочана. – Изд.3-е. Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
6. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)/под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубовского, Э.С. Карасиной. – Изд. 2-е. М.: Энергия, 1973. – 296 с.