

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНО-ОМЫВАЕМЫХ ШАХМАТНЫХ ПАКЕТОВ ПЛОСКО-ОВАЛЬНЫХ ТРУБ

Приведені результати експериментального дослідження аеродинамічного опору шахових пакетів плоско-овальних труб при варіюванні подовжнього і поперечного кроків труб. Виконано порівняння отриманих результатів з відомими розрахунковими залежностями для пакетів труб зручнообтічної форми

Ключові слова: труба, плоско-овальний, пакет, шаховий, аеродинаміка, опір

Приведены результаты экспериментального исследования аэродинамического сопротивления шахматных пакетов плоско-овальных труб при варьировании продольного и поперечного шагов труб. Выполнено сравнение полученных результатов с известными расчетными зависимостями для пакетов труб удобообтекаемой формы

Ключевые слова: труба, плоско-овальный, пакет, шахматный, аэродинамика, сопротивление

The results of experimental study of aerodynamic drag of staggered bundles of flat-oval tubes are resulted at varying of longitudinal and transversal pitches of tubes. Comparing of the got results is executed to the known calculation dependences for the bundles of tubes of the fair-shaped form.

Key words: tube, flat-oval, bundle, staggered, aerodynamic, drag

В. А. Кондратюк

Аспирант*

Контактный тел.: (044) 454-97-87

E-mail: teram57@meta.ua

В. Е. Туз

Доктор технических наук, профессор*

Контактный тел.: (044) 406-86-18

E-mail: valeriy_tuz@list.ru

А. М. Терех

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник*

Контактный тел.: (044) 454-97-87

E-mail: teram57@meta.ua

Ю. В. Жукова

Кандидат физико-математических наук, старший научный

сотрудник. Лаборатория турбулентности

Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси.

Контактный тел.: +375-17-235-62-24

E-mail: julia_zhukova@rambler.ru

А. Ж. Мейрис

Студент*

Контактный тел.: (044) 454-97-87

E-mail: ameyris@gmail.com

*Кафедра атомных электростанций и инженерной теплофизики

Национальный технический университет Украины «Киевский

политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина 03056

Введение

Важным шагом в направлении повышения теплоаэродинамических характеристик теплообменных устройств является внедрение в их конструкции труб удобообтекаемой формы (овальных, плоско-овальных, двухугольных, каплеобразных). Однако, исследованию аэродинамического сопротивления пакетов профилированных труб посвящено небольшое количество работ [1-3]. Кроме того, до настоящего времени нет надежных обобщенных зависимостей для расчета аэродинамического сопротивления пакетов таких труб

в широком диапазоне изменения их геометрических характеристик, что затрудняет их практическое внедрение. Известные исследования в основном выполнены на одиночных трубах и направлены на изучение влияния геометрии профиля труб на их теплоаэродинамическую эффективность [4-6].

С учетом вышесказанного в НТУУ «КПИ» были проведены экспериментальные исследования влияния поперечного и продольного шагов плоско-овальных труб на аэродинамическое сопротивление шахматных пакетов при поперечном их омывании воздушным

поток в широком диапазоне изменения чисел Рейнольдса.

Методика исследований

Исследование аэродинамического сопротивления шахматных пакетов плоско-овальных труб при поперечном их обтекании воздушным потоком осуществлялись на экспериментальной установке, которая представляет собой аэродинамическую трубу разомкнутого типа прямоугольного сечения, по методике, которая подробно описана в работе [7,8].

Основные геометрические характеристики пакетов плоско-овальных труб приведены в таблице 1.

Таблица 1

Геометрические характеристики пакетов плоско-овальных труб

№ пучка	S ₁ , мм	S ₂ , мм	z ₁	z ₂
1	42	55,5	5	7
2	42	62,5	5	7
3	42	70	5	7
4	42	80	5	7
5	30	70	7	7
6	35	70	6	7
7	52,5	70	4	7

Экспериментальные образцы плоско-овальных труб пакета имели поперечные и продольные размеры соответственно 15мм и 51мм.

За определяющий размер в числах Рейнольдса принимался поперечный размер плоско-овальной трубы d₁. За расчетную скорость воздуха в числах Re и Eu принималась скорость в наиболее узком поперечном сечении пакета.

Потери давления определялись по разности статических давлений до и после пучка с учетом потерь на трение в проточной части стенда:

$$\Delta P = \Delta P_{ст} - \left(\lambda_T \frac{L_p \rho W_T^2}{d_e \cdot 2} \right), \tag{1}$$

где ΔP_{ст} - перепад давлений, что измеряется с помощью микроманометра; L_p - длина участка между точками измерения давления без учета длины пакета; d_e - эквивалентный гидравлический диаметр прямого канала проточной части трубы; W_T - скорость воздуха в незагроможденных участках канала; λ_T - коэффициент сопротивления трения.

По величинам ΔP определялись числа Эйлера для всего пакета в целом:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot W^2}, \tag{2}$$

и числа Эйлера, отнесенные к одному поперечному ряду:

$$Eu_0 = \frac{Eu}{z_2}. \tag{3}$$

Результаты исследований

Исследования аэродинамического сопротивления шахматных пакетов плоско-овальных труб выполнены в интервале чисел Рейнольдса Re_{d₁} = (3...30) · 10³. Результаты экспериментов, представленные на рис.1,2 в виде зависимостей Eu₀ = f(Re_{d₁}), хорошо аппроксимируются степенной зависимостью вида

$$Eu_0 = C_s \cdot Re_{d_1}^{-n}. \tag{4}$$

Представленные на этих рисунках результаты иллюстрируют влияние продольного S₂ (рис.1) и поперечного S₁ (рис.2) шагов труб на аэродинамическое сопротивление пакетов. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что с уменьшением продольного и поперечного шагов аэродинамическое сопротивление пакета монотонно возрастает (рис.3,4). Приращение числа Эйлера Eu₀ во всем исследованном диапазоне изменения поперечных и продольных шагов труб составило (35-40)% для пакетов с постоянным поперечным шагом S₁ и (120-130)% с постоянным продольным шагом S₂.

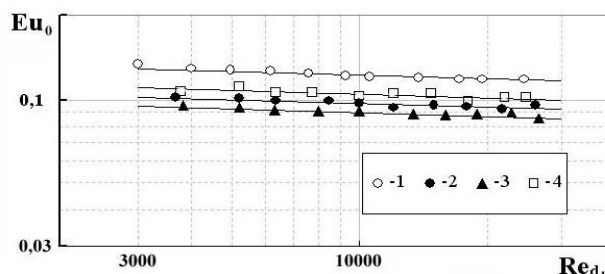


Рис. 1. Результаты исследования аэродинамического сопротивления шахматных пакетов плоско-овальных труб при S₁ = const = 42 мм 1 – пакет №1; 2 – пакет №2; 3 – пакет №3; 4 – пакет №4 (табл. 1)

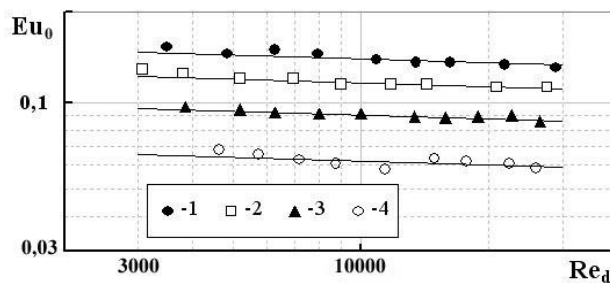


Рис.2. Результаты исследования аэродинамического сопротивления шахматных пакетов плоско-овальных труб при S₂ = const = 70 мм 1 – пакет №5; 2 – пакет №6; 3 – пакет №3; 4 – пакет №7 (табл. 1)

Показатель степени n при числе Рейнольдса в формуле (4) для всех исследованных пакетов оставался величиной практически постоянной и равной -0.04. Отклонения величины показателя степени Δn не превышали ±0.01. В публикации [5] представлены данные по аэродинамическому сопротивлению одиночных труб плоско-овальной профилей, для которых показатель степени при числе Рейнольдса в формуле (4) оставался также величиной постоянной и близкой к нулю.

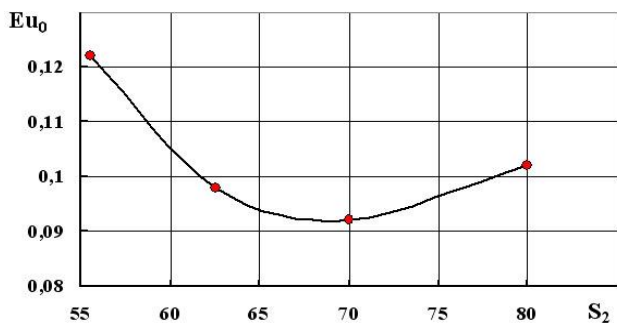


Рис.3. Влияние продольного шага S_2 на аэродинамическое сопротивление

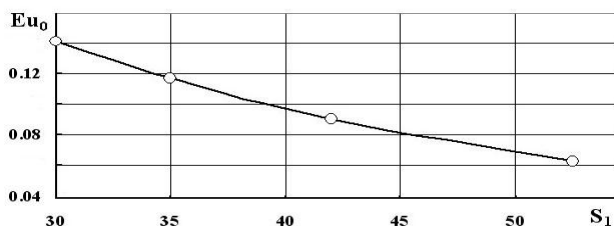


Рис.4. Влияние поперечного шага S_1 на аэродинамическое сопротивление

Актуальным остается вопрос сравнения труб круглого и некруглого поперечного сечения и, соответственно, выбор оптимальной их геометрии. Сравнимые типы труб представлены на рис.5.

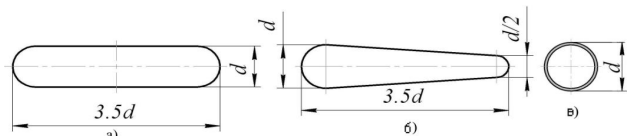


Рис.5. Профили сравниваемых труб: а) плоско-овальный [2, 3]; б) каплеобразный [2, 3]; в) круглый [9]

На рис. 6 представлено сравнение полученных экспериментальных данных по аэродинамическому сопротивлению пакетов плоско-овальных труб (область между штриховыми линиями, ограничивающими максимальные и минимальные значения чисел Эйлера) с зависимостями для расчета сопротивления шахматных пакетов труб удобообтекаемого профиля (рис.5 а,б, табл. 2, пакеты №1, 2), опубликованные в [2] и пакетов круглых труб с геометрическими размерами из табл.2 (пакеты № 3-5) из [9].

Как и следовало ожидать аэродинамическое сопротивление пакетов круглых труб больше по сравнению с сопротивлением пакетов некруглых труб. Необходимо отметить, что, согласно зависимостям, представленным в [2], числа Эйлера для пакетов плоско-овальных и каплеобразных труб постоянны во всем диапазоне изменения чисел Рейнольдса, в то время как аэродинамическое сопротивление пакетов круглых труб с ростом Re уменьшается. При числе Рейнольдса $Re > 25000$ аэродинамическое сопротивление пакета плоско-овальных труб № 1 имеет практически такое же значение сопротивления что и для пакетов круглых труб №3,4.

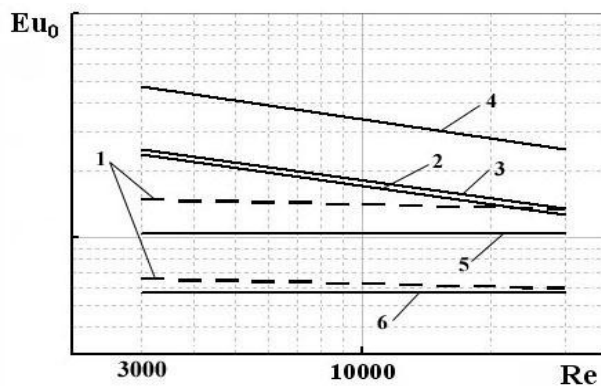


Рис.6. Аэродинамическое сопротивление шахматных пакетов труб: 1 – область изменения сопротивления исследованных пакетов труб (табл.1); 2, 3, 4 – пакеты круглых труб №3-5 (табл.2) [9]; 5 – пакет плоско-овальных труб № 1 (табл.2) [2]; 6 – пакет каплеобразных труб №2 (табл.2) [2].

Таблица 2

Значения C_s и n в формуле (4) для шахматных пучков труб различного профиля [2,9]

№ пакета	Профиль трубы	d мм	$d_{усл}$ мм	$\frac{S_1}{d_{усл}}$	$\frac{S_2}{d_{усл}}$	C_s	n
1	Плоско-овальный рис.5,а [2]	31	80.3	2.48	3.71	0.105	0.0
2	Каплеобразный рис.5,б [2]	31	77.7	2.15	2.91	0.0567	0.0
3	Круглый рис.5,в [9]	15	15	2.80	4.67	2.050	0.27
4	Круглый рис.5, в [9]	15	15	2.00	4.67	2.165	0.27
5	Круглый рис.5,в [9]	38	38	1.10	1.84	4.090	0.27

Выводы

На основе результатов проведенных исследований аэродинамического сопротивления поперечно-обтекаемых шахматных пакетов плоско-овальных труб можно отметить следующее:

- шаговые характеристики труб в исследованном интервале чисел Рейнольдса влияют на аэродинамическое сопротивление пакетов труб, причем наибольший вклад в общее сопротивление пакета вносит поперечный шаг труб;

- для обобщения полученных материалов необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования по выявлению влияния на аэродинамическое сопротивление пакетов геометрии профиля (соотношения d_2 / d_1) плоско-овальных труб.

Литература

1. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие/ С.С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 368 с.
2. Антуфьев В.М. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева/ В.М. Антуфьев. – М. Л.: Энергия, 1966. – 184 с.
3. Бурков В.К. Исследование теплообмена и аэродинамики пучков из овальных труб/ В.К. Бурков, В.П. Медведский, И.Ю. Кочегарова, Ю.И. Лафа// Теплоэнергетика. – 2010. – №3. – С.42-45.
4. Ala Ali Hasani Thermal-hydraulic performance of oval tubes in a cross-flow of air/ Heat and Mass Transfer, accepted for publication. THP 2004 by author and THP 2004 Springer-Verlag. By permission. – P. 1-32.
5. Жукова Ю.В. Аэродинамика и теплообмен плоскоовального цилиндра при вынужденной конвекции/ Ю.В. Жукова, А.М. Терех, А.В. Семеняко. Труды V Российской Национальной конференции по теплообмену. – 25-29 октября. – г. Москва. – 2010. – Т.2. – С. 126-128.
6. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках/ А.А. Жукаускас. М.: Наука, 1982. 472 с.
7. Письменный Е.Н. Конвективный теплообмен поперечно-омываемых шахматных пакетов плоско-овальных труб/ Е.Н. Письменный, В.А. Кондратюк, Ю.В. Жукова, А.М. Терех// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №2/8 (50). – С. 4-8.
8. Письменный Е.Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-оребрённых труб/ Е.Н. Письменный. – Киев: Альтер-прес. – 2004. – 244 с.
9. Аэродинамический расчет котельных установок: Нормативный метод/под ред. С.П. Мочана. Изд. 3-е. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.

У статті запропоновані цільова і функціональна моделі системи управління проектами розвитку електроенергетичного комплексу, які дозволяють описати цілі і функції управління системи з урахуванням їхньої декомпозиції для досягнення глобальної мети

Ключові слова: проект, управління проектами, система управління проектами

В статье предложены целевая и функциональная модели системы управления проектами развития электроэнергетического комплекса, позволяющие описать цели и функции управления системы с учетом их декомпозиции для достижения глобальной цели

Ключевые слова: проект, управление проектами, система управления проектами

In this article a target and functional models of the project management system of development of the electroenergetic complex are offered that allowing to describe targets and management functions of the system taking into account their decomposition for achievement of the global purpose

Keywords: project, project management, project management system

УДК 007.51

МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В.М. Левыкин

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой*
Контактный тел.: (057) 702-14-51
E-mail: iyc@kture.kharkov.ua

М.С. Кудрявцева

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: (057) 702-14-51, 050-770-24-41
E-mail: mew@kharkov.falbi.ua

А.А. Садовский

Студент*
Контактный тел.: (057) 702-14-51
E-mail: staber.fcmkh@gmail.com

*Кафедра информационных управляющих систем
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166