

### Литература:

1. Патрин А.А., Суслов В.А., Фань Тхань Дау. Спектральное распределение фото-ЭДС системы р-кремний электролит, Рук. Деп.ВИНИТИ, ред. Журн. Изв. АН СССР, сер. физ.-мат. Наук, деп. №1806-В, 1988.
2. V.M. Andreev, V.A. Griliches, V.D. Rumiantzev. A photoelectric conversion of concentrated solar radiation. – L.: Science, 1989. – 310 p. [in Russian].

УДК 536.25:620.98

### Исследования конвективной теплоотдачи однорядных пучков из труб с круглыми алюминиевыми ребрами разной высоты в различных режимах свободной конвекции

Данильчик Е.С.<sup>1,2</sup>, Сухоцкий А.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup> Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

Воздухоохлаждаемые теплообменники (ВОТ) применяются в различных отраслях промышленности для охлаждения технологических продуктов и энергоносителей. Однорядные пучки нашли распространение в системах отопления в качестве калориферов и системах утилизации сбросного тепла и т.д. Одним из способов решения проблемы энергосбережения является перевод данных ВОТ в режим свободной конвекции без затрат электроэнергии на привод вентиляторов. Главным недостатком данных ВОТ является малые коэффициенты теплопередачи и существенные габаритно-массовые характеристики. Данный недостаток можно компенсировать при оснащении их дополнительными устройствами, позволяющими интенсифицировать свободную конвекцию без или с частичным потреблением электроэнергии приводом вентилятора. Одним из таких устройств является вытяжная шахта, установленная над ВОТ, для усиления тяги воздуха.

Увеличение высоты ребер труб теплообменника приводит к росту коэффициента оребрения, но при этом снижается средний коэффициент теплоотдачи за счет уменьшения скоростей потока воздуха в межреберном пространстве и снижения энергетической эффективности ребер. Таким образом, имеется оптимальная высота оребрения труб теплообменника для различных областей интенсивности конвективного теплообмена.

В данной работе были проведены экспериментальные исследования однорядного пучка из шести труб с поперечным шагом  $S_1 = 64$  мм. Геометрические размеры биметаллических оребренных труб со спиральными накатными ребрами следующие:

наружный диаметр оребрения  $d = 56,0$  мм; диаметр трубы по основанию  $d_0 = 26,8$  мм;

высота ребра  $h = 14,6$  мм; шаг ребра  $s = 2,5$  мм;

средняя толщина ребра  $\Delta = 0,5$  мм; коэффициент оребрения трубы  $\phi = 19,3$  (I тип,  $h / s = 5,84$ ).

Материал ребристой оболочки – алюминиевый сплав АД1М, материал несущей трубы – углеродистая сталь, длина трубы  $l_n = 330$  мм (теплоотдающая длина  $l = 300$  мм). Диаметр несущей трубы  $d_n = 25$  мм, толщина стенки  $\delta = 2$  мм.

Для изменения высоты оребрения трубы ее ребра стачивались путем шлифования с образованием новых типов труб, а компоновка однорядных пучков производилась с постоянным относительным поперечным шагом  $\sigma_1 = S_1 / d = 1,14 = \text{const}$ : II тип –  $h / s = 4,80$ ; III тип –  $h / s = 3,20$ ; IV тип –  $h / s = 1,64$ ; V тип –  $h / s = 0,80$ ; VI тип – условно гладкая труба [1],  $h / s \approx 0$ .

Для интенсификации свободно-конвективного теплообмена [2] над поверхностью однорядного пучка устанавливались два типа шахт – с регулируемым проходным сечением и регулируемой высотой [3].

Во время экспериментального исследования однорядного пучка электрическая мощность, подводимая к трубам, изменялась в пределах  $W = 6\text{--}230$  Вт, средняя температура стенки у основания ребер составляла  $t_{\text{ст}} = 30\text{--}250^\circ\text{C}$ , а температура окружающего воздуха в камере  $t_0 = 16\text{--}27^\circ\text{C}$ . По данным измерений рассчитывался средний приведенный коэффициент теплоотдачи конвекцией, отнесенный к полной наружной поверхности круглоребристой трубы  $\alpha_k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К) [1, 2]. Полученные данные обобщались в виде чисел подобия Нуссельта и Рэлея ( $Nu = f(Ra)$ ), а при оснащении теплообменного пучка вытяжной шахтой, также с помощью зависимости числа Нуссельта и от числа Рейнольдса ( $Nu = f(Re)$ ).

## Литература

1. Данильчик Е. С. Экспериментальные исследования теплоотдачи одиночной биметаллической ребристой трубы с различной высотой оребрения к воздуху в режиме свободной конвекции // Тепло- и массообмен – 2019. Минск: Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси. 2020. С. 42–52.

2. Сухоцкий А. Б., Данильчик Е. С. Исследование свободноконвективного теплообмена оребренной трубы и однородного пучка при различных углах наклона труб к горизонтальной плоскости // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2019. № 2 (222). С. 272–279.

3. Сидорик Г. С. Экспериментальный стенд для исследования тепловых и аэродинамических процессов смешанно-конвективного теплообмена круглоребристых труб и пучков // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 1. С. 85–93.

УДК 621.311.24

### **Роль ветроэнергетических установок при решении проблем энергетики Республики Беларусь**

**Липницкий Л.А.<sup>1</sup>, Бутько А.А.<sup>1</sup>, Климович С.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Производство и потребление электроэнергии возрастают с каждым годом. В 2019 г. в республике было выработано 39,75 млрд. кВт·ч. При этом основная доля производства электроэнергии приходится на тепловые электростанции (98%), что связано с соответствующими выбросами в атмосферу продуктов сгорания. Одним из перспективных направлений в получении экологически чистой энергии является использование ветроэнергетических установок (ВЭУ).

На ветровые и солнечные установки в мировом производстве электроэнергии приходится в настоящее время около 6%. Однако по ряду оценок доля ветроустановок в общем выработке электроэнергии в мире составит в ближайшие тридцать лет до 35 %.