

*Е.С. Данильчик^{1,2}, А.Б. Сухоцкий¹, Г.С. Маршалова^{1,2},
А.А. Мионов³, Р.Г. Кадыров³, И.А. Попов³*

¹ УО «Белорусский государственный технологический университет»,
220006, Республика Беларусь, Минск, ул. Свердлова, 13а (*)

² Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси,
220072, Республика Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 15

³ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ»,
420111, Казань, ул. К. Маркса, 10

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОЩАДИ ВЫХОДНОГО ОТВЕРСТИЯ И ВЫСОТЫ ВЫТЯЖНОЙ ШАХТЫ НА СВОБОДНО-КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН ОДНОРЯДНОГО ПУЧКА С РАЗЛИЧНОЙ ВЫСОТОЙ ОРЕБРЕНИЯ ТРУБ В ПОТОКЕ ВОЗДУХА

Теплоутилизационные установки, в частности, воздухоохлаждаемые теплообменники (ВОТ) широко используются в топливно-энергетическом комплексе, воздушноотопительных агрегатах, приточно-вытяжной системе вентиляции зданий и сооружений, холодильной технике и т.д. Они в основном функционируют в режиме вынужденной конвекции, в результате на их привод затрачивается большое количество электроэнергии. Один из способов решения этой проблемы – перевод ВОТ в режим свободной конвекции с полным или частичным отключением электропривода вентиляторов, обеспечивая при этом заданный тепловой режим. Главными недостатками ВОТ являются малые коэффициенты теплопередачи и существенные массо-габаритные характеристики. Поэтому актуальными являются исследования, связанные с разработкой методов интенсификации теплообмена, которые позволят увеличить площадь, изменить геометрию теплопередающей поверхности или изменить характер течения воздуха внутри теплообменных аппаратов для их эффективной эксплуатации в режиме свободной конвекции.

В 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 $d = 56$ 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 $\varphi = 19,3$ (I тип, $h/s = 5,84$). Материал ребристой оболочки – алюминиевый сплав АД1М, материал несущей трубы – углеродистая сталь, длина трубы $l_{\text{п}} = 330$ мм (теплоот-

(*) Е.С. Данильчик, katya.156.156@gmail.com

дающая длина $l = 300$ мм). Диаметр несущей трубы $d_{\text{н}} = 25$ 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 – гладкая труба, $h / s \approx 0$.

Для интенсификации свободно-конвективного теплообмена воздуха над однорядными пучками труб различных типов I–VI устанавливались два типа шахт – с регулируемым проходным сечением $f_{\text{отв}} = 0,0087\text{--}0,0330$ м² (шахта 1) и регулируемой высотой $H = 0,52\text{--}2,12$ м (шахта 2).

Установлено, что вытяжная шахта позволяет увеличить теплоотдачу в режиме свободной конвекции следующим образом: VI-го типа (гладкого пучка), обладающего наибольшей теплоотдачей – в 1,6–2,2 раза; V-го типа – в 1,2–1,7 раза; VI-го типа – в 1,4–2,2 раза; III-го типа – в 1,25–2,7 раза; II-го типа – в 1,1–2,5 раза; I-го типа – в 1,1 (при шахте 2 с $H = 0,52$ м) – в 2,2 раза, но при установке шахты 1 с $f_{\text{отв}} = 0,0087$ м² происходит уменьшение теплоотдачи в 1,1 раза. Это связано с тем, что пучок с относительным шагом $\sigma_1 = S_1 / d = 0,064 / 0,056 = 1,14$ обладает незначительным аэродинамическим сопротивлением, а при установке над ним вытяжной шахты создается напор, который приводит к росту давления за пучком выше атмосферного, т. е. создаются условия, при которых перепад давления воздуха на пучке становится отрицательным. Наибольшая интенсификация теплоотдачи для оребренных однорядных пучков наблюдается у пучка III-го типа ($c h = 0,008$ м, $h / s = 3,20$). В целом при увеличении площади выходного отверстия $f_{\text{отв}}$ шахты 1 и высоты H шахты 2 теплоотдача возрастает.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант T21PM-019) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 20-58-04002 Бел_мол_a).

*E.S. Danil'chik^{1,2}, A.B. Sukhotski¹, G.S. Marshalova^{1,2},
A.A. Mironov³, Kadyrov R.G.³, I.A. Popov³*

¹ Belarusian State Technological University,
Republic of Belarus, 220006 Minsk, Sverdlova, 13a

² A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus,
Republic of Belarus, 220072 Minsk, P. Brovki, 15

³ Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev,
Russia, 420111, Kazan, K. Marx, 10

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF THE OUTLET AREA AND THE HEIGHT OF THE EXHAUST SHAFT ON THE FREE CONVECTIVE HEAT EXCHANGE OF A SINGLE BUNCH WITH DIFFERENT HEIGHT OF TYBE IN THE AIR FLOW