

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СВОБОДНО-КОНВЕКТИВНОЙ ТЕПЛООТДАЧИ ОДНОРЯДНОГО ПУЧКА ИЗ КРУГЛОРЕБРИСТЫХ ТРУБ С РАЗЛИЧНОЙ ВЫСОТОЙ ОРЕБРЕНИЯ В ПОТОКЕ ВОЗДУХА

Воздухоохлаждаемые теплообменные аппараты применяются в различных отраслях промышленности для конденсации и охлаждения технологических продуктов и энергоносителей. В настоящее время данные теплообменники применяются в основном в режиме вынужденной конвекции, который позволяет значительно увеличить коэффициент теплопередачи и тем самым снизить габариты теплообменника. Но эксплуатация таких ТВО требует значительного потребления энергии на привод вентиляторов. Одним из технических решений по энергосбережению при эксплуатации ТВО является частичное или полное отключение вентиляторов – перевод работы ТВО в режим свободной конвекции.

К сожалению, область температур окружающего воздуха, при которых возможно применение воздухоохлаждаемых теплообменников в условиях свободной конвекции, ограничена. В нашем случае свободно-конвективный теплообмен интенсифицировался с помощью вытяжной шахты [1].

В данной работе были проведены экспериментальные исследования однорядного пучка из шести круглоребристых труб с поперечным шагом  $S_1 = 64$  мм (относительным поперечным шагом  $\sigma_1 = S_1 / d = 1,140$ ) с различной высотой оребрения труб. Геометрические размеры биметаллических оребренных труб со спиральными накатными ребрами были следующие: наружный диаметр  $d = 56,0$  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; длина трубы  $l_n = 330$  мм (теплоотдающая длина  $l = 300$  мм), коэффициент оребрения трубы  $\phi = 19,3$ . Материал ребристой оболочки – алюминиевый сплав АД1М, материал несущей трубы – углеродистая сталь. Диаметр несущей трубы  $d_n = 25$  мм, толщина стенки  $\delta = 2$  мм.

Для изменения высоты оребрения труб в однорядном пучке их ребра стачивались с помощью шлифования (соблюдался относительный поперечный шаг  $\sigma_1 = 1,140$ ) до: 1) высоты ребра  $h = 12,0$  мм, соответственно наружный диаметр труб составил  $d = 50,8$  мм, а коэффициент

оребрения  $\varphi = 15,1$ ; 2)  $h = 8,0$  мм;  $d = 42,8$  мм –  $\varphi = 9,4$ ; 3)  $h = 4,1$  мм;  $d = 35,0$  мм –  $\varphi = 4,8$ ; 3)  $h = 2,0$  мм;  $d = 30,8$  мм –  $\varphi = 2,8$ .

Для интенсификации свободно-конвективного теплообмена над поверхностью однорядного пучка, описанного выше, устанавливались два вида шахт – с регулируемым проходным сечением и регулируемой высотой [1]. Первым типом являлась шахта с регулируемым проходным сечением, представляющая собой параллелепипед из фанеры с прямоугольным основанием, высотой 0,52 м. Для регулирования проходного сечения на ее выходе устанавливались крышки с круглыми отверстиями различного диаметра  $d_{\text{отв}} = 0,105$ ; 0,160 и 0,205 м. Другой тип – это шахта с прямоугольным основанием, переходящим через конфузор в цилиндрическую трубу диаметром 0,105 м, регулируемой высотой  $H = 0,52$ ; 1,16; 2,10 м.

Получено, что при снижении высоты оребрения круглоребристых труб (от одной высоты к другой, например  $h = 14,6$  мм по сравнению с  $h = 12,0$  мм и т.д.) теплоотдача однорядного пучка в режиме свободной и смешанной конвекции увеличивается в 1,1–1,6 раза. Также видно, что интенсификация свободно-конвективного теплообмена однорядного пучка протекает по-разному при различных высотах оребрения труб. Например, при  $h = 14,6$  мм вытяжная шахта с выходным диаметром отверстия  $d_{\text{отв}} = 0,105$  м ухудшает теплоотдачу однорядного пучка по сравнению со свободно-конвективным режимом в 1,1 раза, а при  $h = 4,1$  мм наоборот увеличивает теплоотдачу однорядного пучка в 1,28 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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 (204). С. 85–93.

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. Сухоцкий А.Б., Сидорик Г.С. Исследование смешанноконвективной теплоотдачи однорядных воздухоохлаждаемых теплообменников при различных поперечных шагах установки труб // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. № 19. С. 3–11.