

Е.С. Данильчик, ассист., канд. техн. наук;
А.Б. Сухоцкий, доц., канд. техн. наук;
В.Н. Фарафонов, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ РЕБРА ТРУБ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛООТДАЧИ ОДНОРЯДНОГО ПУЧКА В РЕЖИМАХ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ И ПРИ ЕЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ВЫТЯЖНОЙ ШАХТЫ

Теплообменники воздушного охлаждения (ТВО), отличающиеся друг от друга конструктивными особенностями и функциональным назначением широко распространены в различных отраслях промышленности для охлаждения и конденсации технологических продуктов и энергоносителей. К ТВО также относятся аппараты воздушного охлаждения (АВО) и воздухонагреватели (например, калориферы, теплообменники систем отопления и вентиляции зданий и сооружений). Теплообменные аппараты в основном эксплуатируются в режиме вынужденной конвекции воздуха на привод которых затрачивается огромное количество электроэнергии.

Одним из действенных направлений реализации энергосберегающих технологий является расширенное применение свободной конвекции с уменьшением или исключением теплообменных процессов с вынужденной конвекцией. Однако существенным недостатком такого режима являются небольшой коэффициент теплопередачи для повышения которого используется оребрение. Поэтому важными являются исследования, связанные с разработкой методов интенсификации теплообмена, которые позволят изменить геометрию теплопередающей поверхности, ее компоновочные характеристики, а также характер течения воздуха через теплообменные секции для их эффективной эксплуатации в режиме свободной конвекции. Одним из таких пассивных методов интенсификации внешнего свободно-конвективного теплообмена, способствующего увеличению силы естественной тяги воздуха, является установка вытяжной шахты над теплообменным пучком ТВО.

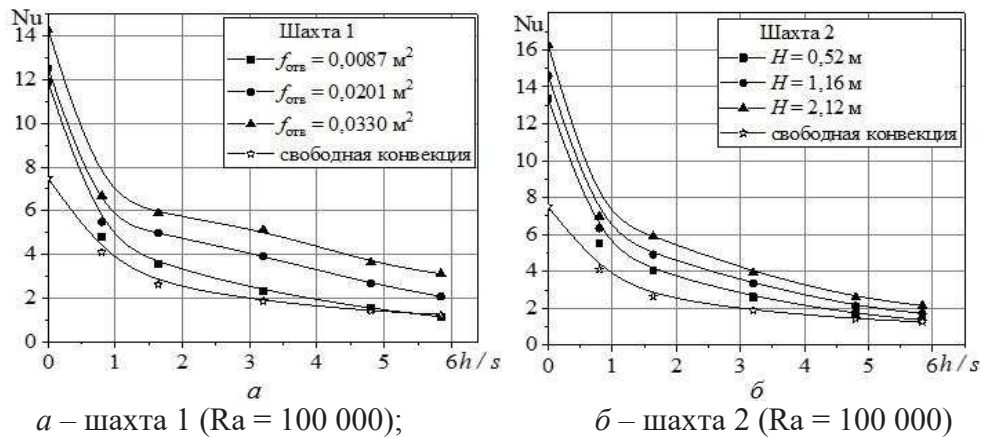
В работе проведена оценка влияния высоты ребра труб на интенсивность теплоотдачи горизонтального однорядного пучка в режимах свободной конвекции и при ее интенсификации с помощью вытяжной шахты на основе экспериментальных исследований работ [1–3].

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 ставились путем шлифования с образованием новых типов труб, а компоновка однорядных пучков проводилась с постоянным относительным поперечным шагом $\sigma_1 = S_1 / d = 1,14 = \text{const}$ (тип труб соответствует типу пучка): 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 [4], $h / s \approx 0$. Отношение h / s (относительная высота ребра – это высота ребра, отнесенная к его шагу) использовалось для последующего обобщения полученных экспериментальных данных.

Для интенсификации свободно-конвективного теплообмена воздуха над однорядными пучками труб различных типов I–VI устанавливались два типа шахт – с регулируемым проходным сечением с площадью выходного отверстия $f_{\text{отв}} = 0,0087\text{--}0,0330$ м², высотой $H = 0,52$ м (шахта 1) и регулируемой высотой $H = 0,52\text{--}2,12$ м с площадью выходного отверстия $f_{\text{отв}} = 0,0087$ м² (шахта 2) [2–3].

Для оценки влияния относительной высоты ребра труб h / s на интенсивность теплоотдачи однорядного пучка (типы I–VI) с установленной над ним вытяжной шахтой и сопоставления различных типов пучков по тепловой эффективности, при этом сравнивая полученные данные с результатами по свободной конвекции при постоянном числе Релея $Ra = 100\ 000$, были построены зависимости $Nu = f(h / s)$, $Nu = f(Nu \phi)$, представленные на рисунках 1, 2.

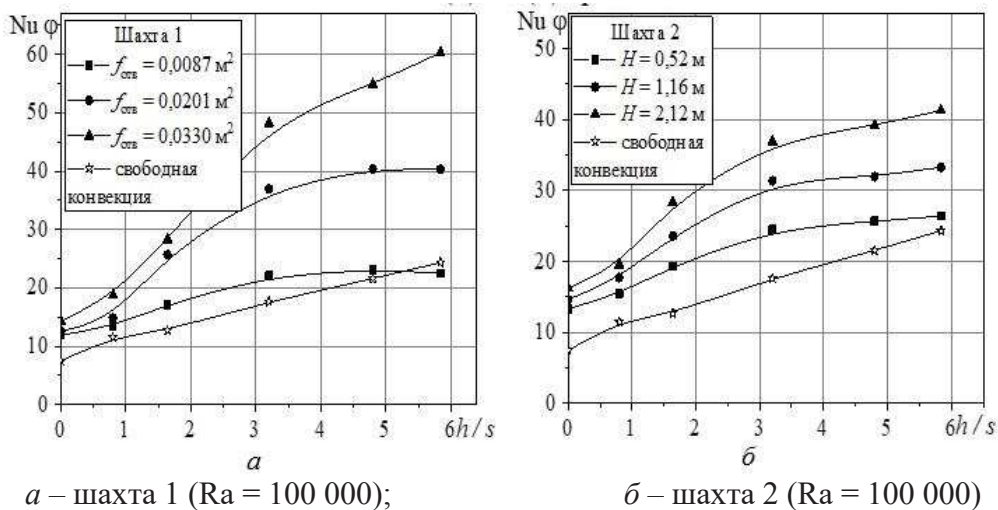
Из рисунке 1 видно, что при уменьшении высоты ребра труб однорядного пучка (типы I–VI) интенсивность теплоотдачи в обоих режимах возрастает. При этом наибольшей теплоотдачей в режиме свободной конвекции, интенсифицированной с помощью вытяжной шахты, обладает гладкий однорядный пучок (тип VI), которая, при $Ra = 100\ 000$ больше минимальной и максимальной теплоотдачи однорядных пучков соответственно: I типа – в 10,2 и 5,2 раз; II типа – в 7,8 и 4,5 раза; III типа – в 5,1 и 3,2 раза; IV типа – в 3,3 и 2,8 раза; V типа – в 2,5 и 2,3 раза.



a – шахта 1 ($Ra = 100\ 000$);

б – шахта 2 ($Ra = 100\ 000$)

Рисунок 1 – Влияние относительной высоты ребра труб h / s на интенсивность теплоотдачи однорядного пучка (типы I–VI), отнесенной к полной оребренной поверхности труб в режиме свободной конвекции



a – шахта 1 ($Ra = 100\ 000$);

б – шахта 2 ($Ra = 100\ 000$)

Рисунок 2 – Влияние относительной высоты ребра труб h / s на интенсивность теплоотдачи однорядного пучка (типы I–VI), отнесенной к поверхности труб по основанию ребер в режиме свободной конвекции

При оценки тепловой эффективности однорядных пучков с различной высотой ребра труб, представленной на рисунке 2 получено, что наибольшая теплоотдача однорядного пучка, отнесенная к площади поверхности труб по основанию ребер, характерна для пучка I типа (с наибольшей относительной высотой ребра, $h / s = 5,84$, $\phi = 19,3$), величина которой больше для пучка II типа в 1–1,1 раза, III типа – в 1–1,5 раза; IV типа – в 1,3–2,1 раза; V типа – в 1,6–3,5 раза и VI типа – в 1,8–4,3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данильчик Е. С. Экспериментальные исследования эффективности однорядного пучка из биметаллических оребренных труб с различной высотой оребрения при свободно-конвективном теплообмене с

воздухом / Е. С. Данильчик, А. Б. Сухоцкий, В. Б. Кунтыш // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т.22, № 5. С. 128–141.

2. Sukhotski, A. B. Convective heat exchange of single-row bundles from tubes with rolled aluminum fins of various height at a low values of the Reynolds number / A. B. Sukhotski, E. S. Danilchik // Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc. 2021. Vol. 64, № 4. P. 336–348 (in Russian).

3. Danilchik, E. S. Influence of an exhaust shaft airflow section on single-row bundle air cooling comprising tubes with spiral fins of different heights / E. S. Danilchik, A. B. Sukhotski, T. B. Karlovich // Chemical and Petroleum Engineering. 2022. Vol. 58, № 3–4. P. 315–322.

4. Данильчик Е. С. Экспериментальные исследования теплоотдачи одиночной биметаллической ребристой трубы с различной высотой оребрения к воздуху в режиме свободной конвекции // Тепло- и массоперенос – 2019 : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова ; редкол.: О. Г. Пенязьков (гл. ред.) [и др.]. Минск, 2020. С. 42–52.

УДК 66.02

Д.Г. Калишук, доц., канд. техн. наук;
А.Э. Левданский, зав. кафедрой ПиАХП, д-р техн. наук;
Н.П. Саевич, доц., канд. техн. наук;
А.А. Ковалева, асп.; Е.Г. Федарович, инж.
(БГТУ, г. Минск)

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ РЕГЕНЕРАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИСУЛЬФОНОВОГО ВОЛОКНА

На ПУП «ФреБор» (г. Борисов) выпускают продукцию медицинского назначения, в том числе и гемодиализаторы. Мембранные элементы гемодиализаторов – полые полисульфоновые волокна. В ходе технологических процессов по производству указанных волокон образуются жидкие гомогенные отходы, состоящие из воды, диметилацетамида и примесей. Ценные компоненты данной смеси (диминерализованную воду и диметилацетамид) с целью их возврата в производственный цикл выделяют, используя многоступенчатую ректификационную установку непрерывного действия. При этом также уменьшают объем не утилизируемых отходов. Ректификационная установка включает в свой состав тарельчатые (с ситчатыми и колпачковыми тарелками) и роторный пленочный аппараты.