

УДК 574:519

С. Я. Алибеков, А. Г. Поздеев, Е. М. Царев

ДИНАМИЧЕСКИЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫХ АППАРАТОВ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Представлена методика расчета динамического теплообменника. Все теплофизические параметры динамического теплообменника сравниваются с базовым стационарным ребристым трубным воздухоохладителем с прямоугольными ребрами. Установлено преимущество динамических систем воздухоохлаждения над стационарными.

Введение. Широкое распространение фермерских хозяйств вызывает необходимость создания новых типов холодильного оборудования малой производительности. Результаты системного анализа лесных комплексов показывают, что оборудование для лесного фермерства должно обладать мобильностью в регулировании рабочих параметров в широком диапазоне [1].

Холодильное технологическое оборудование и, в особенности, скороморозильные аппараты, отличается большими габаритами и весом, что в условиях работы малых предприятий приводит к дополнительным затратам при его транспортировке и эксплуатации на ограниченных площадях. Практически исключается создание мобильного холодильного оборудования, устанавливаемого на транспортных средствах. Основные проблемы в снижении массогабаритных показателей холодильного оборудования вызывают трубные теплообменники с пластинчатым оребрением, наиболее распространенные в источниках холодоснабжения [2].

Поэтому разработка новых типов теплообменников, в частности, оснащенных динамически устойчивой, замкнутой в кольцо ленты, приводимой в движение относительно трубопровода с хладагентом (динамический ленточный радиатор), является актуальной задачей.

Цель работы – создание методики расчета динамических теплообменных аппаратов воздухоохладителей, предназначенных для использования в составе мобильного и малогабаритного скороморозильного технологического оборудования агропромышленных комплексов.

Принцип действия и схема расчета динамических теплообменников. Принцип действия динамического ленточного радиатора (рис. 1) состоит в следующем. Замкнутая в кольцо тонкая металлическая лента постоянной толщины и ширины приводится во вращение участком трубопровода с холодильным агентом. Движение ленты без скольжения относительно трубопровода обеспечивается двумя вращающимися в противоположных направлениях роликками.

Лента в поперечном сечении трубопровода принимает удлиненную устойчивую форму и может быть разбита на несколько расчетных однотипных участков (рис. 2).

Трение и теплоотдача ленточного теплообменника определяются в следующей последовательности.

Задается длина ленты l и с помощью кинематического расчета определяется форма кривой и производится деление ее на три расчетных участка: два прямолинейных и криволинейный. Выбирается скорость движения v_c ленты и температура T_w ее поверхности. Задается температура охлаждаемой среды T_∞ .

η – пьезокоэффициент вязкости, м²/Н;

k_0 – гидродинамическое давление в данной точке, Па.

Определим поверхности теплообмена. Расчеты будем основывать на совместном решении уравнений теплового баланса и теплопередачи.

Методика расчета воздухоохладителя.

Ребристотрубный воздухоохладитель с прямоугольными ребрами полагается базовым. Номинальную холодопроизводительность примем равной $Q = 10^4$ Вт, в качестве холодильного агента используется аммиак при рабочей температуре $t_0 = -40^\circ \text{C} = 233,15 \text{ К}$. Исходная температура воздуха $t_1 = +20^\circ \text{C} = 293,15 \text{ К}$. Вид теплообмена – от охлаждаемого воздуха к хладагенту с перекрестным током.

Введем постоянные величины, характеризующие процесс охлаждения:

1) барометрическое давление $Ba = 1,013 \cdot 10^5$ Па; 2) ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; 3) газовая постоянная сухого воздуха $R_{1C} = 29,27 \text{ м/К}$; 4) теплоемкость сухого воздуха при исходной температуре $t_{1H} = 20^\circ \text{C}$ равна $C_{p1H} = 1,005 \cdot 10^3$ Дж/кг, а при конечной температуре $t_{1K} = -35^\circ \text{C}$ она составит $C_{p1K} = 1,013 \cdot 10^3$ Дж/кг, поэтому расчетное значение равно $C_{p1} = 1,009 \cdot 10^3$ Дж/кг; 5) примем массовое расходное паросодержание аммиака на входе в теплообменник $X_1 = 0,2$, и, задавая кратность циркуляции аммиака $P_c = 5$, найдем величину массового расходного паросодержания на выходе из аппарата $X_2 = X_1 + \frac{1}{k_c} = 0,4$; 6) удельная теплота парообразования аммиака при заданной температуре $r_0 = 1,3915 \cdot 10^6$ Дж/кг; 7) коэффициент теплопроводности материала трубы (сталь) $\lambda_m = 45,4 \text{ Вт/(м·К)}$; 8) коэффициент теплопроводности материала ребра (сталь) $\lambda_p = 45,4 \text{ Вт/(м·К)}$; 9) шаг труб по фронту $S_1 = 0,06 \text{ м}$; 10) шаг труб по потоку воздуха $S_2 = 0,06 \text{ м}$; 11) наружный диаметр труб $d_n = 0,022 \text{ м}$; 12) внутренний диаметр труб $d_g = 0,018 \text{ м}$; 13) число труб по фронту $n_\phi = 20$; 14) толщина ребра $\delta_p = 0,001 \text{ м}$; 15) высота пластины по фронту $H_n = 0,117 \text{ м}$; 16) ширина пластины по потоку $b_n = 0,117 \text{ м}$; 17) число труб, охватываемых пластиной $n_1 = 4$; 18) расход воздуха $L_1 = 5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для расчета динамических теплообменников используем однотрубную систему снабжения хладагентом, ориентируясь на параметры базового ребристотрубного воздухоохладителя. Оставив геометрические характеристики сечения без изменения, определяем минимальную длину трубопровода в его активной части.

В заключение определим характеристики движения ленты теплообменника.

Найдем параметр скорости ленты $\mu = \frac{C_f V_c^2}{m_0} = 5,3 \text{ м/с}$, который меньше величины

$g(\mu < g)$, поэтому равновесных форм стационарного движения ленты не существует. Лента может сохранять свою динамическую форму только в направляющих.

Выводы. В результате расчетов получаем тепловые характеристики теплообменников с динамическим ленточным радиатором и теплопроводным подшипником.

Сравнение теплофизических параметров воздухоохладителей позволило выявить преимущество динамических систем воздухоохлаждения над стационарными.

Список литературы

1. Арзамасцев, А. Д. Проект программы «Управление ресурсным потенциалом сельскохозяйственно-го и лесного комплексов Республики Марий Эл» / А. Д. Арзамасцев, Ю. Я. Дмитриев, А. Г. Поздеев, В. Г. Самойленко // Управление ресурсным потенциалом сельскохозяйственного и лесного комплексов Республики Марий Эл. Материалы научно-практ. семинара. – Йошкар-Ола: Институт гос. службы и управления при Президенте Республики Марий Эл, 1996. – 60 с.
2. Арманд, А. А. Расчет переходных процессов в теплообменниках / А. А. Арманд // Теплообмен при высоких температурах и других специальных условиях. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – С. 150–156.
3. Кодонир, Д. С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин / Д. С. Кодонир. – М.: Машиностроение, 1976. – 304 с.
4. Галицкий, Б. М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках / Б. М. Галицкий, Ю. А. Рыжов, Е. В. Якут. – М.: Машиностроение, 1977. – 256 с.

Статья поступила в редакцию 05.09.08

S. Ya. Alibekov, A. G. Pozdeyev, E. M. Tzaryov

DYNAMIC HEAT EXCHANGERS OF FAST-FREEZING DEVICES OF AGRO-ENGINEERING COMPLEXES

The technique for calculating the dynamic heat exchanger is submitted. All the thermal physical parameters of the dynamic heat exchanger are compared with a basic stationary ribbed-pipe air cooler with rectangular ribs. The advantage of dynamic systems of air cooling above stationary ones is established.

АЛИБЕКОВ Сергей Якубович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машиностроения и материаловедения МарГТУ. Область научных интересов – вопросы инженерной экологии, композиционные порошковые материалы, термическая обработка сплавов. Автор более 120 научных работ.

ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – проблемы водного транспорта и комплексного освоения водных ресурсов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии. Автор более 60 научных работ.

ЦАРЕВ Евгений Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств. Область научных интересов – вопросы инженерной экологии и защиты водных ресурсов при сплаве леса. Автор 76 научных работ.