

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК

МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА

Bulletin of the International Academy of Refrigeration

Выходит один раз в квартал

Учредители:

Международная академия холода
Издательский дом “Холодильная техника”

Главный редактор **А. В. Бараненко**

Редакционная коллегия:

Л. Д. Акимова (зам. гл. ред.)

И. В. Баранов (зам. гл. ред.)

А. А. Малышев (зам. гл. ред.)

С. Т. Антипов

А. М. Архаров

Г. А. Белозеров

В. Г. Букин

Ю. Б. Галеркин

А. К. Грезин

С. Дичев

П. А. Доманский

Б. А. Иванов

Т. А. Исмаилов

И. М. Калнинь

О. Я. Мезенова

В. В. Пеленко

В. В. Притула

И. А. Рогов

И. К. Савин

Б. Н. Семенов

В. В. Сычев

О. М. Таганцев

Б. Д. Тимофеев

Е. И. Титов

И. Н. Флёров

М. Д. Ханевич

О. Б. Цветков

Выпуск

2

2013

Санкт-Петербург • Москва

УДК 532.5+621.1.016

К задаче расчета вибрационной надежности пучков из биметаллических ребристых труб аппаратов воздушного охлаждения

Д-р техн. наук В. Б. КУНТЫШ, канд. техн. наук А. Б. СУХОЦКИЙ
Белорусский государственный технологический университет
220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13 а

The design procedure of the characteristics defining vibration reliability of staggered ribbed banks of devices of the air cooling is presented. The procedure is based on the uniform defining linear size for a bimetallic ribbed pipe — effective diameter.

Keywords: bimetallic ribbed pipe, staggered bank, effective diameter, number of Struhalja, whirlwind, vibration, aerodynamic trace, amplitude, frequency, velocity of air.

Ключевые слова: биметаллическая ребристая труба, шахматный пучок, эффективный диаметр, число Струхалия, вихрь, вибрация, аэродинамический след, амплитуда, частота, скорость воздуха.

Аппараты воздушного охлаждения (АВО) [1] широко применяются в пищевой, химической промышленности, а также в холодильных установках [2]. Теплообменные секции АВО, поперечно обтекаемые снаружи принудительным потоком охлаждающего воздуха состоят из биметаллических ребристых труб (БРТ) со спиральными алюминиевыми ребрами. Несущая труба БРТ, внутри которой движется охлаждаемый тепло- или хладоноситель, изготавливается из металла с учетом их коррозионной активности. Преимущественно применяются стальные и латунные трубы. Материалом спиральной ребристой оболочки является алюминиевые сплавы AD1, AD1M.

Основными геометрическими параметрами БРТ (рис. 1) являются d , h , s , Δ — соответственно наружный диаметр, высота, шаг и средняя толщина ребра, диаметр ребра по его основанию $d_0 = d - 2h$, а $\Delta = 0,5 (\Delta_1 + \Delta_2)$, где Δ_1 , Δ_2 — толщина вершины и основания ребра. Несущая труба характеризуется наружным диаметром $d_{\text{н}}$ и толщиной стенки δ или $d_{\text{в}}$ и внутренним диаметром $d_{\text{вн}} = d_{\text{н}} - 2\delta$. Коэффициент оребрения круглоребристых труб вычисляется как

$$\varphi = 1 + \frac{2h}{sd_0} (d_0 + h + \Delta). \quad (1)$$

Теплообменные секции АВО представляют шахматные пучки из БРТ, которые расположены в вершинах равностороннего треугольника с поперечным S_1 , диагональным $S'_2 = S_1$ шагом, а продольный шаг $S_2 = 0,866 S_1$. Концы БРТ неподвижно соединены с отверстиями трубной решетки преимущественно вальцовкой. Количество поперечных рядов труб в пучке $z = 4, 6, 8$. В большинстве случаев $z = 4, 6$ рядов. Воздух движется в межтрубном пространстве пучка, обтекающая трубы поперечным потоком с максимальной скоростью в узком сечении не превышающей $w \leq 13$ м/с.

В настоящее время все чаще потребители АВО требуют ответа на вопрос о вибрационной надежности пучков АВО. В доступных специальных работах [3, 4] и научно-технических справочниках, наиболее известными из которых являются [5, 6], излагаются способы расчета

вибрационных характеристик гладкотрубных пучков. Анализ изложенных способов и расчетных соотношений выявил невозможность прямого приложения их к задаче расчета вибрационной надежности пучков из ребристых труб в поперечном потоке воздуха.

Цель данной работы — выполнение обнаруженного пробела на предмет построения обоснованного метода расчета основных показателей шахматных пучков из биметаллических ребристых труб (БРТ), определяющих вибрационную прочность в аэродинамических режимах эксплуатации АВО.

При обтекании оребренной трубы воздухом она испытывает три типа вибраций [4, 5]: вихревое возбуждение, возбуждение турбулентными пульсациями потока и гидроупругое возбуждение. Вихревое возбуждение труб обусловлено периодическими гидродинамическими силами, возникающими в процессе формирования и отрыва вихрей от труб пучка. Периодичность отрыва вихрей определяется числом Струхалия, которое включает определяющий линейный размер обтекаемого потоком твердого тела. Для гладкой круглой трубы таковым является наружный диаметр. А какой линейный размер принять для круглоребристой трубы: диаметр по основанию ребер d_0 , наружный диаметр ребра d , средний диаметр ребра $d_{\text{ср}} = 0,5 (d_0 + d)$ или иной диаметр, названный нами эффективным $d_{\text{э}}$, учитывающим влияние оребрения на формирование вихрей и частоту их отрыва? По какому диаметру рассчитывать момент инерции БРТ и какой модуль упругости такой составной трубы принимать в вычислениях ее жесткости?

Анализ картины обтекания, показанной на рис. 2 [7], шахматного круглорестистого пучка и сравнения ее с картинами обтекания [8] шахматных пучков из труб, различающихся параметрами ребер, показывает, что влияние ребер сказывается на размерах вихрей, вихревой дорожки и аэродинамическом следе потока за трубой (трубами). Это особенно наглядно выявляется при сравнении картин обтекания ребристых пучков с гладкотрубными [4]. Следовательно, влияние ребер должно быть учтено через линейный определяющий размер, момент инерции и жесткость трубы.

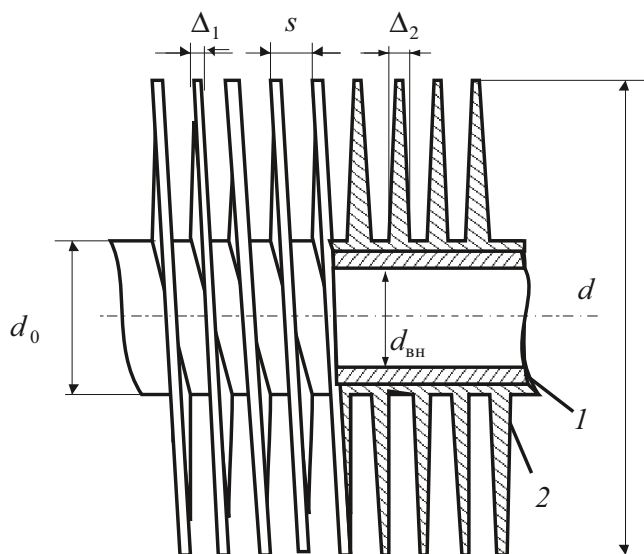


Рис. 1. Биметаллическая ребристая труба:
1 — несущая труба; 2 — ребристая оболочка

Предлагается отразить влияние ребер увеличением диаметра d_0 на добавочную толщину стенки δ_d гладкой трубы, масса которой равна массе ребер. Тогда

$$d_3 = d_0 + 2\delta_d. \quad (2)$$

Масса ребер, расположенных на 1 м трубы, кг

$$M_p = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_0^2)\Delta n \rho_0 = 0,785(d^2 - d_0^2)\Delta n \rho_0, \quad (3)$$

где $n = 1/s$ — количество ребер на 1 м трубы, шт; s — шаг ребер, м; ρ_m — плотность металла ребристой оболочки, кг/м³.

Масса 1 м гладкой трубы внутреннего диаметра d_0 с толщиной стенки δ_3 и плотностью металла ρ_m , кг

$$M_d = 0,785((d_0 + 2\delta_d)^2 - d_0^2)\rho_0 = 0,785(d_3^2 - d_0^2)\rho_0. \quad (4)$$

Тогда, приравнявая правые части (3) и (4), получаем

$$0,785(d^2 - d_0^2)\Delta n \rho_0 = 0,785(d_3^2 - d_0^2)\rho_0. \quad (5)$$

Откуда эффективный диаметр БРТ, м

$$d_3 = (d_0^2 + (d^2 - d_0^2)\Delta n)^{0,5}. \quad (6)$$

Толщина добавочной стенки на влияние ребер

$$\delta_d = 0,5(d_3 - d_0). \quad (7)$$

Момент инерции поперечного сечения круглой трубы с эквивалентным диаметром d_3 , м⁴

$$J_3 = \frac{\pi}{64}(d_3^4 - d_{вн}^4). \quad (8)$$

Модуль упругости гладкой биметаллической трубы, эквивалентной теплообменной БРТ, Па

$$E_\delta = E_3 = \frac{E_n \delta_n + E_0 \delta_3}{\delta_n + \delta_3}, \quad (9)$$

где E_n, E_0 — модуль упругости металла несущей трубы и ребристой оболочки, Па; $\delta_n = 0,5(d_n - d_{вн})$ — толщина стенки несущей трубы, м; $\delta_3 = 0,5(d_3 - d_n)$ — толщина стенки гладкой трубы эквивалентной по массе ребристой оболочке, м.

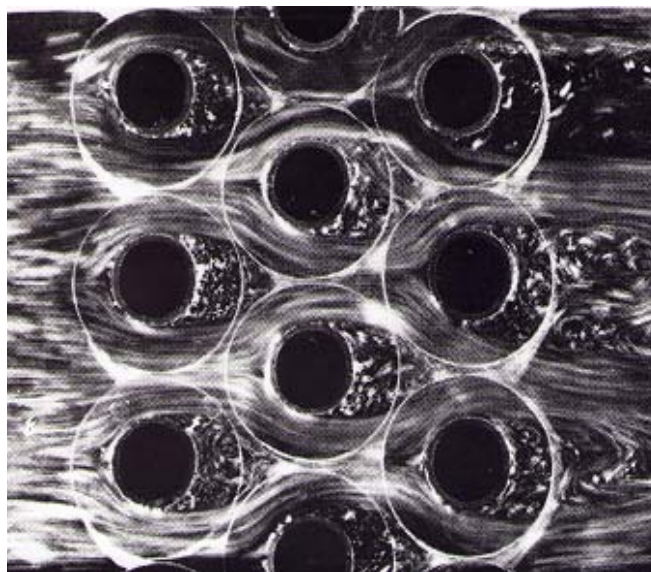


Рис. 2. Картина перпендикулярного обтекания воздухом шахматного пучка из круглоребристых труб

Для шахматных пучков из БРТ частота отрыва вихрей

$$f_s = Shw/d_s, \quad (10)$$

где w — скорость потока воздуха в узком сечении пучка, м/с; Sh — число Струхала, вычисляемое по соотношению

$$Sh = 0,37 - 0,1(S_1 / d_s). \quad (11)$$

Частота собственных колебаний прямой БРТ вычисляется как

$$f_n = \frac{C_n}{2\pi l_n^2} \sqrt{\frac{E_3 J_3}{\Sigma M}}, \quad (12)$$

где C_n — константа, определяемая способом крепления труб в решетках (для АВО с жестко соединенными кон-

цами труб в решетках $C_n = \left(\frac{2n+1}{2}\pi\right)^2$; n — мода колеба-

ния трубы); l_n — длина пролета трубы, м; ΣM — расчетная суммарная масса БРТ с учетом охлаждаемой среды внутри ее на единицу длины, кг/м.

Суммарная ΣM масса БРТ вычисляется как

$$\Sigma M = M_n + M_3 + M_{cp} + M_{пн}, \quad (13)$$

где $M_n = 0,785(d_n^2 - d_{вн}^2)\rho_n$ — масса 1 м несущей трубы, кг/м; ρ_n — плотность материала несущей трубы, кг/м³; $M_3 = 0,785(d_3^2 - d_n^2)\rho_0$ — масса 1 м гладкой трубы, эквивалентной по массе ребристой оболочке, кг/м; $M_{cp} = 0,785\rho_{cp}d_{вн}^2$ — масса охлаждаемой среды, заключенной внутри 1 м несущей трубы, кг/м; ρ_{cp} — охлаждаемой среды, кг/м³; $M_{пн} = 0,785c_m \rho_v d_s^2$ — присоединенная к трубе длиной 1 м масса воздуха, кг/м; $c_m = f(S_1 / d_s)$ — коэффициент инерции, зависящий от компоновки БРТ в пучке. Для шахматных пучков в стандартизированных АВО можно принять $c_m \sim 1,07$.

Возбуждение турбулентными пульсациями потока связано с наличием турбулентно-вихревого движения воздуха. В случае его движения в межтрубном пространстве пучка основную частоту колебаний, вызван-

ных турбулентными пульсациями, рассчитывают по эмпирической формуле [4]:

$$f_T = \frac{wd_3}{S_1 S_2} 3,05(1 - d_3 / S_1)^2 + 0,28. \quad (14)$$

Гидроупругое возбуждение вызвано действием гидродинамических сил, возникающих при выходе трубы из равновесного состояния в процессе вибрации. При гидроупругом возбуждении периодичность возникновения гидродинамической силы обусловлена частотой колебания трубы. При увеличении амплитуды колебаний происходит рост гидродинамической силы, действующей на трубу. Вследствие этого гидроупругие вибрации быстро возрастают и могут вызвать разрушение трубы.

Критическая скорость воздуха, соответствующая возникновению гидроупругих вибраций, определяется [5], м/с

$$w_{кр} = K f_n \sqrt{\lambda_\Sigma \sum M / \rho_v}, \quad (15)$$

где K — переменная константа; λ_Σ — суммарный логарифмический декремент (для БРТ $\lambda_\Sigma \approx 0,405$).

Для шахматных пучков из БРТ значение константы K следует вычислять [4]

$$K = 0,56 + 1,2 (S_1 / d_3). \quad (16)$$

Для предотвращения соударения между трубами максимальная амплитуда вибраций должна удовлетворять условию $A_{\max} < 0,5(S_2' - d)$. Максимальная амплитуда вибраций определяется как среднеквадратичное от максимальных амплитуд колебаний трубы от вихрей $A_{\max}^{\text{вихр}}$ и турбулентных пульсаций $A_{\max}^{\text{турб}}$

$$A_{\max} = \sqrt{(A_{\max}^{\text{вихр}})^2 + (A_{\max}^{\text{турб}})^2}. \quad (17)$$

Согласно [5, 6]:

$$A_{\max}^{\text{вихр}} = h_B / (2n_B \sqrt{\omega_s^2 - 2n_B^2}), \quad (18)$$

где $h_B = \bar{c}_y d_3 \rho w^2 / (2 \sum M)$; $\omega_s = 2\pi f_s$ — угловая частота срыва вихрей, с⁻¹; \bar{c}_y — коэффициент подъемной гидродинамической силы (для ребристых пучков $\bar{c}_y \approx 0,05$); $n_B = \zeta_s \omega_n$ — коэффициент; $\omega_n = 2\pi f_n$ — собственная угловая частота колебаний труб, с⁻¹; $\zeta_s = 0,5\lambda_\Sigma / \pi$ — фактор демпфирования.

Максимальная амплитуда колебаний трубы при возбуждении турбулентными пульсациями

$$A_{\max}^{\text{турб}} = 0,06 \frac{\rho_v d_3^2}{\sum M} \sqrt{\left(\frac{w}{f_n}\right)^3 \frac{c_D^2}{\lambda_\Sigma l_n \text{Sh}} G(\psi)}, \quad (19)$$

где c_D — коэффициент полного (лобового) сопротивления трубы (для шахматного пучка при $\text{Re} < 10^4$ принимают $c_D \sim 0,7$); $G(\psi)$ — нормированная безразмерная форма спектра, определяемая в зависимости от безразмерной частоты $\psi = (f_n d_3) / (w \text{Sh})$, для БРТ АВО $G(\psi) < 1,0$.

Условие прочности БРТ от колебаний необходимо составлять применительно к несущей трубе, так как разрушение ее от усталостной прочности металла приведет к выводу АВО из эксплуатации. Несущая труба также всецело воспринимает и давление охлаждаемой среды, а ребристая оболочка находится лишь под давлением охлаждающего воздуха равным 0,1 МПа. От действия ко-

лебаний возможно возникновение локальных микротрещин в стенке ребристой оболочки, которые не отражаются на гидравлической плотности трубного пространства теплообменной секции АВО и не требуют срочного его останова.

Условие прочности

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma]_{\text{уст}}, \quad (20)$$

где $[\sigma]_{\text{уст}}$ — допускаемое напряжение на усталостную прочность металла несущей трубы.

Максимальное напряжение [3, 6] от действия колебаний БРТ, МПа

$$\sigma_{\max} = \frac{24 A_{\max} E_n J_n}{l_n^2 W_n}, \quad (21)$$

где $J_n = \frac{\pi}{64} (d_n^4 - d_{\text{вн}}^4)$ — момент инерции поперечного сечения несущей трубы, м⁴; E_n — модуль упругости металла несущей трубы, МПа; W_n — осевой момент сопротивления поперечного сечения трубы, м³; $W_n = 2J_n / d_n$ — для круглой трубы.

Так авторами статьи были выполнены расчеты основных вибрационных характеристик стандартизированных АВО типа АВГ, наиболее используемых в холодильных установках и пищевой промышленности, в теплообменных секциях которых находят применение три типа БРТ с накатными спиральными алюминиевыми ребрами. Несущая труба $d_n \times \delta_n = 25 \times 2$ мм с $d_{\text{вн}} = 21$ мм выполнена из углеродистой стали 10, для которой $E_n = 2 \cdot 10^{11}$ Па; $[\sigma]_{\text{уст}} = 150$ МПа. Для алюминия $E_n = 0,7 \cdot 10^{11}$ Па.

Компоновка БРТ в решетках пучка — шахматная по вершинам равностороннего треугольника; количество поперечных рядов труб в пучке $z = 6$. Активная длина БРТ в пучке $l = 3, 4, 6$ м. Через каждые 1,5÷2 м в пучке устанавливают промежуточные перегородки количеством z_n . В таких конструкциях $l_n = l / (z_n + 1)$.

Параметры оребрения для БРТ трех типов:

$$d \times h \times s \times \Delta = 49 \times 10,5 \times 3,5 \times 0,7 \text{ мм};$$

$$d_0 = 28 \text{ мм}; \varphi = 9,4; d_3 = 33,28 \text{ мм};$$

$$\delta_3 = 2,64 \text{ мм}; E_3 = 1,26 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

$$d \times h \times s \times \Delta = 56 \times 14 \times 3,0 \times 0,6 \text{ мм};$$

$$d_0 = 28 \text{ мм}; \varphi = 15,2; d_3 = 35,42 \text{ мм};$$

$$\delta_3 = 3,71 \text{ мм}; E_3 = 1,16 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

$$d \times h \times s \times \Delta = 57 \times 15,2 \times 2,5 \times 0,5 \text{ мм};$$

$$d_0 = 26 \text{ мм}; \varphi = 20,4; d_3 = 34,87 \text{ мм};$$

$$\delta_3 = 4,13 \text{ мм}; E_3 = 1,12 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

Скорость воздуха в узком сечении пучков принята наибольшей, встречающейся в промышленных АВО, $w = 13$ м/с. Плотность воздуха при его средней температуре $\rho = 1,2$ кг/м³.

Рассмотрены следующие технологические процессы:

— охлаждение аммиака (NH₃) при $p = 0,16$ МПа от $t_2' = 110$ °С до $t_2'' = 45$ °С; плотность его при средней температуре $\rho_{\text{cp}} = 780$ кг/м³;

— конденсация пара аммиака при давлении $p = 0,16$ МПа, $\rho_{\text{cp}} = 1,32$ кг/м³.

Результаты расчетов по изложенной методике приведены в табл. 1–4.

Таблица 1

Таблица 2

Собственная частота колебаний f_n, c^{-1} (первая мода)

φ	l/z _н , м					
	3/0	3/1	4/0	4/2	6/0	6/3
Охлаждение жидкого аммиака						
9,4	20,30	55,64	11,42	57,83	5,07	41,54
15,2	21,16	58,01	11,9	60,29	5,29	43,31
20,4	20,44	56,04	11,5	58,24	5,11	41,83
Конденсация пара аммиака						
9,4	21,53	59,02	12,11	61,34	5,38	44,06
15,2	22,29	61,10	12,54	63,51	5,57	45,62
20,4	21,57	59,12	12,13	61,45	5,39	44,14

Частоты вихревых и турбулентных колебаний для w = 13 м/с

φ	S ₁ , мм	f _в , c ⁻¹	f _т , c ⁻¹
9,4	52	83,50	73,37
15,2	58	75,70	73,40
	64	69,48	79,29
20,4	64	69,52	81,08

Анализ данных в табл. 3, 4 показывает, что скорость воздуха значительно меньше критической $w < w_{кр}$, что свидетельствует об отсутствии гидроупругого возбуждения. Максимальная амплитуда вибрации труб A_{max} также существенно меньше половины расстояния между вершинами ребер $0,5(S_2' - d)$, а максимальное напряжение в несущей трубе от вибрации ниже предела усталостной прочности металла трубы.

Таким образом, на основе анализа выполненных расчетов и данных заводов-изготовителей АВО можно сделать вывод, что в режимах эксплуатации аппаратов и температурных параметров охлаждаемых технологических сред не создаются условия для возникновения вибрации, способной вызвать повреждение или разрушение теплообменных секций из БРТ.

Таблица 3

Таблица 4

Критическая скорость воздуха, максимальная амплитуда вибраций и максимальное напряжение в несущей трубе при охлаждении аммиака

φ	S ₁ , мм	l/Z _н , м	w _{кр} , м/с	A _{max} ^{вихр} , мм	A _{max} ^{турб} , мм	A _{max} , мм	σ _{max} ['] , МПа
9,4	52	3/0	44,70	0,008	0,023	0,024	0,20
		3/1	122,55	0,003	0,007	0,008	0,26
		4/0	25,15	0,014	0,048	0,050	0,23
		4/2	127,37	0,003	0,007	0,008	0,33
		6/0	11,18	0,032	0,131	0,135	0,28
		6/3	91,49	0,004	0,011	0,012	0,39
15,2	58	3/0	51,31	0,008	0,022	0,024	0,20
		3/1	140,66	0,003	0,007	0,008	0,26
		4/0	28,86	0,014	0,046	0,048	0,23
		4/2	146,19	0,003	0,007	0,008	0,33
		6/0	12,83	0,032	0,126	0,13	0,28
		6/3	105,00	0,004	0,011	0,011	0,40
	64	3/0	55,44	0,009	0,023	0,025	0,21
		3/1	151,98	0,003	0,007	0,008	0,27
		4/0	31,19	0,016	0,048	0,050	0,24
		4/2	157,96	0,003	0,007	0,008	0,35
		6/0	13,86	0,035	0,131	0,136	0,29
		6/3	113,46	0,004	0,011	0,012	0,41
20,4	64	3/0	53,41	0,009	0,025	0,026	0,22
		3/1	146,43	0,004	0,008	0,008	0,29
		4/0	30,05	0,016	0,051	0,053	0,26
		4/2	152,18	0,003	0,08	0,008	0,36
		6/0	13,35	0,037	0,139	0,144	0,31
		6/3	109,31	0,005	0,012	0,013	0,43

Критическая скорость воздуха, максимальная амплитуда вибраций и максимальное напряжение в несущей трубе при конденсации аммиака

φ	S ₁ , мм	l/Z _н , м	w _{кр} , м/с	A _{max} ^{вихр} , мм	A _{max} ^{турб} , мм	A _{max} , мм	σ _{max} ['] , МПа
9,4	52	3/0	44,70	0,009	0,024	0,025	0,21
		3/1	122,55	0,003	0,007	0,008	0,27
		4/0	25,15	0,015	0,049	0,051	0,24
		4/2	127,37	0,003	0,007	0,008	0,34
		6/0	11,18	0,034	0,135	0,139	0,29
		6/3	91,49	0,004	0,012	0,012	0,40
15,2	58	3/0	51,31	0,009	0,023	0,024	0,21
		3/1	140,66	0,003	0,007	0,008	0,27
		4/0	28,86	0,015	0,047	0,049	0,24
		4/2	146,19	0,003	0,007	0,008	0,34
		6/0	12,83	0,034	0,129	0,133	0,29
		6/3	105,00	0,004	0,011	0,012	0,41
	64	3/0	55,44	0,009	0,024	0,026	0,22
		3/1	151,98	0,003	0,007	0,008	0,28
		4/0	31,19	0,016	0,049	0,052	0,25
		4/2	157,96	0,003	0,007	0,008	0,36
		6/0	13,86	0,037	0,135	0,140	0,30
		6/3	113,46	0,005	0,012	0,012	0,43
20,4	64	3/0	53,41	0,010	0,025	0,027	0,23
		3/1	146,43	0,004	0,008	0,009	0,30
		4/0	30,05	0,017	0,052	0,055	0,26
		4/2	152,18	0,003	0,08	0,009	0,37
		6/0	13,35	0,039	0,143	0,148	0,32
		6/3	109,31	0,005	0,012	0,013	0,45

Список литературы

1. Теплообменные аппараты холодильных установок/Г. Н. Богданов, О. П. Иванов и др. — Л.: Машиностроение, 1973.
2. Холодильные установки/И. Г. Чумак, В. Г. Чехурненко и др. — М.: Агропроиздат, 1991.
3. *Кирсанов Н. Н.* Конденсационные установки — М.: Энергия, 1965.
4. *Жукаускас А., Улинскас Р., Катинас В.* Гидродинамика и вибрации обтекаемых пучков труб. — Вильнюс, Мокслас, 1984.

5. *Бажан П. И., Канавец Г. И., Селиверстов В. М.* Справочник по теплообменным аппаратам. — М.: Машиностроение, 1989.
6. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок/Ю. М. Бродов, К. Э. Аронсон, А. Ю. Рябчиков и др. — Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006.
7. Springe W. High Heat Transfer Rate at Low Pressure Drop Using Aerodynamically Profiled Fin Tubes. — Germany, Bochum: GEA-Research.
8. *Письменный Е. Н.* Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-оребрённых труб. — Киев: Альтерпресс, 2004.

Календарь выставок на II полугодие 2013 г.

Сентябрь

10–12 ТЕРМООБРАБОТКА-2013
7-я международная специализированная выставка технологий и оборудования для термообработки
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
 Орг.: ВК «Мир-Экспо»
 Тел.: +7 (499) 618-05-65, факс: +7 (499) 618-36-83
www.htexporus.ru
info@htexporus.ru

11–13 ЭКСПОКЛИМАТ
Международная выставка по водоснабжению и климатическому оборудованию
Санкт-Петербург, ВЦ «Ленэкспо»
 Орг.: ООО «ПРИМЭКСПО»
 партнер компании ITE Group Plc
 Тел.: +7 (812) 380-60-14, факс: +7 (812) 380-60-01
www.expoclimate.primexpo.ru/ru/build@primexpo.ru

16–19 WORLD FOOD'2013
ВЕСЬ МИР ПИТАНИЯ-2013
22-я международная выставка продуктов питания и напитков
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
 Орг.: «Ай.Ти.И. Груп Пи.Эл.Си.» (Великобритания)
 ООО «АйТиИ» (Россия)
 Тел.: +7 (495) 935-73-50, факс: +7 (495) 935-73-51
www.world-food.ru
worldfood@ite-expo.ru

24–27 ITFM 2013
Международная промышленная выставка
Москва, МВЦ «Крокус Экспо»
 Орг.: ITE, Москва
 Тел.: +7 (495) 935-7350 (доб. 4261), +7 (495) 788-5585
www.itfm-expo.ru
itfm@ite-expo.ru
Voskresenskaya@ite-expo.ru

Октябрь

7–11 АГРОПРОДМАШ-2013
18-я международная выставка. Оборудование, машины и ингредиенты для пищевой и перерабатывающей промышленности
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
 Орг.: ЗАО «Экспоцентр»
 Тел.: +7 (499) 795-37-35, факс: +7 (495) 609-41-68
www.agroprod mash-expo.ru
apm@expocentr.ru

29.10–01.11 PCVEXPO
12-я международная выставка. Насосы. Компрессоры. Арматура. Приводы и двигатели
Москва, МВЦ «Крокус Экспо»
 Орг.: МВК (в составе группы компаний ITE)
 Тел.: +7 (495) 935-8100
www.pcvexpo.ru
info@mvk.ru

Ноябрь

13–15 ПЕТЕРФУД 2013
Международная продовольственная выставка
Санкт-Петербург, ВЦ «Ленэкспо»
 Орг.: КВК «Империум»
 Тел./факс: +7 (812) 327-49-18
www.peterfood.imperiaforum.ru/
imperia@imperiaforum.ru

27–29 КРИОГЕН-ЭКСПО-2013
12-я международная специализированная выставка
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
 Орг.: ООО «ВК «Мир-Экспо»
 Тел.: +7 (499) 618-05-65, факс: +7 (499) 618-36-83
www.cryogen-expo.ru
info@cryogen-expo.ru