

УДК 536.244

# Оценка эффективности теплоотдачи оребренных труб, изготовленных методом деформирующего резания

В.Ю.ПУТИЛИН  
ОАО «Машиностроительный завод»,  
г. Электросталь (Московская обл.)

---

***Result of experimental investigation of heat transfer in the range of Re-number = 500...5000 and aerodynamic resistance in the range of Re-number = (1...8) · 10³ of single tubes with spiral cooper fins made by deforming cutting with step of fins are 0,2...1,25 mm used in air cooling apparatuses in the range of Re-number = (1...8) · 10³ are presented. The experimental data are generalized criterion equations. The checking efficiency is presented in the range of Re-number = (1...5) · 10³.***

---

Теплообменные аппараты систем отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха работают при низких температурных напорах и обдуваются воздухом при малых скоростях, что обуславливает невысокую плотность теплового потока, увеличить которую согласно [1] можно путем уменьшения линейного размера поверхности теплообмена и дальнейшего увеличения коэффициента оребрения.

В настоящее время все шире применяются теплообменные аппараты с оребренными трубами, изготовленными методом деформирующего резания. Это сравнительно новый метод механической обработки, сочетающий процесс частичного срезания припуска и целенаправленного пластического деформирования подрезанного поверхностного слоя. Образующаяся при де-

формирующим резанием стружка не отделяется полностью от заготовки, сохраняя связь с ней по узкой стороне, поэтому у изготовленных этим способом оребренных труб ребра монолитно соединены с основанием и у них отсутствует термическое контактное сопротивление. С помощью деформирующего резания [3] можно довести коэффициент оребрения до 14, при этом возможный минимальный шаг оребрения равен 0,15 мм, межреберное расстояние – 0,02 мм. Изготовленные методом деформирующего резания трубы технологичны и дешевы, однако в литературе отсутствуют их теплоаэродинамические характеристики. В связи с этим исследовали теплоаэродинамические характеристики оребренных труб с малыми шагами оребрения для скоростей, характерных для описанных выше систем, и проведена оценка эффективности их теплоотдачи.

Испытывали медные трубы с ребрами, изготовленные методом деформирующего резания. Тип ребер – спиральный цилиндрический, профиль – прямоугольный. Геометрические параметры оребрения исследуемых оребренных труб приведены в таблице.

В результате обработки экспериментальных данных получены обобщающие зависимости:

конвективной теплоотдачи

$$\text{Nu}_D = 0,061 \text{Re}_D^{0,783} \left( \frac{s_p}{d} \right)^{0,31}; \quad (1)$$

приведенной теплоотдачи

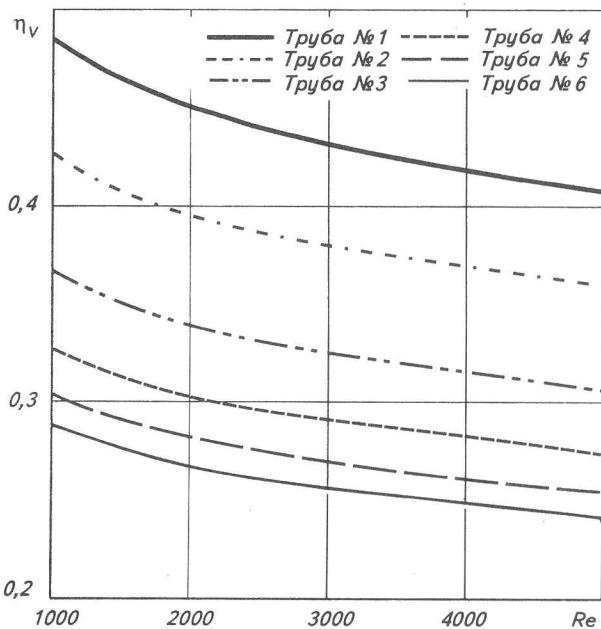


Рис. 1. Оценка эффективности теплоотдачи оребренных труб по занимаемым конструктивным объемам (компактности)

$$\psi_D \text{Nu}_{np} = \psi_D 0,081 \text{Re}_D^{0,701} \left( \frac{s_p}{d} \right)^{0,31}; \quad (2)$$

сопротивления

$$\zeta = 1,085 \text{Re}_D^{0,086} \left( \frac{\delta}{d} \right)^{0,103}. \quad (3)$$

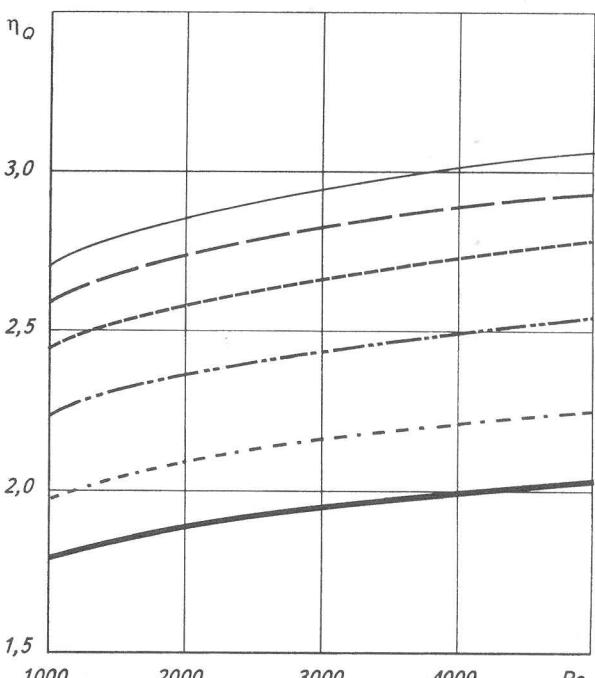


Рис. 2. Оценка эффективности теплоотдачи по тепловым нагрузкам (обозначения те же, что и на рис. 1)

Показатель	Номера труб					
	1	2	3	4	5	6
Коэффициент развития поверхности $\Psi$	11,46	11,7	12,22	12,94	13,75	14,67
Коэффициент развития поверхности $\Psi_D$ относительно $D$	10,58	10,38	10	9,57	9,17	8,8
Шаг оребрения $s_p$ , мм	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,25
Высота ребра $h_p$ , мм	1	1,5	2,5	3,75	5	6,25
Межреберное расстояние $\delta$ , мм	0,1	0,15	0,25	0,375	0,5	0,625
Внутренний диаметр оребрения $d$ , мм	24	23,5	22,5	21,25	20	18,75
Наружный диаметр оребрения $D$ , мм	26	26,5	27,5	28,75	30	31,25

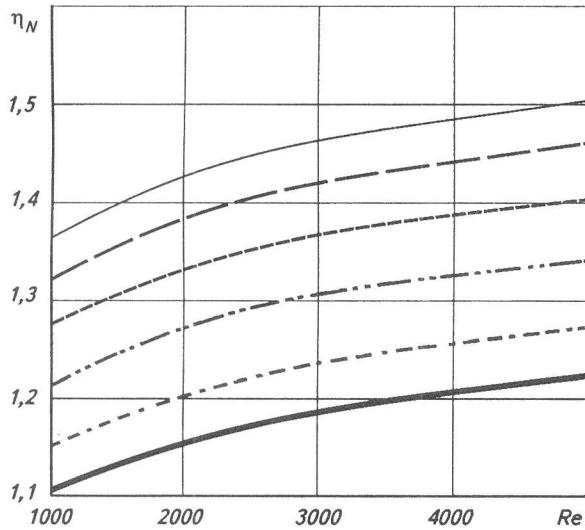


Рис. 3. Оценка эффективности теплоотдачи по потерям давления воздуха (обозначения те же, что и на рис. 1)

Эффективность теплоотдачи оребренных труб оценивали по занимаемым конструктивным объемам (компактности), тепловым нагрузкам и потерям давления воздуха при прочих равных условиях (рис. 1, 2, 3). Для гладкой трубы использовали данные [4].

Эффективность теплоотдачи по занимаемым конструктивным объемам (компактности) оценивали, используя данные Г.А.Дрейцера [2]:

$$\eta_V = \frac{V}{V_{\text{гл}}} = \frac{\left( \frac{\zeta}{\zeta_{\text{гл}}} \right)^{\frac{n_{\text{тв}}}{3-n_{\text{тв}}+n_{\text{тв}}}}}{\left( \frac{\psi_D \text{Nu}_{\text{пп}}}{\text{Nu}_{\text{гл}}} \right)^{\frac{3+n_{\text{тв}}}{3-n_{\text{тв}}+n_{\text{тв}}}}}, \quad (4)$$

Оценку эффективности теплоотдачи по тепловым нагрузкам проводили согласно данным В.Ф.Юдина [6]:

$$\eta_Q = \frac{\psi_D C}{C_{\text{гл}}} \left( \frac{C_{\text{гл}}}{C_1} \right)^{\frac{n}{n_1+3}} \text{Re}^{\frac{n_{\text{тв}}+3}{n_1+3} n - n_{\text{тв}}}. \quad (5)$$

Эффективность теплоотдачи по потерям давления воздуха оценивали по вновь разработанной методике, являющейся развитием методики В.М.Легкого [5]:

$$\eta_N = \frac{C_1 C_{\text{гл}} w^{n_{\text{тв}}-n+n_1-n_{\text{тв}}}}{C_{\text{тв}} C \psi_D} \times \frac{1 + \frac{F_0 \psi_D \lambda / D \text{Re}^n}{2w F_{\text{кан}} \rho_{\text{вх}} c_{\text{пв}}}}{1 + \frac{F_0 C_{\text{гл}} \lambda / D \text{Re}^{n_{\text{тв}}}}{2w F_{\text{кан}} \rho_{\text{вх}} c_{\text{пв}}}}, \quad (6)$$

где  $C$  и  $C_1$  – коэффициенты уравнений теплоотдачи и сопротивления соответственно;

$\lambda$  – теплопроводность воздуха;

$F_0 = \pi D L$  – площадь огибающей трубы поверхности;

$F_{\text{кан}}$  – площадь канала;

$w$  – скорость набегающего потока воздуха;

$\rho_{\text{вх}}$  – плотность воздуха на входе.

В результате обработки данных экспериментальных исследований оребренных труб, изготовленных методом деформирующего резания с шагами оребрения 0,2 – 1,25 мм при поперечном обдуве воздухом со скоростью до 5 м/с, получены обобщающие зависимости (1) – (3).

Сравнительная оценка эффективности теплоотдачи исследованных оребренных и гладких труб показала, что при прочих равных условиях оребренные трубы имеют преимущества по компактности ( $\eta_V$  в 1,9 – 4,1 раза больше и возрастает при увеличении  $Re$  и  $s_p$ ), а также по тепловым нагрузкам ( $\eta_Q$  в 1,7 – 3,1 раза выше и увеличивается при росте  $Re$  и  $s_p$ ); однако имеют большие потери давления ( $\eta_N$  в 1,1 – 1,5 раза выше и уменьшается при росте  $Re$  и  $s_p$ ).

### Список литературы

1. Антуфьев В.М. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева. – М.; Л.: Энергия, 1966.
2. Дрейцер Г.А. Проблема создания компактных трубчатых теплообменных аппаратов // Теплоэнергетика. 1995. № 3.
3. Зубков Н.Н. Разработка и исследование метода деформирующего резания как способа формообразования развитых микрорельефов: Автореф. докт. дис. – М., 2001.
4. Кутателадзе С.С., Борицанский В.М. Справочник по теплопередаче. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959.
5. Легкий В.М. Методика расчета оптимальной системы принудительного охлаждения приборов СВЧ // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1969. № 7.
6. Юдин В.Ф. Методика сравнительной оценки конвективных поверхностей нагрева // Энергомашиностроение. 1969. № 5.