

УДК 621.577

Студ. М.Э.Бобер

Науч. рук., проф. В.Б. Кунтыш

(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

ВЫБОР ОБОБЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ ПОДОБИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛООТДАЧИ НИЗКОРЕБРИСТЫХ ТРУБ

Низкорребристые трубы с круглыми ребрами и монолитным соединением их с несущей трубой применяются в теплообменных устройствах холодильной техники различных теплотехнологических установках химической промышленности, а также в энергетических силовых установках, в частности сепараторах параперегревателей.

Однако, до настоящего времени отсутствуют проверенные обобщенные уравнения для расчета конвективной теплоотдачи в них. Приходится пользоваться частными уравнениями подобий, что затрудняет выполнение вариантных расчетов в случае оптимизации параметров ребер.

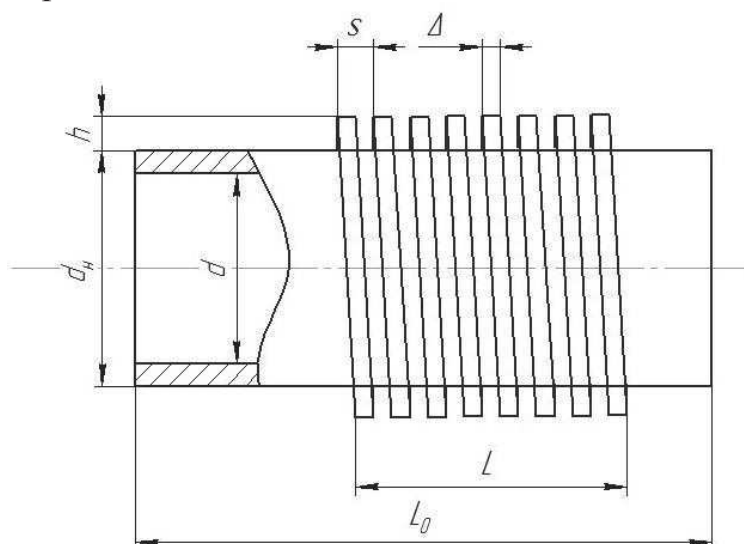


Рисунок 1 – Конструкция низкорребристой трубы

К низкорребристым трубам относятся трубы, у которых отношение высоты ребра к шагу ребра меньше либо равно двум.

$$\frac{h}{s} \leq 1,8 \div 2$$

Обобщенное уравнение подобия АЛТИ – АГТУ

$$Nu_s = 0,132 \cdot C_z C_\gamma C_\psi \left(\frac{S_1 - d_0}{S'_2 - d_0} \right)^m \left(\frac{d_0}{s} \right)^{-0,54} \left(\frac{h}{s} \right)^{-0,14} Re_s^{0,73}, \quad (1)$$

где: $S'_2 = \sqrt{(0,5S_1)^2 + S_2^2}$ - диагональный шаг труб; $m=0,53-0,019\varphi$ - показатель степени; $Nu = \alpha_{\kappa} s / \lambda$ - число Нуссельта; $Re = ws / \nu$ - число Рейнольдса; w - скорость газа в наименьшем сжатом проходном сечении шахматного пучка, которым может быть поперечным или диагональным в зависимости от значений шагов S_1 и S_2 , м/с; s - шаг ребра; d_0 - диаметр трубы по основанию ребра.

Уравнение действительно в интервале изменения $Re=160\div 66000$; $d_0/s=2,88\div 16,1$; $h/s=0,4\div 6,4$; $S_1-d_0/(S_2'-d_0)=0,46\div 2,61$; $\varphi=5\div 22$.

Уравнение Шмидта

$$Nu_{d_0} = 0,45 Re^{0,625} Pr^{0,33} \varphi^{-0,375} . \quad (2)$$

Полагаем число Прандтля равным $Pr=0,7$, тогда формула (2) принимает вид

$$Nu_{d_0} = 0,4 Re^{0,625} \varphi^{-0,375} . \quad (3)$$

Уравнение действительно в интервале изменения $Re=2000\div 60000$; $\varphi=5\div 12$.

Уравнение КПИ-НТУУ

$$Nu_{d_0} = 1,13 Re_{d_0}^p Pr^{0,33} C_s . \quad (4)$$

Эту формулу можно использовать в области значений $Re=5000\div 200000$; $\varphi=1,2\div 39$; $a=1,7\div 6,5$; $b=1,3\div 9,5$; $a/b=0,3\div 5,2$.

Уравнение ЦКТИ

$$Nu_s = 0,23 C_s \left(\frac{S_1 - d_0}{S_2' - d_0} \right)^{0,2} \left(\frac{d_0}{s} \right)^{-0,54} \left(\frac{h}{s} \right)^{-0,14} Re_s^{0,65} . \quad (5)$$

Уравнение действительно в интервале изменения $Re_s=300\div 22500$; $d_0/s=2,4\div 9,5$; $h/s=0,36\div 5$.

Уравнение ЦКТИ (В.Ф.Юдина)

$$Nu = 0,36 \varphi^{-0,5} Re_l^n Pr^{0,33} C_s , \quad (6)$$

где: $C_s = \left[\frac{a-1}{b'-1} \right]^{0,1}$ - коэффициент формы пучка $1-(F_{тр} / F_{\pi})d+(F_p / F_{\pi}) [0,785(d^2 - d_0^2)]^{0,5}$, d -наружный диаметр ребра, F_{π} - полная наружная поверхность трубы; F_p - поверхность ребер трубы; $F_{тр}$ - неоребрённая поверхность трубы. $a= S_1 / d$ - относительный поперечный шаг пучка; $b' = S_2' / d$ - относительный диагональный шаг пучка.

Пределы применения уравнения $l=0,012\div 0,178m$; $[(a-1)/(b'-1)]=0,46\div 2,2$; $\varphi=1\div 21,2$; $Re_l=5000\div 370000$.

Таблица 1 – Геометрические параметры шахматных пучков из низко-ребристых труб

Номер пучка	Параметры ребра и пучка, мм						φ	h/s
	S ₁	S ₂	d	h	Δ ₂	Δ		
I	37,5	29,9	33,0	3,57	0,8	0,84	4,24	1,38
II	42,0	33,5	37,0	5,56	0,7	0,80	6,38	2,15

Результаты расчета по обобщенным уравнениям и частным экспериментальным уравнениям $Nu=f(Re)$ приведены в таблице 2 .

$$\delta\alpha_{\kappa} = \frac{\alpha_{\kappa}^o - \alpha_{\kappa}^p}{\alpha_{\kappa}^o} \cdot 100\%$$

Таблица 2 – Результаты расчетов

	w ₁ =4,16 м/с	w ₂ =20,8м/с	
Пучок 1	-29,8%	-18,5%	По уравнению (1)
	-65%	-26,9%	По уравнению (2)
Пучок 2	-20,1%	8,86%	По уравнению (1)
	-41,4%	-9%	По уравнению (2)

Знак минус указывает на то что расчетный коэффициент теплоотдачи больше опытного.

Вывод: Последующая работа будет направлена на расчет теплоотдачи пучков 1 и 2 по остальным обобщенным уравнениям и привлечении новых опытных данных для иных геометрических параметров ребристых труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунтыш В.Б. Примеры расчетов нестандартизованных эффективных теплообменников. / В.Б. Кунтыш, А.Н. Бессонный – СПб.: Недра, 2000-300с.
2. Кунтыш В.Б., Сухоцкий А.Б. Пиир А.Э. Конвективная теплоотдача шахматных пучков труб с различной высотой спирального алюминиевого ребра в поперечном потоке воздуха. /Весці нацыянальнай акадэміі навукі беларусі №3 Минск -.2012
3. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечно-оребрённых труб. СПб., 1982.