**СОСТАВЛЕНИЕ ЕДИНЫХ ФОРМУЛ ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКАХ ТРУБ В ИНТЕВАЛЕ ВЫСОКИХ ЧИСЕЛ РЕЙНОЛЬДСА**

Сугиров Д.У.

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова

*Аннотация.* В статье приводятся результаты экспериментальных исследований теплообмена и аэродинамических сопротивлений пучков труб в интервале высоких чисел Рейнольдса, позволяющие решать задачи нахождения обобщающих зависимостей для расчета теплообмена и аэродинамических сопротивлений, при установки различных турбулизаторов в газоходах установок, при различной скорости теплоносителя.

*Ключевые слова*: конвективный теплообмен, аэродинамические сопротивления, пучки гладких труб, число Рейнольдса

В интервале высоких чисел Re исследователи при обобщении данных по теплоотдаче предложили следующие зависимости /1, 2/:

а) для коридорных пучков

Nu = 0,020 Re 0,84 Pr(Pr/ Pr);

б) для шахматных пучков

Nu = 0,021 Re 0,84 Pr(Pr/ Pr);

Оказалось, что показатель степени “m” при числе Re (табл. 1) более зависит от шаговых характеристик пучка, чем при смешанном обтекании. При смешанном обтекании, как видно из табл. 1 показатель степени “m” равен 0,6 для шахматного, и 0,5 ÷ 0,65 - для коридорного.

Таблица 1

Изменение показателя степени “m” при числе Re в области высоких чисел, полученная в различных исследованиях

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Авторы | тепло-носи-тель | вид пучка | σ × σ | Зона числа  Re | m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Стасилявичус,  Самошка  / 3-5 / | воздух  воздух | шахмат-ный  коридор-ный | 2,48 × 1,28  1,47 × 1,04  1,26 × 0,96  1,58 × 1,37  1,6 × 1,7  1,68 × 2,26  1,89 × 1,25 | 1,6 ⋅ 10 5  2,6 ⋅ 10 5  1,9 ⋅ 10 5  1,2 ⋅ 10 5  9 ⋅ 10 4  1,25 ⋅ 10 5  1,4 ⋅ 10 5 | 0,93  0,79  0,8  0,84  0,76  0,92  0,89 |
| 2 | Ляпин  /6 / | воздух | шахматн.коридор. | 1,28 × 1,50  1,28 × 1,50 | (1,3 ÷5) ⋅ 10 5  (1,1 ÷5) ⋅ 10 5 | 0,97  0,79 |
| 3 | Двайер и др.  / 7 / | вода | шахмат. | 1,58 × 1,37 | (0,8 ÷12) ⋅ 10 5 | 0,8 |
| 4 | Жукаускас,  Марцинаускас,  Улинскас.  / 8 / | вода | шахмат.  коридор.  коридор. | 2,0 × 2,0  1,2 × 1,09  2,0 × 2,0 | (5 ÷10) ⋅ 10 5  (2,5 ÷10) ⋅ 10 5  (2,0 ÷10) ⋅ 10 5 | 0,8  0,7  0,92 |
| 5 | Пошкас,  Сурвила,  Жукаускас  /9, 10 / | воздух | шахматн.шахматн.коридор. | 1,25 × 1,25  1,50 × 1,50  1,25 × 1,25 | (2,4 ÷30) ⋅ 10 5  (2,0 ÷14) ⋅ 10 5  (2,0 ÷25) ⋅ 10 5 | 0,8  0,8  0,74 |
| 6 | Гамека и др.  / 11 / | воздух  СО2 | шахматн  шахматн | 2,06 × 1,38  2,06 × 1,38 | (2,2 ÷20) ⋅ 10 5  (2,0 ÷20) ⋅ 10 5 | 0,96  0,82 |
| 7 | Швегджа  /12,13 / | вода  вода  вода | шахматн.  коридор.  коридорн. | 1,25 × 1,25 1,25 × 1,25 1,2 × 1,2 | 2 ⋅ (10 5 ÷ 106)  2 ⋅ (10 5 ÷ 106)  2 ⋅ (10 5 ÷ 106) | 0,85  0,82  0,83 |

Из таблицы 1 видно, что показатель “m” колеблется в пределах 0,7 до 0,96. На графике Nu – Re это приведет к резкому возрастанию теплоотдачи с ростом Re, т.е. можно интенсифицировать теплообмен за счет увеличения скорости набегающего потока. Но на практике часто оказывается, наиболее оптимальным является теплообменник способный передать заданный тепловой поток при наименьших затратах на передвижение теплоносителя. Также увеличению скорости уходящих газов в современных котельных агрегатах, сжигающих низкосортные угли, препятствует сильный золевой износ теплообменных поверхностей.

Как утверждают авторы /14, 15/ коэффициент золового износа находиться в зависимости от скорости в третьей степени:

К изн = ƒ ( W газ ) 3 ;

В большинстве исследований теплоотдача пучка изучается совместно с аэродинамическим сопротивлением, т. к. выбор рациональной поверхности нагрева предопределяет совместное решение этого вопроса.

Аэродинамическое сопротивление пучка зависит от скорости и физических свойств омывающего потока, конфигурации пучка и его рядности, т.е. в безразмерном виде:

Eu = ƒ ( Re ; σ; σ; z);

Доказано, что сопротивление пучка в основном определяется сопротивлением формы, а сопротивление трения составляет несколько процентов от общего сопротивления /10/. Как правило, измеряется полное сопротивление пучка, которое относиться к одному ряду пучка или к десяти рядам и обобщается критериальной зависимостью:

*Eu = k ⋅ Re q ⋅ Х*

Где *Х =z2 + 1* - коэффициент, зависящий от количества рядов в пучке.

Замечено, что с уменьшением числа рядов в пучке потери давления, отнесенные к одному ряду, увеличиваются.

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. Кошелев Г.Н. Выбор характерного линейного размера при обобщении опытных данных по теплоотдачи пучков труб в потоке газа. // Энергомашиностроение, 1967, №2, с.20-23.
2. Кузнецов Н.В. Теплоотдача и сопротивление в поперечно омываемых пучках труб при различной их компоновке. // Изв. АН ССР, 1937, №5, с.26-31
3. Самошка В.К. Повышение эффективности современных теплообменников.-Л.:Энергия, 1980.-141с.
4. Кейс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники.-М., Госэнергоиздат, 1962, 260с.
5. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках.-М.:Энергия, 1986.-с. 472
6. Стасилявичюс Ю.Ж., Самошка П.С. Теплоотдача гладкотрубных шахматных пучков в поперечном потоке воздуха при больших Re – труды АН ЛитССР, сер. Б., 1963, Т.4(35),с.120-126.
7. Самошко П.С., Стасюлевичус Ю.Ж. Теплофизические исследования плотно упакованных гладкотрубных шахматных пучков в поперечном потоке воздуха при Re до 2⋅106 // Труды АН Лит.ССР, Сер.Б.,1965, т.3(42) , с.111-115.
8. Самошко П.С., Стасюлевичус Ю.Ж. Теплофизические исследования коридорных пучков при больших числах Re газового потока // Теплоэнергетика. 1956.- № 9.- с. 49-53.
9. Ляпин М.Ф. Теплоотдача и сопротивление гладкотрубных пучков при больших числах Re газового потока // Теплоэнергетика, №9, 1956, с.49-53.
10. DBYER O.R., SSCHEEMAN T.V., WEISMAN I., HORN P.L., SHOMER R, T. GROSS – Flow water thround a Tube bank at Raynolds Numbera up to a Nilion at und chem. 1958. Vol.48.№10
11. Жукаускас А.А., Маруинаускас К.Ф., Улинскас Р.В. Влияние геометрических характеристик на теплоотдачу труб в области критических чисел (Re) Рейнольдса // Сб. научн. тр. Механика.-Каунас, 1974.-с. 26-31
12. Пошкас П.С., Сурвила В.Ю., Жукаускас А.А. Местная теплоотдача трубы в поперечно обтекаемом потоком воздуха сжатых шахматных пучках при больших Re – Труды АН Лит.ССР, сер.Б,1977,т.1 (98).
13. Жукаускас А.А., Сурвила И.Ю., Пошкас П.С. Местная теплоотдача трубы в поперечно обтекаемых потоком воздуха стальных шахматных пучках при больших числах (Re) Рейнольдса // Труды АН Лит.ССР, сер.Б. 1977.- т.4 (10).-с. 26-31
14. HAMESKE K., HEINESKE F., SCHOLDS F., Warnedbergende und Druckverlustmeseungen an Guerangeat ronde – Iun I of Heat and Mass Tranafer. 1967. Ba10, №4
15. Швегзида А., Улинкас Р., Жукаускас А. Исследование теплоотдачи и сопротивления поперечно обтекаемых пучков труб в области больших (Re) Рейнольдсах: Сб. научн. тр. «Механика-4», Материалы Литовской РНТК.- Каунас, 1973.- с. 36-41.

© Д.У.Сугиров, 2019.