**Методические указания по выполнению практических работ по**

**дисциплине «Процессы и аппараты нефтегазопереработки».**

**Практическая работа № 2.6**

**Тема:** Конвективный теплообмен при поперечном обтекании пучка труб.

**Практическая работа № 2.6**

**Тема: Конвективный теплообмен при поперечном обтекании пучка труб.**

Подобные геометрические системы широко используются при эксплуатации теплообменных аппаратов и в котлоагрегатах.

При натекании потока на одиночную трубу коэффициент теплоотдачи по ее периметру распределяется крайне неравномерно и его максимальное значение может отличаться от минимального в 4-5 раз.

При наличии пучка труб процесс теплоотдачи еще сильнее усложняется. Пучки труб можно расположить по-разному. Наиболее часто встречаются коридорное и шахматное размещение труб в пучке. В первом случае трубы в каждом ряду располагаются строго друг за другом с определенным интервалом между осями. Во втором случае параллельные ряды труб сдвинуты относительно друг друга на половину расстояния между осями труб в каждом ряду.

Различная геометрия пучков вызывает различную степень турбулизации потока газов, идущих между трубами. Ниже приводятся данные М.А.Михеева по расчету конвективного теплообмена для пучков труб различной геометрии.

**Частные критериальные уравнения для пучков труб**

Экспериментальные исследования конвективного теплообмена в пучках труб позволили на основе обобщения данных вывести критериальные уравнения для различных геометрических систем в зависимости от режима течения потока между трубами: при коридорном расположении труб в пучке

𝑁𝑢=0,23∙𝑅𝑒0,65∙𝑃𝑟0,33∙(𝑃𝑟/𝑃𝑟ст)0,25;

при шахматном расположении труб в пучке

𝑁𝑢=0,41∙𝑅𝑒0,6∙𝑃𝑟0,33∙(𝑃𝑟/𝑃𝑟ст)0,25;

В этих формулах в качестве определяющей температуры принята средняя температура потока, в качестве определяющей скорости - скорость в самом узком сечении ряда, в качестве определяющего размера - диаметр трубки. При такой обработке данных исследований теплоотдача практически не зависит от относительного расстояния между трубами, как по ширине, так и по глубине пучка. Приведенные формулы справедливы для любых жидкостей и газов в широком диапазоне чисел Рейнольдса (Re = 2\*102 ... 2\*105).

Для воздуха формулы могут быть упрощены: при коридорном расположении труб в пучке

𝑁𝑢=0,21∙𝑅𝑒0,65;

при шахматном расположении труб в пучке

𝑁𝑢=0,37∙𝑅𝑒0,6.

Приведенные формулы позволяют определять средние значения коэффициентов теплоотдачи при натекании потока под углом 90° к осям труб, расположенных в пучке. Если поток натекает под некоторым углом φ к оси трубы, то необходимо вводить поправочный коэффициент εφ, значения которого приведены в табл. 2.

При этом расчетная формула для αφ, Вт/(м2\*К), имеет вид

𝛂𝛗=𝛂𝟗𝟎∙𝛆𝛗.

**Задача № 1**

Определить коэффициент конвективного теплообмена при поперечном обтекании потоком воздуха шахматного и коридорного пучка труб. Средняя действительная скорость потока составляет W = 2 м/с, температура потока tB = 150 °С, диаметр трубы d = 0,057 м.

Решение

Таблица № 1



Таблица № 2



Используя данные табл. 1., рассчитаем число Re для потока:

𝑅𝑒=𝑊∙𝑑/𝜈=2∙0,057/(28,99∙10−6)=3932.

Для коридорного пучка труб по формуле (3.5):

𝑁𝑢=0,21∙𝑅𝑒0,65=0,21∙39320,65=45,6,

откуда коэффициент теплоотдачи конвекцией составит

𝛼=𝑁𝑢∙𝜆/𝑑=45,6∙3,57∙10−2/0,057=28,6 Вт/(м2∙К).

Для шахматного пучка труб по формуле

𝑁𝑢=0,37∙𝑅𝑒0,6=0,37∙39320,6=53,1.

Тогда коэффициент теплоотдачи составит

𝛼=𝑁𝑢∙𝜆/𝑑=53,1∙3,57∙10−2/0,057=33,2 Вт/(м2∙К).

Из расчета видно, что в данных условиях коэффициент теплоотдачи конвекцией при обтекании потоком шахматного пучка труб на 16% больше, чем при обтекании коридорного пучка.

Если же тот же самый поток направить под углом 40° к оси шахматного пучка труб, то коэффициент теплоотдачи по формуле и с учетом данных табл. 2 составит

𝛂𝛗=𝛂𝟗𝟎∙𝛆𝛗.

𝛂𝛗=𝟑𝟑,𝟐∙𝟎,𝟕𝟖=𝟐𝟓,𝟗 Вт/(м2∙К).

т.е. на 22% ниже, чем при угле атаки 90°.

Таблица № 3

