

В. И. Косенков, И. В. Сынков, А.Л. Ефимов

Московский энергетический институт (технический университет), Россия

ВЛИЯНИЕ ВХОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование теплообмена в воздухоподогревателях, применяемых в установках центральных кондиционеров (ЦК), в условиях максимально приближенном к реальному. Проведено сравнение опытных значений коэффициентов теплоотдачи к воздуху с рассчитанными с использованием программы фирмы-производителя. Определены факторы, влияющие на теплообмен. Сделана оценка влияния на процесс начальной степени турбулентности воздушного потока с учетом особенностей геометрии устройств, вносящих в поток возмущение и расположенных перед теплообменником.

1. ВВЕДЕНИЕ

Интенсивность теплообмена зависит от типа теплообменной поверхности, схемы течения теплоносителей, равномерности поля скоростей, начальной степени турбулентности потока. Оборудование, расположенное до исследуемого аппарата, влияет на формирование полей скоростей и температур, что в свою очередь сказывается на интенсивности теплообмена и аэродинамическом сопротивлении. Перечень такого оборудования в ЦК достаточно ограничен. Поэтому задача систематизации и определения степени его влияния вполне разрешима.

В данной области эмпирический подход предпочтительнее численного эксперимента или математического моделирования, поскольку течение в каналах исследованных теплообменников носит сложный трехмерный отрывной характер.

2. ИССЛЕДУЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ ТЕПЛОБМЕННИКОВ И ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Шахматный пучок трубок со сплошными пластинчатыми гофрированными ребрами является одним из наиболее распространенных типов поверхности теплообмена для воздухоподогревателей ЦК. Исследованные аппараты имели следующие геометрические параметры поверхности теплообмена: амплитуда гофров оребрения 1,2 мм, наружный диаметр трубок 10 мм, поперечный шаг пучка 25 мм, продольный – 22 мм. В эксперименте были использованы одно- и двухрядные теплообменники, поскольку влияние начальных условий на теплообмен наиболее существенно в аппаратах с малой рядностью.

Эксперименты проводились на установке кафедры ТМПУ (МЭИ) при условиях, максимально приближенном к реальным и характерным для ЦК. Ус-

тановка представляет собой серийно выпускаемый центральный кондиционер фирмы «ВЕЗА» КЦКП–3,15, специальным образом спроектированная и приспособленная для исследования характеристик теплообменного оборудования.

Для создания различных аэродинамических условий перед исследуемым теплообменником устанавливались устройства четырех типов для турбулизации и выравнивания потока воздуха: направляющие лопатки, каплеуловитель, многослойная сетка (до трех слоев) с размером ячейки 0,5 мм, шибер – перегородка, закрывающая половину проходного сечения канала установки. Все устройства, кроме направляющих лопаток, располагались на расстоянии 0,5 метра перед теплообменниками. Направляющие лопатки – за 1,5 метра до теплообменника.

Исследование проводилось методом полного теплового моделирования, в качестве второго теплоносителя применялась вода.

3. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

При обработке опытных данных были использованы уравнение теплопередачи

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t, \quad (1)$$

и формула для коэффициента теплопередачи через оребренную стенку [1]

$$K = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{\alpha_i \eta_{oi}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \sum_i R_i \frac{F_{стi}}{F}}, \quad (2)$$

совместное решение которых позволило вычислить коэффициенты теплоотдачи от стенки к воздуху по полученным опытным данным. Коэффициенты теплоотдачи от воды к стенке рассчитывались по известным формулам для вынужденного течения в трубах.

В безразмерных числах Re и Nu в качестве определяющих использована скорость воздуха в узком сечении поверхности теплообмена, характерный размер – длина обтекания периода межреберного канала оребренного пучка труб [2].

В табл. 1 приведены степени турбулентности воздушных потоков до и после теплообменников с указанием типов устройств, влияющих на распределение скоростей до аппарата. Значения турбулентности потока воздуха после теплообменника позво-

Таблица 1. Аэродинамические особенности условий проведения экспериментов

№ эксперимента	Теплообменник	Вид устройства для формирования воздушного потока	Степень турбулентности перед теплообменником, %	Степень турбулентности после теплообменника, %	Скорость воздуха во фронтальном сечении, м/с	Скорость воздуха в узком сечении, м/с
1	2 ряда	Напр. лопатки	6,8	1,1	3,29	5,98
2	2 ряда	Напр. лопатки	4,7	1,8	3,34	6,08
3	2 ряда	Напр. лопатки	18	0,75	1,59	2,89
4	2 ряда	Шибер	5,7	0,86	2,85	5,19
5	2 ряда	Сетка	0,28	1,2	2,10	3,82
6	2 ряда	Сетка	2,4	0,63	3,00	5,47
7	2 ряда	Сетка	1,1	0,64	2,97	5,41
8	2 ряда	Сетка	1,1	0,64	2,97	5,41
9	2 ряда	Сетка	0,25	2,2	2,05	3,74
10	1 ряд	Напр. лопатки	8,2	2,6	3,16	5,74
11	1 ряд	Напр. лопатки	8,5	4,6	2,24	4,07
12	1 ряд	Куплеуловитель	2	2,6	3,16	5,75
13	1 ряд	Куплеуловитель	1,5	01,8	2,24	4,08
14	1 ряд	Сетка	1,2	2,5	2,89	5,25
15	1 ряд	Шибер	10	2,3	2,93	5,33

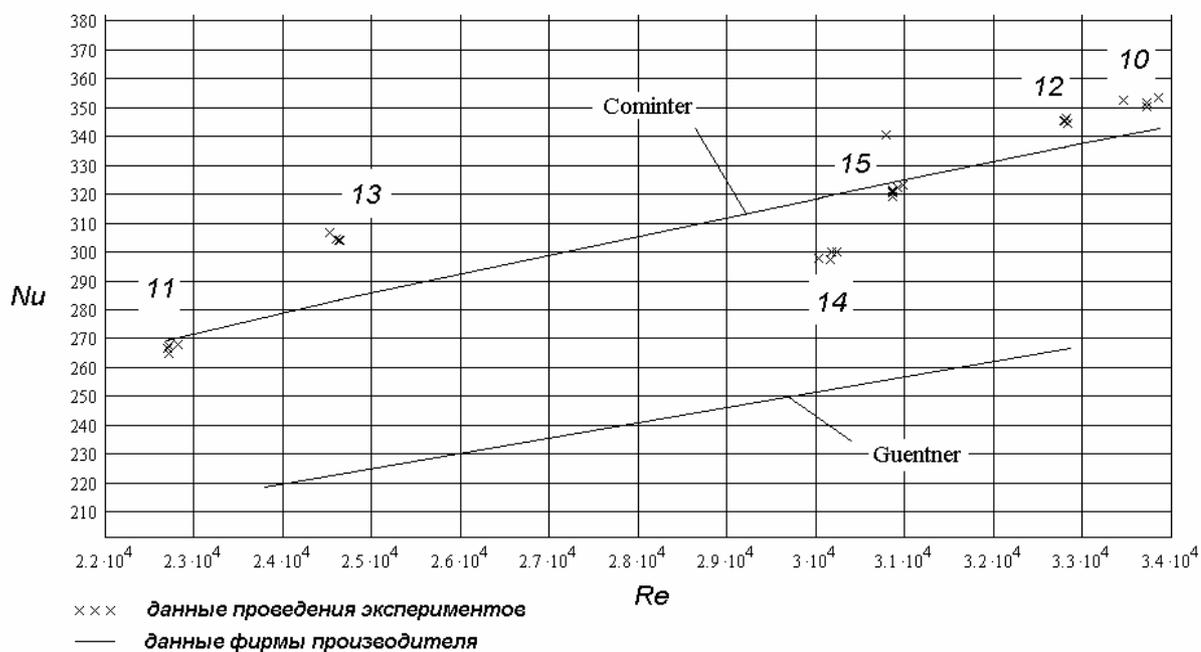


Рис. 1. Результаты обработки данных экспериментов однорядных теплообменников

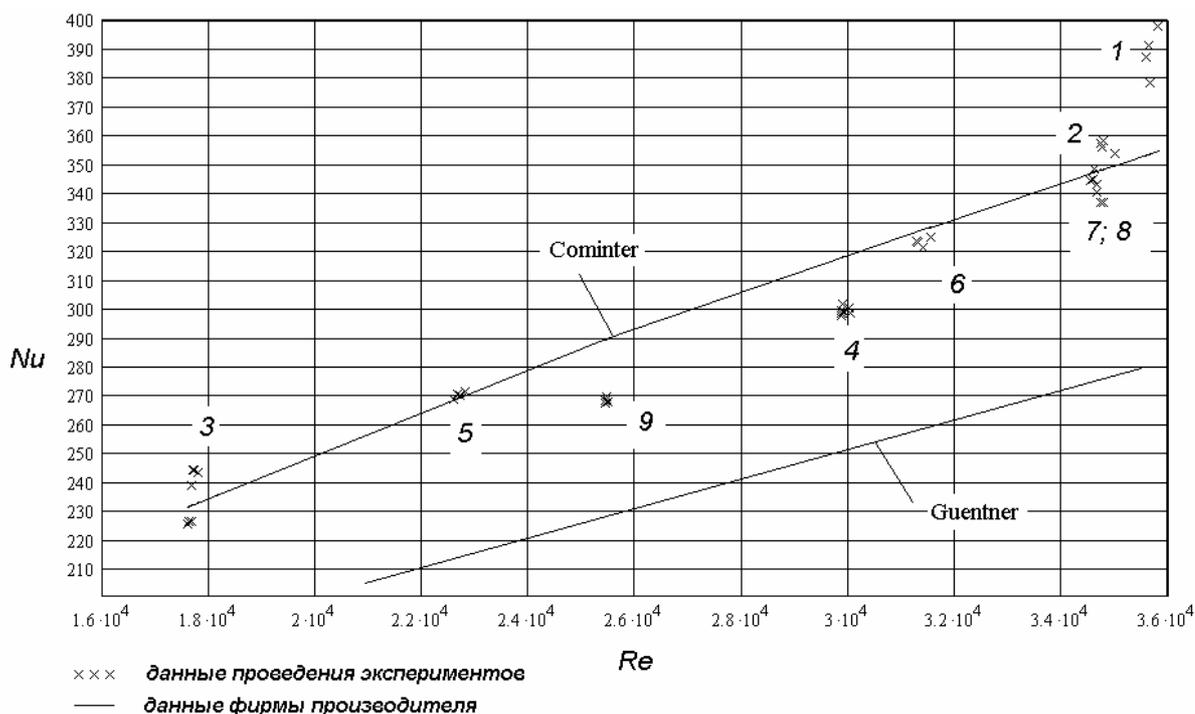


Рис. 2. Результаты обработки данных экспериментов двухрядных теплообменников

ляют судить о воздействии самого теплообменника на поток. Степень турбулентности после однорядного теплообменника выше, чем для двухрядного. Это говорит о том, что формирование потока после первого ряда не завершено и влияние характеристик набегающего потока продолжает сказываться на интенсивности процессов переноса в следующем ряду пучка.

На рис. 1 и 2 представлены результаты обработки экспериментальных данных и расчетов, выполненных по программе фирмы-производителя теплообменников «Cominter» [3]. Из рисунков видно, что на теплообмен влияет не только степень турбулентности, но и тип турбулизирующего устройства.

При изменении степени турбулентности потока перед теплообменниками от 0,25 до 18 % отклонение опытных значений чисел Nu от рассчитанных по программе фирмы «Cominter» составило $\pm 10\%$. Кроме того, видно, что опытные значения для таких устройств, как направляющие лопатки, каплеуловитель из гофрированных пластин, шибера, генерирующие крупномасштабные вихри, расположены в основном выше расчетной кривой. А опытные данные для сетки, порождающей мелкомасштабные и быстро затухающие пульсации – ниже расчетной кривой.

Косвенным подтверждением того, что опытные точки для набегающего потока с пониженным уровнем турбулентности должны располагаться ниже указанной расчетной кривой, служит то, что кривая, рассчитанная по программе фирмы «Guentner», расположена еще ниже. А, по имеющейся ин-

формации, при испытании теплообменников на стенде фирмы «Guentner» были предприняты специальные меры по выравниванию и успокоению набегающего потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало необходимость дальнейшего изучения влияния вида устройств, определяющих степень турбулентности и поле скоростей набегающего потока, на эффективность работы теплообменников.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

K – коэффициент теплопередачи;
 F – площадь теплопередающей поверхности;
 Δt – среднелогарифмический температурный напор;
 ψ – коэффициент оребрения поверхности;
 η – эффективность ребристой поверхности;
 R – термическое сопротивление слоя загрязнения или инея;
 α – коэффициент теплоотдачи воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев В.А. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника (Справочник) М.: Энергоиздат, 1991. 586 с.
2. Расчет тепломассообмена в промышленных установках, системах и сооружениях: учебное пособие / под ред. А.Л. Ефимова. М.: Издательство МЭИ, 2001. 52 с.
3. Программа подбора теплообменников фирмы «Cominter».