**ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПО ТЕПЛООБМЕНУ В КАНАЛАХ, ИССКУСТВЕННО ТУРБУЛИЗИРОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ**

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, позволяющие решать задачи нахождения обобщающих зависимостей для расчета их значений, при установки различных турбулизаторов в газоходах установок, при различной скорости теплоносителя.

*Ключевые слова*: конвективный теплообмен, аэродинамические сопротивления, пучки гладких труб, турбулизаторы.

Создание турбулентных вихрей в каналах можно достигать не только за счет увеличения скорости набегающего потока, ни и искусственной турбулизацией.

На основе изучения опытных данных и частных теоретических решений В.К. Мигая, И.Ф. Новожилова, В.М. Антуфьева и Г.С. Белецкого, Э.К. Калинина, А.Л. Лондона и Р.А. Себана, С.С. Кутателадзе, И.С. Хинце и др. исследователей /1-7/, видно, что применение теплообменников со сложной геометрией теплопередающей поверхности и соответственно имеющих сложный характер течения в каналах делает практически невозможным теоретический расчет теплоотдачи и гидравлического сопротивления.

Объяснения этими авторами механизма интенсификации процессов переноса в каналах различных типов во многом не совпадают и для многих поверхностей практически отсутствуют. Используемые ими на практике эмпирические формулы применимы только для конкретных типов поверхностей в диапазоне исследованных геометрических параметров.

В следствии этого, в настоящее время, в литературе практически отсутствуют инженерные модели, позволяющие на их основе рассчитать теплоаэродинамические параметры каналов с интенсификаторами.

Рассмотрим некоторые работы, где делается попытка подробно описать процессы, происходящие в каналах, искусственно турбулизированных турбулизаторами. Как известно, кинетическая энергия турбулентного пульсационного движения состоит из трех частей:

1. уменьшение энергии в следствии внутренних сопротивлений при движении турбулентных объемов;

2) подвода энергии в возмущающее движение из основного течения;

3) перенос энергии турбулентности в слабо турбулизированные области из сильно турбулизированных областей.

Невозможность точного измерения этих составляющих привело к тому, что многие исследования теплоотдачи в каналах со сложной геометрией сопровождаются измерениями только средних полей скорости и температуры.

Известны работы, проведенные при сложных начальных гидродинамических условиях /8/, при обтекании кромок /29/, уступов /10/, турбулизаторов / 11-12 /. В этих работах дается попытка описания процессов переноса при отрыве динамического пограничного слоя.

В работе /13/ Чжен П.К. дал картину обтекания одиночного цилиндра при различных числах Re. Как видно из рисунка 1 в режимах 1-4 теплоотдача цилиндра в лобовой части выше, чем в кормовой. Турбулизация свободного ламинарного слоя мала и поэтому дополнительный тепло- и массоперенос незначителен.

При дальнейшем увеличении числа Re (режим 5,6) физическая картина обтекания цилиндра качественно меняется. В этом случае точки отрыва смещаются вниз по течению, теплоотдача в кормовой части становится выше, чем в лобовой. Отрывной пограничный слой приобретает ярко выраженный турбулентный характер. Турбулизация способствует интенсивному тепло- и массопереносу, особенно в кормовой части. Этому факту, по-видимому, способствует устремление в места отрыва турбулентных вихрей, которые интенсифицируют отдачу тепла.

В работе /14/ (рис.1) представлена схема течения при сингулярном отрыве за изломом профиля и типичное распределение коэффициента теплоотдачи. Точка присоединения (область присоединения) является своеобразной критической точкой, по обе стороны которой растекается жидкость. Точке присоединения соответствует максимум теплоотдачи и ее можно использовать как «опорную» для оценки теплообмена на сопряженных участках поверхности.

Авторы работы свидетельствуют, что преимущественная генерация турбулентности при таких течениях происходит не в пристенном слое, а в струйном сдвиговом слое между прямым и обратным течением: именно в нем наблюдается резкий всплеск пульсационных характеристик скорости, температуры, давления на эпюрах, построенных по поперечному сечению потока. Течение при отрыве имеет больше общего со струйными течениями, чем с пристенными. Т

|Также по утверждению авторов увеличение Nu вблизи точки отрыва вызвано наличием вторичного вихря: он разрушает образовавшийся пограничный слой, транспортирует к поверхности свежие массы жидкости из основного потока. Оценка теплоотдачи от второго вихря еще более затруднительна, а наблюдалась она не всегда, и поэтому, его влиянием в этой работе пренебрегли.

###### **Картина течения при сингулярном отрыве за изломом профиля**

xR

W

**Рисунок 1**

**Схема экспериментальной установки**

0.3

0,3

b

H

W

**Рисунок 2**

По мере накопления данных о механизме и закономерностях теплообмена в искусственно турбулизированных потоках количество параметров, связанных с турбулентными характеристиками и вводимых в критериальные зависимости, стало увеличиваться. Это вызвано, прежде всего, повышением требований к надежности измерения характеристик турбулентного потока и сделало весьма актуальной разработку методов их направленного изменения.

В работе /14/ рисунок 2 для канала длиной *l =420 мм* и высотой *2s =10; 20; 30 мм*, на поверхности ее нагрева размещалась искусственная шероховатость типа турбулизаторов пограничного слоя. Турбулизаторы представляли собой поперечные к потоку выступы полуцилиндрической формы высотой *h (1 - 4,3 мм*), расположенные на поверхности нагрева через равный интервал *i (54 мм; 81 мм).* Материалом для турбулизатора служила пластмасса АСТТ. Теплообмен в канале обеспечивался в результате электрического обогрева постоянным током стенок канала и охлаждения их потоком воздуха. Здесь в критериях подобия, в качестве определяющего размера, выбиралась длина канала *l*, а за определяющую температуру – среднее арифметическое от суммы локальных температур в потоке и на стенке по длине канала. По результатам исследования, установлено сильное влияние лобового сопротивления турбулизаторов на эффективность поверхности нагрева канала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сугиров Д.У., Сергеев С.М. Исследование теплообмена и аэродинамики пучка из труб разного диаметра //Строительство - формирование среды жизнедеятельности // Материалы второй научно-практической Конференции молодых ученых, аспирантов и докторантов, ч 2.-М., 1999. С.98-99
2. Себан Р. Теплоотдача в турбулентном сорванном потоке воздуха за уступом поверхности пластины. - Тр. Амер. о-ва инж. механиков. Теплопередача, 1964,т. 86,№2, с.154-161.
3. Кталхерман М.Г., Харитонова Я.И. Некоторые вопросы теплообмена в трубах с турбулизаторами – В кн.: Тепло – и массоперенос. Минск, 1972, т.1, ч.1, с.128-131.
4. Берзой С.Е. Исследование теплообмена в условиях кавитирующего турбулизатора: Автореф. дис….. канд. техн. наук. М., 1978. –16с.
5. А.И. Леонтьев, В.И. Ивин, Л.В. Грехов Полуэмперический способ оценки уровня теплообмена за точкой отрыва пограничного слоя- ИФЖ, №3, 1975. -с.543-550.
6. В. Г. Павловский, Ю. М. Дедусенко Теплообмен и гидравлическое сопротивление в коротком плоскопараллельном канале с искусственно шероховатыми стенками. ИФЖ, 1969, т. XYII, №6- с.1098-1101
7. Пядюшус А.А., Зигмантас Г.П. Влияние возмущений, вносимых в пограничный слой выступами поверхности, на закономерности турбулентного переноса.- В кн.: Проблемы турбулентного переноса. Минск: ИТМО АН БССР, 1979, с. 113-122.
8. В.Г. Павловский К вопросу о влиянии конфигурации турбулизаторов на тепловую эффективность поверхности стенки канала, ИФЖ, 1969, том XYII, №1 –с.155-159
9. Э. Я. Эпик, Л.Г. Козлова О возможностях изменения микроструктуры турбулентного потока при исследованиях конвективного теплообмена //Теплофизика и теплотехника, 1972, вып.22 –с. 73-78
10. Бакластов А.М., Ефимов А.Л. Теплообмен в каналах с криволинейными и сплошными границами, Труды МЭИ « Тепломассообменные процессы и установки», вып. 393, М., 1979, с. 90-98.
11. Бакластов А.М., Ефимов А.Л, Зайченко Е.Н. Приближенный метод расчета теплообмена в пластинчатых теплообменниках с плоскими прерывистыми ребрами , Труды МЛТИ « Вопросы теплопередачи», вып. 102, М., 1977, с. 156-163.
12. Хинце И.С. Турбулентность. М.: Физматгиз, 1964.-680с.
13. Филлети Р., Кейс А. Теплообмен в областях отрыва, присоединения течений течения и развития потока за двойным уступом на входе в плоский канал.-Тр. Амер. о-ва инж. механиков. Теплопередача, 1967,№2, с.51-57.
14. Ота Т., Кон Н. Теплообмен в области отрыва и последующего присоединения течения при обтекании плоской пластины с затупленной передней кромкой.- Тр. Амер. о-ва инж. механиков. Теплопередача, 1974, №4, с.29-32.

© Д.У.Сугиров, 2019.