

Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова
Д.т.н., проф. Ферганский политехнический институт, ст. преп. ФерПИ
E.S. Abbasov, MA Umurzakova
d.t.s., prof. Fergana Polytechnical Institute, senior teacher FerPI

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В СОЛНЕЧНЫХ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯХ

В статье публикуются результаты экспериментальных исследований по теплообмену и гидравлическому сопротивлению солнечных воздушных нагревателей с интенсификацией теплообмена.

Ключевые слова: теплообмен, солнечные воздухонагреватели, гидравлическое сопротивление, теплоотдача.

EXPERIMENTAL STUDY OF HEAT EXCHANGE IN SOLAR AIR HEATERS

The article publishes the results of experimental studies on heat transfer and hydraulic resistance of solar air heaters with intensification of heat transfer.

Keywords: heat exchange, solar air heaters, hydraulic resistance, and heat transfer.

Одной из актуальных проблем современной гелиотехники является увеличение теплоотдачи в воздушных гелиоприемных каналах. Одним из способов повышения теплообмена является применение профилированных поверхностей типа диффузор-конфузор. Исследования теплообменных и гидродинамических явлений в таких каналах представляют исключительную сложность, так как тепло-и массообмен протекает в непрерывно прерывающемся пристенном потоке, создаваемом при движении по указанным поверхностям. Учитывая всю сложность задачи, более целесообразным является экспериментальное изучение теплообмена в коллекторах воздушного типа (СВН).

В большинстве случаев задачей экспериментальных исследований является получение точных сведений о теплоотдаче и гидравлическом сопротивлении построенных на основе теории подобия. В данной постановке целью экспериментов также являлось получение эмпирических формул по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению диффузорно-конфузорных гелиоприемников при низких числах Рейнольдса. Опытные исследования проводились в два этапа. На первом этапе была проведена визуализация пристенных течений. На втором изучалась теплоотдача и сопротивление диффузорных-конфузорных, поверхностей при скоростях потоков соответствующих скоростям течений в СВН. Для проведения экспериментальных исследований по визуализации пристенных течений и теплогидравлических характеристик теплообменных поверхностей был использован аэродинамический контур разомкнутого типа, который состоял из следующих основных элементов: вентилятора, лабораторного автотрансформатора, опытного участка и предвключенного участка (рис. 1)

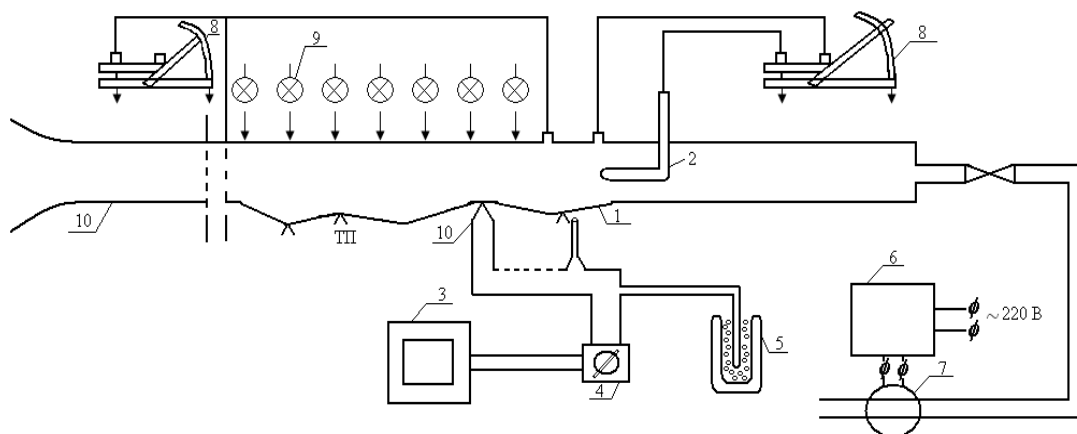


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1 – опытный участок; 2 – трубка Пито; 3 – потенциометр самопишущий КСП4; 4 – переключатель термопар; 5 – сосуд Дьюара; 6 – ЛАТР; 7 – вентилятор; 8 – микроманометр ММН; 9 – лампы накаливания; 10 – термопары (хромель копелевые).

Особенностью экспериментальной установки является возможность замены поверхности теплообмена в опытном участке – 1 без разборки всего стенда. Предвключенный участок имел протяженность 900 мм с целью стабилизации течений и исключения влияния входных возмущений потока. Дно опытного участка было выполнено из древесно – волокнистой плиты толщиной 0,03 м с дополнительной тепловой изоляцией (снаружи) из пенопластов ПХВ-1. Светопрозрачное ограждение установки имеет два слоя оконного стекла с воздушной прослойкой между ними 0,012 м. Лучевоспринимающая площадь поверхности всех теплоприемников одинакова и составляет $0,9 \times 0,3 \text{ м}^2$. Теплоприемники изготовлены из кровельной жести толщиной 0,0005 м. Для уменьшения лучистого теплообмена между теплоприемником и внутренней поверхностью ограждающей конструкции, а также влияния его на конвективный теплообмен между теплоприемником и воздушным потоком боковые стороны теплоотводящего канала покрывались зеркальной металлизированной пленкой. Скорость воздушного потока и перепад давлений на опытном участке измерялись с помощью трубки Прандтля и микроманометра типа ММН-7. Измерение температур производилась с помощью термопар типа Х-К и автоматического потенциометра марки КСП-4. Измерение температур воздушного потока на входе и выходе из опытного участка проводилось с помощью ртутных термометров с ценой деления $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

В качестве имитатора солнечного излучения использовались лампы электрического накаливания мощностью 100 Вт и 300 Вт. Опытные теплообменные поверхности для лучшей восприимчивости к нагреву покрывались черным лаком. Заделка термопар производилась путем зачеканивания их в специальные пазы с тыльной стороны поверхности нагрева. Скорость воздушного потока регулировалась мощностью подаваемой на вентилятор при помощи лабораторного автотрансформатора. а геометрия канала показана на рис 2.

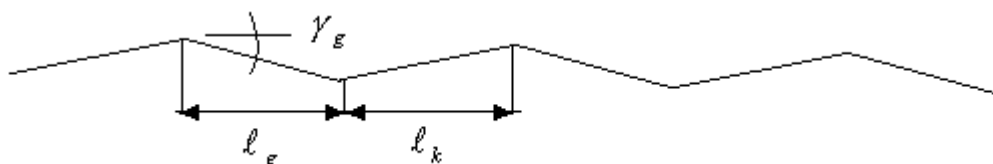


Рис 2.Схема диффузорно-конфузорной поверхности.

l_g, l_k - протяженность диффузорного и конфузорного участков.

γ_g – угол раскрытия диффузорного участка.

Экспериментальные исследования по визуализации пристенных течений проводились на диффузорно-конфузорных каналах размеры которых увеличены в 5 раз пропорционально тем размерам каналов которые представлены в таблице. Боковая сторона опытного участка была выполнена из стекла с целью проведения наблюдения за поведением бумажного флажка размером 2 мм, который вводился в пристенный поток с помощью металлического щупа. При углах $\gamma = 4 \div 6^\circ$ в местах стыков диффузора и конфузора наблюдались отрывы потока, (флажок устанавливался вертикально), и в дальнейшем на протяжении всего периода канала наблюдалось всюду безотрывное течение. При углах $\gamma = 10^\circ$ появлялись отрывы потока в местах перехода диффузора к конфузору и небольшие обратные вихри в местах перехода от конфузора к диффузору. Сильно выраженные обратные течения на диффузорах наблюдались при углах $\gamma = 14^\circ$ и более, причем зоны обратного течения не превышали половины длины диффузора, а на конфузорах при всех углах раскрытия γ наблюдалось безотрывное течение.

Опыты проводились при облучении гелиоприемников солнечной радиацией а также лампами накаливания. Включался имитатор солнечного излучения и после некоторого времени (10÷20 минут) включали вентилятор с помощью лабораторного автотрансформатора. После установления стационарного режима производилась запись показаний температур воздушного потока на входе в рабочий участок и выходе из него t'_g и t''_g , а также значения показаний термопар заделанных в стенки гелиоприемных каналов.

Определение коэффициентов теплоотдачи на моделях поверхностей диффузорно-конфузорного типа проводилось методом стационарного режима при граничных условиях I рода, т.е. при постоянной температуре стенки гелиоприемника. За установлением режима наблюдение велось по показаниям потенциометра КСП, к которому через переключатель были подключены все имеющиеся на установке термопары. Расход воздуха и мощность излучателей поддерживались при этом постоянными. Температура воздуха, поступающего из помещения в опытный участок t' составляла $22 \div 25^\circ\text{C}$. Температура стенки $t_{ст} = 74,7 \div 91,3^\circ\text{C}$. Все опыты проводились для несимметричных каналов типа диффузор конфузор с тремя эквивалентными диаметрами каналов $d_3 = 0,046$ м; 0,033 м; 0,018 м. что соответствовало живому сечению – $0,0138$ м²; $0,0099$ м²; $0,0054$ м². высота каналов составляла – 0,023 м; 0,0165 м; 0,009 м². материал стенки канала – жель толщиной 0,5 мм. Количество периодов повторяемой геометрии составлял от 30 до 25.

В пределах каждой серии опытов средняя скорость воздуха изменялась для $d_3 = 0,046$ м – $0,3 \div 3$ м/с; для $d_3 = 0,033$ м – $0,5 \div 5$ м/с; для $d_3 = 0,018$ м – $0,8 \div 8$ м/с, ступенчато с интервалом, обеспечивающим в каждой из серий получение девяти экспериментальных точек.

Для сведения теплового баланса в опытах после очередной замены опытной поверхности, производилась градуировка установки на потери. Т.е. включались нагреватели без подачи воздуха в теплоотводящие каналы и когда при постоянной мощности устанавливалась неизменная температура стенки $t_{ст}$, снимались показания приборов. Измеренные таким образом потери при нескольких различных температурах стенки позволили построить график зависимости потерь от температуры стенки $Q_{пот} = f(t_{ст})$. В дальнейшем при проведении опытов, зная температуру стенки по этим графикам можно было определить имевшие место в каждом конкретном случае потери. Определение потерь напора по длине воздушного канала производилось в процессе проведения опытов по теплообмену, т.е. на «горячей» модели при установившемся тепловом режиме. Установленный перед опытной поверхностью предвключенный участок гидродинамической стабилизации позволил исключить из рассмотрения дополнительные составляющие сопротивления обусловленные ускорением потока, условиями входа и т.п. Потери напора ΔH по длине воздушного гладкого и профилированного канала были получены подключением отборов статического давления к микроманометру. Проведенные опыты по

теплообмену и гидравлическому сопротивлению аппроксимировались эмпирическими формулами типа

$$Nu = C Re^n \quad (1)$$

$$\xi = Z Re^m \quad (2)$$

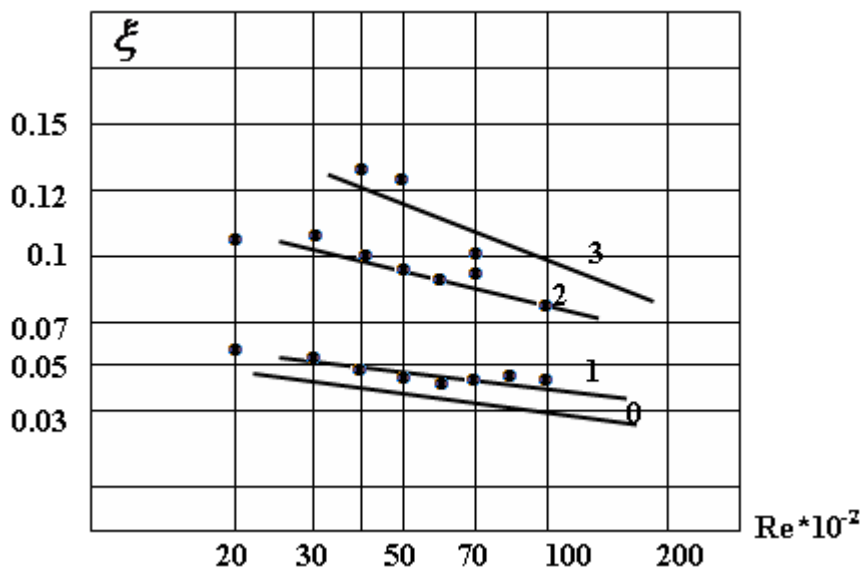
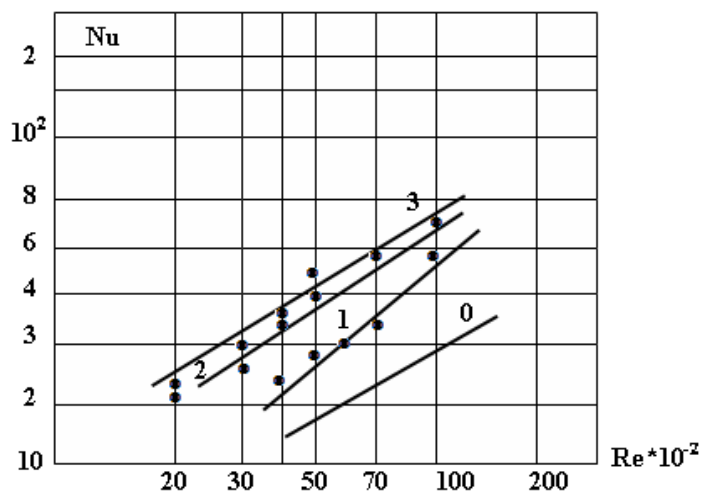


Рис.3. Теплоотдача и гидродинамическое сопротивление диффузорно-конфузорных поверхностей. № 1-3. 0-гладкая поверхность.

1- $\gamma=8^0$, $l_g / l_k = 5:1$, $d_3=0,046$ м; 2 - $\gamma=16^0$, $l_g / l_k = 5:1$, $d_3=0,046$ м;

3 - $\gamma=20^0$, $l_g / l_k = 5:1$, $d_3=0,046$ м

Таким образом из проведенных исследований видно, что повышение теплообмена может быть обеспечено путем применения каналов диффузор-конфузор. Указанные каналы могут быть рекомендованы для применения их в СВН.

Литература:

1. Аббасов Ё.С. Интенсификация теплообмена в гелиоприемниках солнечных воздушных нагревателей. //Труды конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» посвященной 60-летию Академии наук Республики Узбекистан и Физико-Технического института. Ташкент. 2003.- С.121-126.

2. Аббасов Ё.С., Умурзакова М.А. Эффективность гелиоприемных поверхностей солнечных воздушных нагревателей. //Труды конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» посвященной 60-летию Академии наук Республики Узбекистан и Физико-Технического института. Ташкент. 2003.- С.127-128.
3. Карабаев М.К, Аббасов Ё.С. Эффективность солнечных воздушных нагревателей. // Сб.научных статей республиканского научно – технического семинара «Тенденции развития теоритической теплотехники. Создание современных средств и технологий в теплоэнергетике». Ташкент. 2004.- С. 122-124.
4. Аббасов Ё.С., Умурзакова М.А. Диффузорно-конфузорная поверхность. Патент Р.Уз. UZ IAP №03138 от 31.06.06