

Федоренчик И.А.,

Студент гр. 104М ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

Цынаева А.А.,

Доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛЕ С ГИБРИДНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

***Аннотация:** В статье приведены результаты экспериментального исследования течения и теплообмена в канале с гантелеобразными лунками при наличии пульсаций потока. По результатам экспериментального исследования определены потери давления в канале с выемками и температура стенки при наличии активного воздействия (пульсации потока), т.е. оценена возможность гибридного воздействия на течение и теплообмен.*

***Ключевые слова:** Эксперимент, стенд, оборудование, микроманометр, поверхность теплообмена, аэродинамическая труба, погрешность, теплообмен, гантелеобразные выемки, гидравлические потери, статическое давление, динамическое давление, полное давление.*

***Annotation:** The paper presents the results of an experimental study of flow and heat transfer in a channel with dumbbell-shaped dimples under pulsating flow conditions. Based on the experimental results, pressure losses in the channel and wall temperature under active воздействие (flow pulsations) were determined. The possibility of hybrid воздействие on flow and heat transfer was also evaluated.*

Keywords: *Experiment, test rig, equipment, micromanometer, heat transfer surface, wind tunnel, measurement uncertainty, heat transfer, dumbbell-shaped dimples, hydraulic losses, static pressure, dynamic pressure, total pressure.*

Введение

Эффективность систем кондиционирования и вентиляции во многом зависит от работы теплообменного оборудования. Традиционно поверхности теплообмена выполняют гладкими, однако воздух обладает низкой теплоемкостью, что заставляет инженеров искать способы интенсификации теплоотдачи. Один из наиболее распространенных методов — создание искусственного рельефа на поверхности труб или пластин.

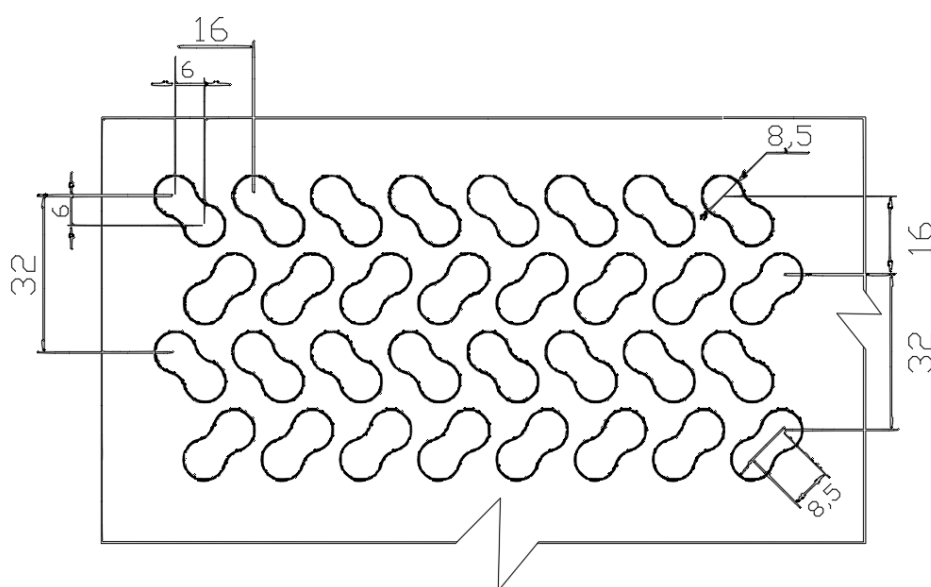
Таким образом, возникает противоречие: рельеф действительно интенсифицирует процесс теплообмена, но при этом существенно возрастают гидравлические потери (сопротивление потоку). В этой связи, основная задача исследования заключается в создании такого рельефа, который обеспечит максимальный рост теплоотдачи при минимально возможном увеличении сопротивления. В связи с этим, целью настоящей работы является экспериментальное исследование гидравлических характеристик канала с гантелеобразными выемками при наличии активного воздействия (пульсации потока).

Описание экспериментального стенда

В данной работе предлагается решить эту задачу с помощью применения гибридного воздействия: поверхность теплообмена с гантелеобразными выемками (поверхность с выемками представлена на рис. 1) при наличии пульсаций потока. Выбор формы выемок обоснован анализом существующих исследований [1].



а)



б)

Рисунок 1. Поверхность с выемками: а) – общий вид; б) – схема развертки

Экспериментальная проверка эффективности предложенного решения проводилась на лабораторном стенде (общий вид представлен на рис. 2). В

ходе работы измерялось статическое давление до и после участка с рельефом, скорость потока, температура поверхности.

Для исключения случайных погрешностей каждое измерение повторялось трижды, после чего данные усреднялись, и рассчитывалась итоговая погрешность эксперимента.



Рисунок 2. Общий вид экспериментального стенда

Методика проведения эксперимента

Экспериментальное исследование проводилось с целью определения гидравлических характеристик потока на участке канала с гантелеобразными выемками. В ходе эксперимента измерялись статическое, динамическое и полное давление. Измерения выполнялись на входе и выходе исследуемого участка канала. В каждом сечении замеры проводились в трёх точках поперечного сечения: в верхней, средней и нижней частях канала.

Эксперимент проводился при двух температурных режимах: 32 °С и 36 °С потока. Измерение гидравлических характеристик осуществлялось с использованием трубки Пито и микроманометра, температура стенки

определялась с помощью пирометра. Статическое и полное давление определялись непосредственно в точках измерения, динамическое давление рассчитывалось как разность полного и статического давления.

Для повышения достоверности результатов каждое измерение повторялось, после чего определялись средние значения измеряемых параметров. Полученные экспериментальные данные подвергались обработке, включающей усреднение значений давления по трём точкам поперечного сечения (рис.3), определение средних значений параметров на входе и выходе исследуемого участка, а также расчёт потерь давления. Потери полного давления определялись как разность средних значений полного давления на входе и выходе участка.

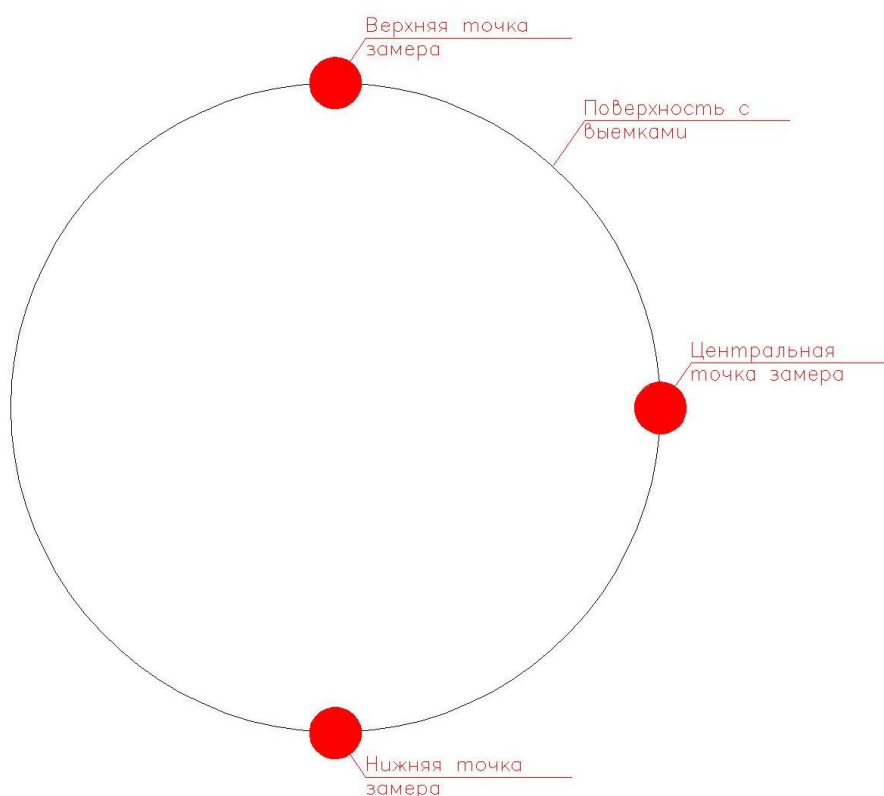


Рисунок 3. Поперечное сечение участка трубы (Измерения производились на выходе и на расстоянии 2,5м от него на линии крепления поверхности с гантелеобразными лунками)

Результаты экспериментальных исследований

Результаты экспериментальных измерений статического, динамического и полного давления при температуре 32 °С представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Измерения при $t = 32^{\circ}\text{C}$

Давление (при $t = 32^{\circ}\text{C}$)						
	Вход			Выход		
	низ	центр	верх	низ	центр	верх
Рп	205	213	173	107	196	128
	203	213	171	108	195	130
	204	212	172	107	193	131
Рст	56	54	40	5	4	2
	56	55	41	3	4	2
	55	54	42	3	3	3
Рд	136	154	139	96	195	104
	137	150	134	95	195	102
	138	152	136	94	194	102

Аналогичные измерения, выполненные при температуре 36 °С, приведены в таблице 2. Полученные данные используются для последующего определения усреднённых значений параметров потока.

Таблица 2.

Измерения при $t = 36^{\circ}\text{C}$

Давление (при $t = 36^{\circ}\text{C}$)						
	Вход			Выход		
	низ	центр	верх	низ	центр	верх
Рп	178	208	189	119	194	131
	177	210	184	119	192	129
	178	209	187	118	191	128
Рст	57	53	45	5	3	1
	58	53	45	4	4	2
	55	52	45	3	3	3
Рд	126	157	125	113	188	118
	123	156	126	111	190	116
	124	157	124	113	191	115

На основании экспериментальных данных были рассчитаны средние значения статического, динамического и полного давления для входного и

выходного сечений канала. Усреднение производилось по трём точкам поперечного сечения (верх, середина, низ). Результаты расчётов приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

Средние значения при $t = 32^{\circ}\text{C}$

Средние значения при $t = 32^{\circ}\text{C}$		
	Вход	Выход
Рпср	196	144
Рстср	50	3
Рдср	142	131

Таблица 4.

Средние значения при $t = 36^{\circ}\text{C}$

Средние значения при $t = 36^{\circ}\text{C}$		
	Вход	Выход
Рпср	191	147
Рстср	51	3
Рдср	135	139

Потри давления, определенные в результате исследований показаны в таблице 5, а также на рис. 4.

Таблица 5.

Потери полного давления

Температура, $^{\circ}\text{C}$	$\Delta P_{\text{полн}}$, Па
32	52
36	44



Рисунок 4. Зависимость потерь давления от температурного режима

График показывает снижение потерь давления при увеличении температуры. Это свидетельствует о влиянии температурного режима на гидравлические характеристики потока.

Обсуждение результатов

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что на исследуемом участке канала с гантелеобразными выемками наблюдаются потери полного давления, обусловленные сопротивлением потоку. Сравнение результатов, полученных при температуре 32 °C и 36 °C, показывает, что с увеличением температуры величина потерь полного давления несколько снижается.

Вывод

В результате проведённого экспериментального исследования получены значения статического, динамического и полного давления на входе и выходе участка канала с гантелеобразными выемками при температурах потока 32 °C и 36 °C.

На основании усреднённых экспериментальных данных определены потери полного давления, возникающие при прохождении потока через исследуемый участок, которые составили 52 Па при 32 °C и 44 Па при 36 °C.

Полученные результаты подтверждают возможность использования разработанного экспериментального стенда для дальнейших исследований влияния гибридного воздействия (активного и пассивного) на гидравлику и теплообмен в канале с гантелеобразными лунками.

Список использованной литературы:

1. Цынаева А. А., Федотенков И. Д. Исследование аэродинамики потока в канале с гантелеобразными лунками // Тепловые процессы в технике. – 2020. – Т. 12. – №. 3. – С. 123–132.
2. Цынаева А. А., Петрова Н. П. Численное исследование теплообмена в канале теплообменника с градиентом давления // Тепловые процессы в технике. – 2019. – Т. 11. – №. 12. – С. 532–540.
3. Беляев Н. М., Рядно А. А. Методы теории теплопроводности и термоупругости. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
4. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – Новосибирск: Наука, 1970. – 450 с.