

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе Исследование гидравлического сопротивления поверхностного теплообменника

Введение

Поверхностные подогреватели (парогенераторы, теплообменники системы регенеративного подогрева питательной воды и др.) оказывают существенное влияние на надежность и экономичность работы тепловых и атомных электростанций. В результате изменения режима работы изменяются расходы и параметры греющих и нагреваемых потоков, проходящих через подогреватели. При этом происходит изменение основных характеристик подогревателей (нагрева, гидравлического сопротивления и др.).

1. Цель работы

Настоящая работа преследует следующие цели:

- знакомство с методикой расчетного определения гидродинамической характеристики поверхностного теплообменника;
- проведение эксперимента по снятию гидродинамической характеристики поверхностного теплообменника.

2. Характеристики исследуемого теплообменника

Исследуемый объект – 8-ми ходовой горизонтальный поверхностный подогреватель. В каждом ходе расположено по одной трубке с внутренним диаметром $d_{вн} = 8,5$ мм. Длина трубок $l = 605$ мм. Материал трубок - нержавеющая сталь.

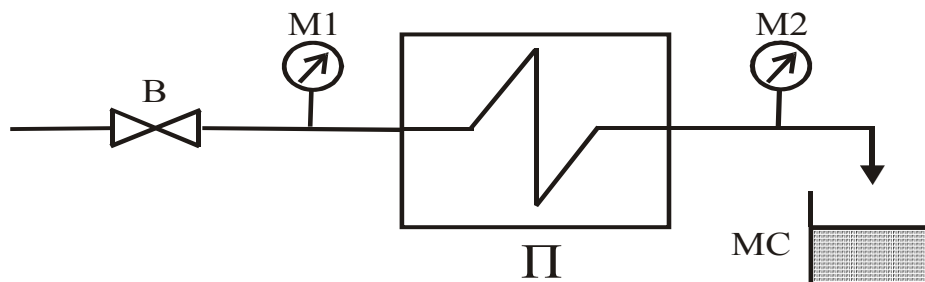


Рис.1. Схема лабораторного стенда

П – подогреватель; В – регулирующий вентиль; МС – мерный сосуд; М1, М2 – манометры на входе и выходе теплообменника

3. Условные обозначения

- p – давление, кгс/см² или МПа;
 $V_{мс}$ – объем мерного сосуда, л;
 Q_v – объемный расход воды, л/с или м³/с;
 t – время наполнения мерного сосуда, с;

$\dot{m}$ - массовый расход воды, кг/с;
 ρ - плотность воды, кг/м³;
 w - скорость воды, м/с;
 $d_{вн}$ - внутренний диаметр трубки, м;
 l - длина трубки подогревателя, м;
 f - проходное сечение одной трубки, м²;
 z - число ходов.

4. Порядок проведения работы

На лабораторном стенде по исследованию гидравлических режимов поверхностного подогревателя П (Рис.1) с помощью регулирующего вентиля В на линии подачи воды ступенчато изменяют расход воды через подогреватель.

На каждом режиме фиксируют время наполнения мерного сосуда объемом $V_{мс}$, измеряя его с помощью мерного сосуда МС в литрах $V_г$ и времени t в секундах, за которое наполняется мерный сосуд. При каждом установившемся расходе по манометрам М1 и М2 определяем давления воды на входе P_1 и выходе P_2 подогревателя. Результаты измерений заносим в табл. 1. Для устранения ошибок для каждого режима необходимо провести несколько измерений $V_г$ и t и взять средний результат.

5. Обработка результатов эксперимента

5.1. После проведения опытов заполняют табл. 2, вычисляя для каждой опытной точки:

- объемные расходы воды $Q_г = V_г / t$;
- скорости воды в трубках $w = Q_г / f$ ($Q_г$ - в м³/с; f - в м²);
- гидравлическое сопротивление подогревателя $\Delta P_{экс} = P_1 - P_2$.

5.2. По данным этой таблицы в масштабе строят графическую зависимость гидравлического сопротивления $\Delta P_{экс}$ от расхода $Q_г$ или от скорости w .

5.3. На основе уравнения характеристики $\Delta P = k \cdot Q_г^2$ для каждой опытной точки определяют экспериментальный коэффициент сопротивления $k_{экс}$. В качестве окончательного значения принимают среднее арифметическое значение.

5.4. Для выбранной точки определяют расчетным путем гидравлическое сопротивление подогревателя ΔP и расчетный коэффициент сопротивления $k_{рас}$. При этом используют конструктивные характеристики подогревателя, приведенные выше.

Гидравлическое сопротивление подогревателя рассчитывают по следующей формуле

$$\Delta P = \left(\xi_{mp} \frac{l \cdot z}{d_{BH}} + \sum \xi_M \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = \left(\xi_{mp} \frac{l \cdot z}{d_{BH}} + \sum \xi_M \right) \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{G^2}{\rho^2 \cdot f^2} = \left(\xi_{mp} \frac{l \cdot z}{d_{BH}} + \sum \xi_M \right) \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{2 \cdot f^2} = k_{pac} \cdot Q^2 \quad (1)$$

Отсюда $k_{pac} = \left(\xi_{mp} \frac{l \cdot z}{d_{BH}} + \sum \xi_M \right) \cdot \frac{\rho}{2 \cdot f^2}$ - коэффициент гидравлического сопро-

тивления подогревателя.

В последней формуле

$\xi_{TP} = 0,11 \cdot [(\Delta / d_{BH}) + [68 / Re]]^{0,25}$ – коэффициент трения;

$\sum \xi_i$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений. Отдельные коэффициенты местных сопротивлений ξ_M принимают равными:

- 0,5 для входа в трубки;
- 1,0 для выхода из трубок;
- 2,5 для поворота в водяной камере подогревателя на 180°.

5.5. Полученные значения ΔP_{pac} и k_{pac} заносят в общую табл.2 и отмечают на графике

Таблица 1. Опытные данные

Обозначения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , МПа										
P_2 , МПа										
V_{MC} , л										
t_1 , с										
t_2 , с										
t_{cp} , с										

Таблица 2. Таблица результатов

Обозначения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_g , л/с										
w , м/с										
$\Delta P_{экс}$, МПа										
$k_{экс}$										
ΔP_{pac} , МПа										

6. Анализ результатов

На основе опытной зависимости и расчетных точек дается детальный анализ изменения представленных параметров в зависимости от расхода воды через по-

догреватель. В случае расхождения экспериментальной зависимости с расчетными точками, объяснить возможную причину этого расхождения.

7. Требования к отчету

Отчет должен включать: титульный лист, цель работы, схему установки с точками измерения параметров, табл.1 и табл.2, подробный расчет гидравлического сопротивления подогревателя, графическую зависимость $\Delta P_{\text{экс}}$ и анализ результатов.

8. Вопросы для самопроверки

1. Как определяется гидравлическое сопротивление подогревателя опытным путем?
2. Как определяется гидравлическое сопротивление подогревателя расчетным путем?
3. Как изменяется гидравлическое сопротивление подогревателя при изменении расхода воды через него?
4. Что учитывает коэффициент местного сопротивления?
5. Что учитывает коэффициент сопротивления трения?
6. На каких участках учитываются местные сопротивления в поверхностных подогревателях?
7. Какие неисправности в работе подогревателя можно определить по гидравлической характеристике?
8. Какие факторы приводят к увеличению гидравлического сопротивления подогревателя?