



САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П.КОРОЛЕВА

В.Н.Белозерцев, В.В.Бирюк, А.И.Довгялло

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА**

Самара 2001

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА

В.Н.Белозерцев, В.В.Бирюк, А.И.Довгялло

ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Методические указания

Самара 2001

ББК 63.5

Определение основных характеристик гидравлического теплогенератора: Метод. указания / сост. В.Н.Белозерцев, В.В.Бирюк, А.И.Довгялло. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2001. 12 с.

ISBN

Даны основные характеристики гидравлического теплогенератора, представлена методика определения параметров закрученного потока вязкой несжимаемой жидкости, изложена методика проведения эксперимента и обработки полученных данных.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 13.01, 13.02 и 13.03.

Табл. 2. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П.Королева

ISBN

© В.Н.Белозерцев, В.В.Бирюк,
А.И.Довгялло, 2001

© Самарский государственный
аэрокосмический университет,
2001

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ	4
2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ	7
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА	8
4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА	8
5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	10
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	12

Цель работы: экспериментальное изучение процесса закрученного потока вязкой несжимаемой жидкости в гидравлическом теплогенераторе и определение его основных характеристик.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Традиционными теплогенераторами, нашедшими широкое применение в технике и быту, являются преобразователи энергии, использующие теплоту сгорания различного рода топлив (жидкого, твердого и газообразного). Недостатками их являются загрязнения окружающей среды продуктами сгорания, значительные финансовые затраты при транспортировке и хранении энергоносителей.

Создание, разработка и исследование экологических теплогенераторов, реализующих в своей работе иные принципы преобразования различных форм энергии в тепловую представляет значительный интерес. Примером таких теплогенераторов являются гидравлические вихревые теплогенераторы ТВГ (рис. 1). В ТВГ электрическая энергия (привода насоса) преобразуется в кинетическую энергию поступательного и вращательного движения потока жидкости. В ТВГ жидкость, приводимая в движение насосом поступает через входное устройство в завихрителе.

Благодаря тангенциальному вводу 1 и профилю завихрителя 2 жидкость закручивается приобретая вихревой, спиралевидный характер движения. К моменту поступления в корпус теплогенератора 3 скорость ее растет. За счет вязкостного трения о внутреннюю поверхность корпуса ТВГ, кавитации жидкость подогревается. Дополнительный подогрев жидкости происходит за счет внутреннего трения ее слоев. Эффективность теплогенератора оценивается коэффициентом преобразования энергии

$$\varphi = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{зат}}} \quad (1)$$

представляющего отношение полезной теплоты (пошедшей на нагрев воды и металлоконструкций) $Q_{\text{пол}}$ к затраченной энергии $Q_{\text{зат}}$.

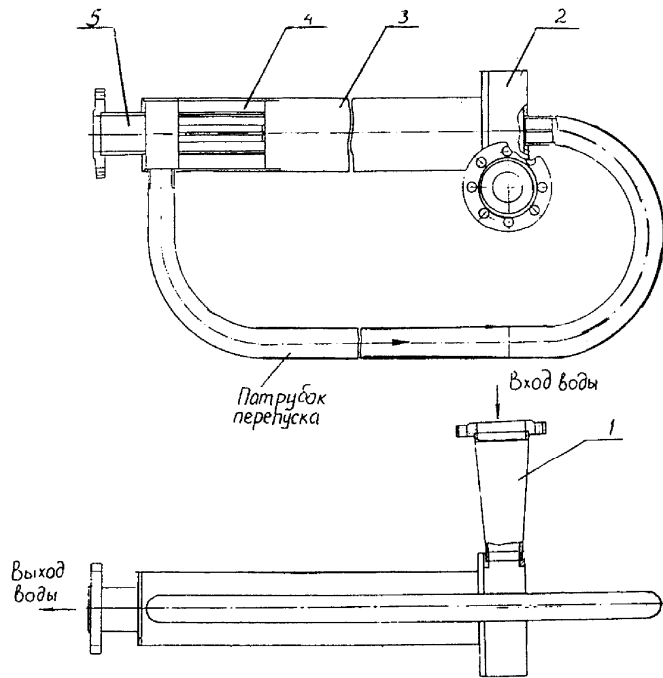


Рис.1. Общий вид теплогенератора.

1 – входное устройство, 2 – завихритель,
3 – корпус, 4 – развихритель, 5 – выходное устройство.

Важными энергетическими характеристиками теплогенератора являются теплопроизводительность - Q_v - количество теплоты, пошедшее на нагрев воды и темп подогрева $\Delta T/\tau$. Последние две величины взаимосвязаны.

$$Q_v = c_v m_v \frac{\Delta T_v}{\tau}, \quad (\text{Вт}) \quad (2)$$

здесь c_v , m_v - теплоемкость и масса воды, циркулирующей в установке;

ΔT_v - разность температур воды в начале и конце нагрева;

τ - время работы теплогенератора;

Величина темпа подогрева может быть найдена из уравнения Бернулли, записанного для вязкой жидкости:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + h_c . \quad (3)$$

Так как $Z_1 = Z_2$, то:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + h_c , \quad (4)$$

где h_c - удельная работа (отнесенная к весовому расходу) сил вязкого трения, переходящая в тепло - удельная теплопроизводительность;

p_1, p_2 - давление на входе и выходе из теплогенератора;

U, V_1, V_2 - тангенциальные и осевые составляющие скорости на входе и выходе из теплогенератора.

Из (2) может быть найдена удельная теплопроизводительность

$$h_c = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} . \quad (5)$$

Для этого должны быть известны параметры потока жидкости на входе и выходе из теплогенератора.

Теплопроизводительность установки определяется из выражения:

$$H_c = Gh_c g = G \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right) . \quad (6)$$

Здесь G - расход воды в кг/с, g - ускорение свободного падения.

По величине H_c может быть оценен темп подогрева поскольку

$$Q_b = H_c, \text{ а } \Delta T = \frac{\Delta T}{\tau}, \text{ то}$$

$$\Delta T' = \frac{H_c}{cG} = \frac{Gh_c g}{cG} = \frac{h_c g}{c} , \quad (7)$$

$$\Delta T' = \frac{p_1 - p_2}{\rho c} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2c} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2c} , \quad (8)$$

Так как для несжимаемой жидкости осевая составляющая скорости не меняется $U_1 = U_2$, то выражение (6) примет вид

$$\Delta T' = \frac{1}{c\tau} \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right) . \quad (9)$$

Выражение (3) и (4) справедливы для изотермической модели течения вязкой несжимаемой жидкости, то темп подогрева целесообразно оценивать за промежуток времени, для которого изменение температуры жидкости не влияет на гидродинамическую картину течения.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Конструктивная схема лабораторной установки приведена на рис.2. Она включает в себя: теплогенератор вихревой гидравлической конической формы (ТВГК), насос марки БЦ-11-18У1 с электроприводом, расширительный бачок, контрольно-измерительную аппаратуру: счетчик расхода горячей воды, манометры P_1 , P_2 , P_3 , хромель-копелевые термопары $T_1...T_9$, ваттметр.

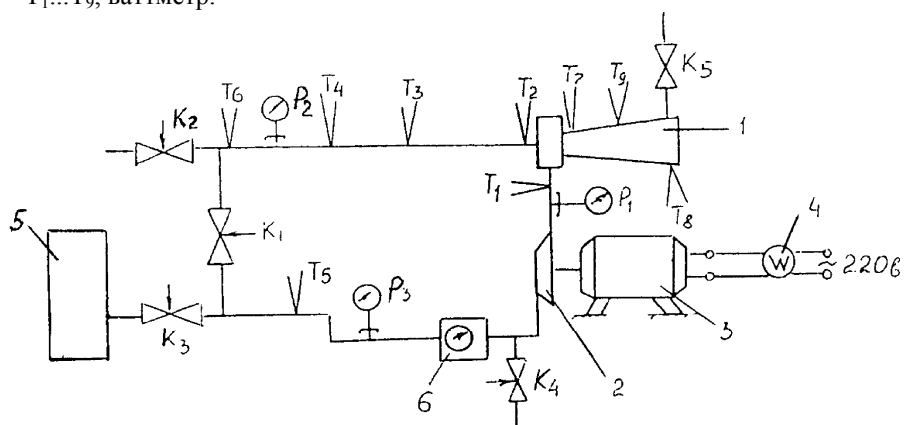


Рис.2. Принципиальная схема стенда для испытаний ТВГК.

1 – теплогенератор, 2 – насос, 3 – электродвигатель, 4 – ваттметр,
5 – бачок расширительный, 6 – расходомер,
 P_1 , P_2 , P_3 – манометры, T_1 , $T_2 ... T_9$ – термопары, $K_1...K_5$ – вентили.

Датчики для измерения давления и температуры воды установлены на входе и выходе теплогенератора, а также на соединительных трубопроводах. Датчики давления позволяют измерять полное (рис.3) и статистическое (рис.4) давление.

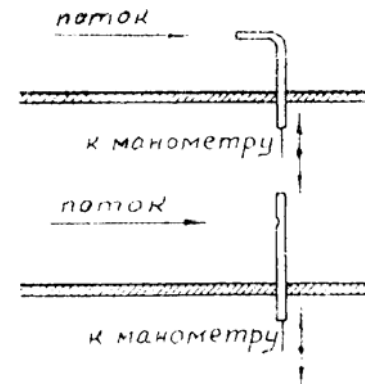


Рис.3. Датчики полного давления.

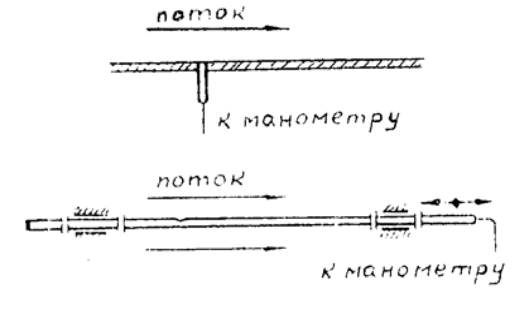


Рис.4. Датчики статического давления.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Основными параметрами уравнения (9), зависящими от температуры является плотность ρ и вязкость ν . В интервале температуры от 10 до 100°C изменение этих величин не существенно влияет на характер течения воды. Значительное влияние на работу теплогенератора оказывает процесс парообразования. Интенсивность испарения возрастает с ростом температуры. Поэтому эксперимент следует проводить при умеренных температурах: от 10 до 50°C в интервале слабого парообразования.

Перед началом испытаний проводятся операции тщательного удаления воздуха из системы. Записываются показания регистрирующих приборов. Данные заносятся в таблицу 1. После включения насоса все параметры регистрируются через равные промежутки времени – 5 минут в течение 40-50 минут непрерывной работы насоса.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Определить средний расход $\text{м}^3/\text{с}$ по времени работы установки и показаниям счетчика горячей воды:

$$V' = \frac{V_r - V_o}{\tau},$$

V_τ, V_0 - показания счетчика в момент времени τ и в момент пуска $\tau = 0$.

2. Подсчитать по расходу осевую среднеобъемную скорость движения воды в корпусе теплогенератора:

$$U_1 = \frac{V}{F_1},$$

здесь F_1 - площадь сечения теплогенератора: $F_1 = \frac{\pi d_\tau^2}{4}$, $d_\tau = 42 \cdot 10^{-3}$ мм.

3. Подсчитать циркуляцию потока в сопловом сечении $H = U_1 R_c$, где R_c - радиус среднего сечения сопла. $R_c = 36 \cdot 10^{-3}$ м.

4. Подсчитать тангенциальную скорость закрученного потока на входе и выходе из теплогенератора, считая циркуляцию $H = \text{const}$.

$$V_1 = \frac{H}{R_c}, \quad V_2 = \frac{H}{R_{\text{ВЫХ}}}.$$

5. Подсчитать удельную и полную теплопроизводительности из выражения (3):

$$h_c = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g},$$
$$H_c = G h_c g = Q_b.$$

6. Подсчитать темп подогрева по (5), сравнить с полученным из эксперимента:

$$\Delta T_3 = \frac{t_k - t_o}{\tau},$$
$$E = \frac{\Delta T - \Delta T_3}{\Delta T} \cdot 100\%.$$

7. Подсчитать число Рейнольдса на входе и выходе из теплогенератора:

$$Re = \frac{v_1 d}{\nu_B},$$

где $\nu = 0,556 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$.

8. Найти полную теплопроизводительность вихревого гидравлического теплогенератора

$$Q_{\text{пол}} = Q_b + Q_{\text{мет}} + Q_{\text{пот}},$$

где $Q_v = c_v m_v \Delta T_v$ - тепло пошедшее на нагрев воды,

$Q_{мет} = c_{мет} m_{мет} \Delta T_{мет}$ - тепло пошедшее на нагрев металла,

здесь $c_v, c_{мет}$ - теплоемкость металла,

$m_v, m_{мет}$ - масса воды в системе и металлоконструкции.

$c_v = 4178$ Дж/кг К, $c_{мет} = 462$ Дж/кг К, $m_v = 6$ кг, $m_{мет} = 42$ кг.

$Q_{пот} = \alpha F_{сист} (T_w - T_f) \tau$ - потери тепла за время проведения эксперимента τ , $\alpha = 10$ Вт/м² К - коэффициент теплоотдачи, $F_{сист} = 0,5$ м².

τ , $\alpha = 10$ Вт/м² К - коэффициент теплоотдачи, $F_{сист} = 0,5$ м².

9. Подсчитать коэффициент преобразования энергии:

$$\varphi = \frac{Q_{пол}}{Q_{зат}}$$

10. Записать результаты расчета в таблицу 1 и 2.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему при течении вязкой несжимаемой жидкости происходит ее подогрев?

2. Почему для условий течения воды в теплогенераторе для широкого интервала изменения температур ее можно рассматривать как изотермическую жидкость?

3. Что такое теплопроизводительность ТВГК?

4. Чем объяснить расхождение между теоретическим и экспериментальным значением тепла подогрева жидкости?

5. Что такое коэффициент преобразования энергии?

6. Что такое темп подогрева?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах: учебник для авиационных вузов. М.: Машиностроение, 1967 г.
2. Сергаль О.С. Прикладная гидрогазодинамика: учебник для авиационных вузов. М.: Машиностроение, 1981 г.
3. Волшанин В.В., Зуйков А.П., Мардасов А.П. Закрученные потоки в гидротехнических сооружениях. Под редакцией Кривенко Г.И. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 280 с.
4. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение (издание третье, переработанное и дополненное), 1975 – 776 с., издание четвертое 1989 – 701 с.

учебное издание
Белозерцев Виктор Николаевич
Бирюк Владимир Васильевич
Довгялло Александр Иванович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА**

Редактор Н.С.Куприянова
Корректор Т.И.Щелокова

Лицензия ЛР № 020301 от 30.12.96 г.

Подписано в печать 25.12.2000 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. . Усл. кр.-отт. . Уч.-изд.л. .

Тираж экз. Заказ

Самарский государственный аэрокосмический
университет им. академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного
аэрокосмического университета
443086 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.