

### ИССЛЕДОВАНИЕ нагрева воды в РОТОРНО-ИМПУЛЬСНЫХ теплогенераторах\*

Роторно-импульсные аппараты (РИА) используются для интенсификации гидромеханических и массообменных процессов. Одно из направлений развития РИА – это использование их в качестве теплогенераторов. По данным ряда исследований, коэффициент теплопроизводительности роторно-импульсных теплогенераторов (РИТ) может превышать единицу [1, 2]:

$$K_Q = \frac{Q}{E} > 1, \quad (1)$$

где  $Q$  – количество тепла, затраченного на нагрев воды, оборудования и потерь в окружающую среду, Дж;  $E$  – энергия, необходимая для работы теплогенератора, Дж.

Нами проведены экспериментальные исследования по нагреву воды в РИТ. Для проведения исследований с одноступенчатым и многоступенчатым РИТ разработана и смонтирована установка, схема которой показана на рис. 1. Установка работает следующим образом. Вода насосом 2 из емкости 1 нагнетается в полость ротора одноступенчатого РИТ 3. Вода, пройдя каналы ротора, зазор и каналы статора попадает в рабочую камеру, далее через выходные патрубки возвращается обратно в емкость. При работе установки контролировались следующие параметры: температуры в емкости и на выходе из аппарата; давление на входном и выходном патрубке аппарата; расход воды; потребляемая мощность.

При работе установки с многоступенчатым РИТ насос не использовался. Многоступенчатый РИТ включает в себя две и четыре ступени соответственно. Каждая ступень состоит из лопастного колеса, статора и ротора. Многоступенчатый РИТ является совмещенной конструкцией центробежного насоса и РИА.

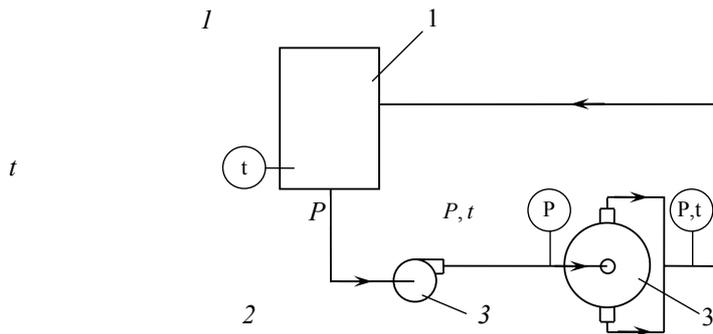


Рис. 1 Схема экспериментальной установки

Проводились серии экспериментов по нагреву воды в РИТ. Первая серия экспериментов была произведена на одноступенчатом РИТ с водой массой  $M_1 = 43$  кг, давление на входе в теплогенератор  $P_{\text{вх}} = 0,32$  МПа, давление на выходе  $P_{\text{вых}} = 0,08$  МПа, и водой массой  $M_2 = 22$  кг, давление на входе в теплогенератор  $P_{\text{вх}} = 0,32$  МПа, давление на выходе  $P_{\text{вых}} = 0,08$  МПа. По результатам экспериментов были получены зависимости температуры воды и потребляемой мощности от времени  $t = f(\tau)$ ,  $N = f(\tau)$ . Графики зависимостей приведены на рис. 2.

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. М.А. Промтова.

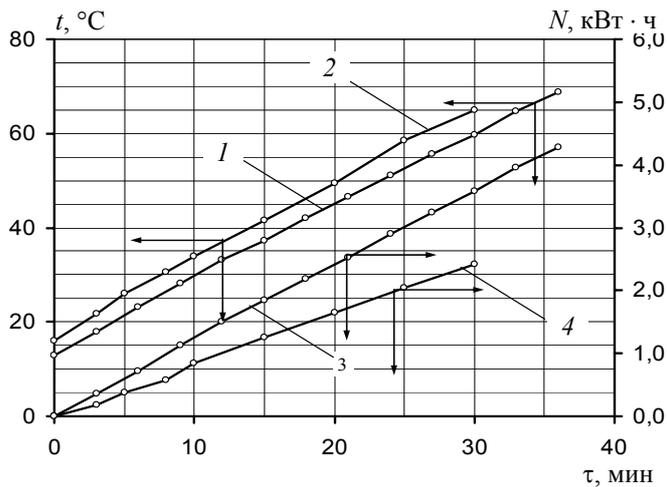


Рис. 2 Зависимости температуры воды  $t$  (1, 2) и потребляемой энергии  $N$  (3, 4) от времени  $\tau$  в одноступенчатом РИТ

Вторая серия экспериментов проводилась по нагреву воды массой  $M_3 = 230$  кг,  $M_4 = 340$  кг в двухступенчатом РИТ и  $M_5 = 250$  кг,  $M_6 = 310$  кг – в четырехступенчатом РИТ. По результатам экспериментов были получены зависимости температуры воды и потребляемой мощности от времени  $t = f(\tau)$ ,  $N = f(\tau)$ . Графики зависимостей приведены на рис. 3.

Для определения эффективности работы теплогенераторов на основе полученных экспериментальных данных по нагреву жидкости были рассчитаны следующие параметры:

– количество тепловой энергии, затраченной на нагрев воды:

$$Q_B = M_B c_B (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}), \quad (2)$$

где  $M_B$  – масса воды в емкости, кг;  $c_B$  – удельная теплоемкость воды, Дж/кг · °С;  $t_{\text{нач}}$  – начальная температура воды, °С;  $t_{\text{кон}}$  – конечная температура воды по среднему значению, °С;

– количество теплоты, израсходованное на нагрев оборудования:

$$Q_O = M_O c_C (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}), \quad (3)$$

где  $M_O$  – масса оборудования и установки, кг;  $c_C$  – удельная теплоемкость стали, Дж/кг · °С;  $t_{\text{нач}}$ ,  $t_{\text{кон}}$  – начальная, конечная температуры оборудования, приравняваемые температуре воды в емкости, °С;

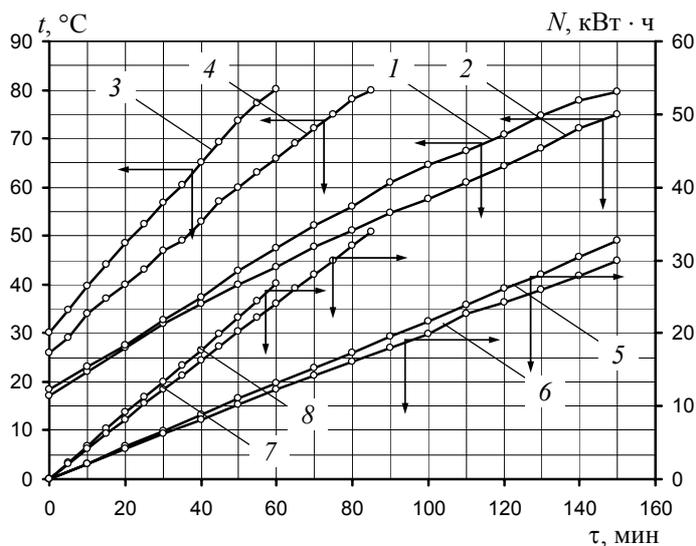


Рис. 3 Зависимости температуры  $t$  (1, 2, 3, 4) воды и потребляемой энергии  $N$  (5, 6, 7, 8) от времени  $\tau$  в двухступенчатом РИТ

– количество энергии, потребляемой электродвигателем, Дж:

$$E = N_n \cdot 3600, \quad (4)$$

где  $N_n$  – количество энергии, измеренное электрическим счетчиком, Вт · ч;

– коэффициент теплопроизводительности, согласно (1) – (4)

$$K_Q = \frac{Q_B + Q_a}{N_n \cdot 3600}; \quad (5)$$

– коэффициент полезного действия (КПД) установок:

$$\eta = \frac{Q_B}{N_n \cdot 3600}. \quad (6)$$

Значения коэффициента теплопроизводительности и КПД, рассчитанные по уравнениям (1) – (6), для каждой серии экспериментов приведены в табл. 1.

1 Значения коэффициента теплопроизводительности и КПД

Параметр	Одноступенчатый РИТ		Двухступенчатый РИТ		Четырехступенчатый РИТ	
	Масса воды		Масса воды		Масса воды	
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$
$K_Q$	1,65	1,55	1,59	1,62	1,58	1,45
$\eta$	0,652	0,519	0,548	0,706	0,547	0,576

Таким образом, можно сделать вывод что, несмотря на значения коэффициента теплопроизводительности, превышающие единицу, коэффициент полезного действия роторно-импульсного теплогенератора невысок.

#### Литература

- 1 Запорожец, Е.П. Исследование вихревых и кавитационных потоков в гидравлических системах [Текст] / Л.П. Холпанов, Г.К. Зиберт, А.В. Артемов // Теоретические основы химической технологии. 2004. Т. 38, № 3. С. 243 – 252.
- 2 Пат. 2054604 Российская федерация, С1 6 F 24 J 3/00, G 21 В 1/00. Способ получения энергии [Текст] / А.Ф. Кладов. Заявл. 02.07.93 ; опубл. 20.02.96. Бюл. № 5.