

Гришкевич М.Ю., Батунова А.В.

## ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Если в замкнутом контуре имеются участки с подводом и отводом тепла, то в нем возникает естественное давление, обусловленное разностью плотностей холодной и горячей воды:

$$\Delta P_c = hg(\rho_o - \rho_r), \text{ Па, где}$$

$h$  – расстояние между центрами охлаждения и нагрева воды, м;

$g$  – ускорение свободного падения ( $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ );

$\rho_o$  – плотность охлажденной воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_r$  – плотность горячей воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Естественное давление вызывает циркуляцию воды в контуре. При движении воды в контуре возникает гидравлическое сопротивление, которое складывается из сопротивления на трение по длине трубопроводов и в местных сопротивлениях:

$$\sum P_e = R = \Delta P_T + \Delta P_m$$
$$R = \sum \left( \frac{\lambda W^2}{d} \rho l \right) + \sum \left( \xi \frac{W^2}{2} \rho \right), \text{ где}$$

$\lambda$  – коэффициент гидравлического трения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$d$  – диаметр, м;

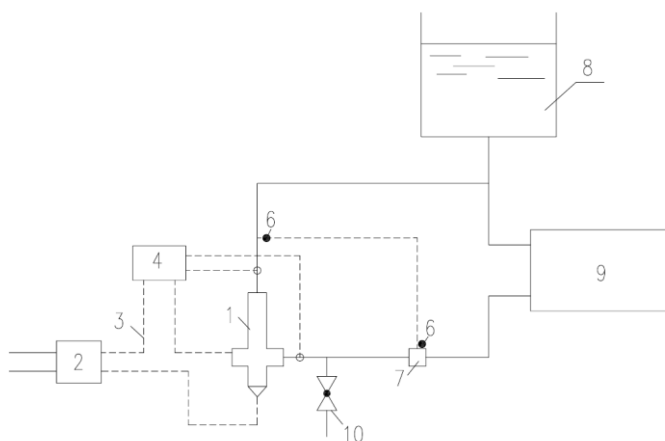
$l$  – длина участка, м;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления;

$\rho$  – плотность воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$W$  – скорость течения воды, м/с.

Это сопротивление преодолевается естественным давлением, т.е. для данного контура естественная циркуляция обуславливается степенью нагрева и охлаждения его участка и высотой контура.



1 – электродный котел; 2 – электросчетчик; 3 – электрический провод; 4 – блок терморегулирования; 5 – датчик температуры в составе блока терморегулирования; 6 – датчик температуры в составе блока теплосчетчика; 7 – измерительный блок ультразвукового теплосчетчика со встроенным счетчиком воды; 8 – расширительный бак; 9 – отопительный прибор; 10 – спускной шаровой кран.

Рисунок 1. Схема установки

Результаты измерений занесём в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерений.

Время, мин	Блок управления		Бл. теплосчетчика				Параметры		
	тп °С	то °С	G, м³/ч	Q, кВт	тп °С	то °С	ρп, кг/м³	ρо, кг/м³	ΔP, Па
0	19	19	0	0	19	19	1,208904	1,208904	0
0,5	21	18	0,005	0,1	24	19	1,188552	1,208904	0,41328
1	24	18	0,018	0,1	24	19	1,188552	1,208904	0,41328
1,5	44	18	0,028	0,2	24	19	1,188552	1,208904	0,41328
2	45	18	0,031	0,8	40	19	1,127796	1,208904	1,647048
2,5	42	18	0,003	0,7	40	19	1,127796	1,208904	1,647048
3	42	18	0,028	1	52	19	1,086154	1,208904	2,492653
3,5	42	18	0,028	1	52	19	1,086154	1,208904	2,492653
4	43	18	0,029	1	49	19	1,096273	1,208904	2,28716
4,5	43	18	0,028	1	49	19	1,096273	1,208904	2,28716
5	43	18	0,028	1	50	19	1,092879	1,208904	2,356082
5,5	44	18	0,027	1	50	19	1,092879	1,208904	2,356082
6	44	18	0,027	1	51	19	1,089506	1,208904	2,424578
6,5	44	18	0,028	1	51	19	1,089506	1,208904	2,424578
7	45	18	0,027	1	51	19	1,089506	1,208904	2,424578
7,5	45	18	0,028	1	51	19	1,089506	1,208904	2,424578
8	45	18	0,027	1	52	19	1,086154	1,208904	2,492653
8,5	46	18	0,027	1	52	19	1,086154	1,208904	2,492653
9	46	18	0,027	1	53	20	1,082822	1,204778	2,476525
9,5	46	19	0,027	1	53	20	1,082822	1,204778	2,476525
10	46	19	0,027	1	53	20	1,082822	1,204778	2,476525
10,5	47	19	0,026	1	53	20	1,082822	1,204778	2,476525
11	47	19	0,026	1	54	21	1,079511	1,20068	2,460554
11,5	48	19	0,027	1	54	21	1,079511	1,20068	2,460554
12	48	20	0,027	1	55	22	1,07622	1,19661	2,444737
12,5	49	20	0,027	1	55	22	1,07622	1,19661	2,444737
13	48	20	0,028	1	56	23	1,072948	1,192568	2,429072
13,5	49	21	0,027	1,1	56	23	1,072948	1,192568	2,429072
14	49	21	0,028	1	58	27	1,066465	1,176667	2,237827
14,5	50	22	0,029	1,1	59	26	1,063253	1,180602	2,382971
15	50	23	0,029	1,1	59	26	1,063253	1,180602	2,382971
15,5	51	23	0,029	1,1	59	26	1,063253	1,180602	2,382971
16	51	24	0,03	1,1	60	28	1,06006	1,172757	2,288513
16,5	52	24	0,031	1,1	60	28	1,06006	1,172757	2,288513
17	53	25	0,03	1,1	61	29	1,056886	1,168874	2,274106
17,5	53	26	0,03	1,1	61	29	1,056886	1,168874	2,274106
18	54	26	0,032	1,2	63	31	1,050595	1,161184	2,245697
18,5	54	27	0,031	1,1	63	31	1,050595	1,161184	2,245697
19	55	28	0,033	1,2	64	32	1,047478	1,157377	2,231692
19,5	56	28	0,033	1,2	64	32	1,047478	1,157377	2,231692
20	56	29	0,034	1,2	65	34	1,044379	1,149837	2,141513
20,5	57	30	0,034	1,2	65	34	1,044379	1,149837	2,141513
21	58	30	0,034	1,2	67	35	1,038235	1,146104	2,190455
21,5	58	31	0,035	1,2	67	35	1,038235	1,146104	2,190455
22	59	31	0,036	1,3	68	36	1,035191	1,142395	2,176964
22,5	60	32	0,035	1,3	68	36	1,035191	1,142395	2,176964
23	60	32	0,035	1,3	69	37	1,032164	1,13871	2,163596
23,5	60	32	0,035	1,4	69	37	1,032164	1,13871	2,163596
24	61	33	0,035	1,3	70	38	1,029155	1,135048	2,150352
24,5	62	33	0,036	1,3	70	38	1,029155	1,135048	2,150352
25	62	34	0,036	1,3	72	39	1,023188	1,13141	2,197629
25,5	63	34	0,037	1,3	72	39	1,023188	1,13141	2,197629
26	63	34	0,036	1,4	73	39	1,020231	1,13141	2,257679
26,5	63	35	0,036	1,4	73	39	1,020231	1,13141	2,257679
27	64	35	0,037	1,4	74	40	1,017291	1,127796	2,243981
27,5	64	36	0,036	1,4	74	40	1,017291	1,127796	2,243981
28	65	36	0,036	1,4	74	41	1,017291	1,124204	2,171045
28,5	65	36	0,037	1,4	75	41	1,014368	1,124204	2,230407
29	66	37	0,036	1,4	76	42	1,011461	1,120635	2,216956
29,5	66	37	0,037	1,5	76	42	1,011461	1,120635	2,216956
30	67	38	0,037	1,4	77	43	1,008571	1,117089	2,203626

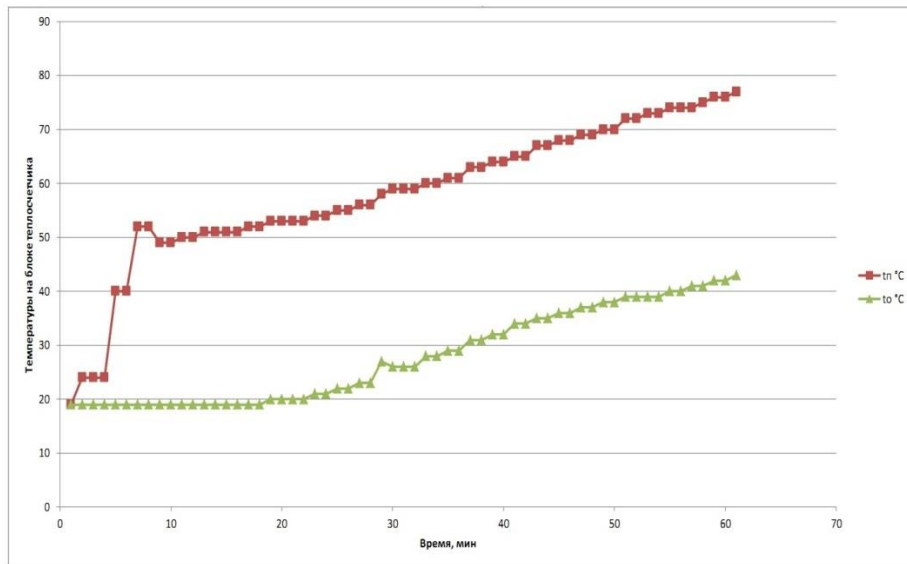


Рисунок 4. График зависимости времени от температуры на блоке теплосчетчика

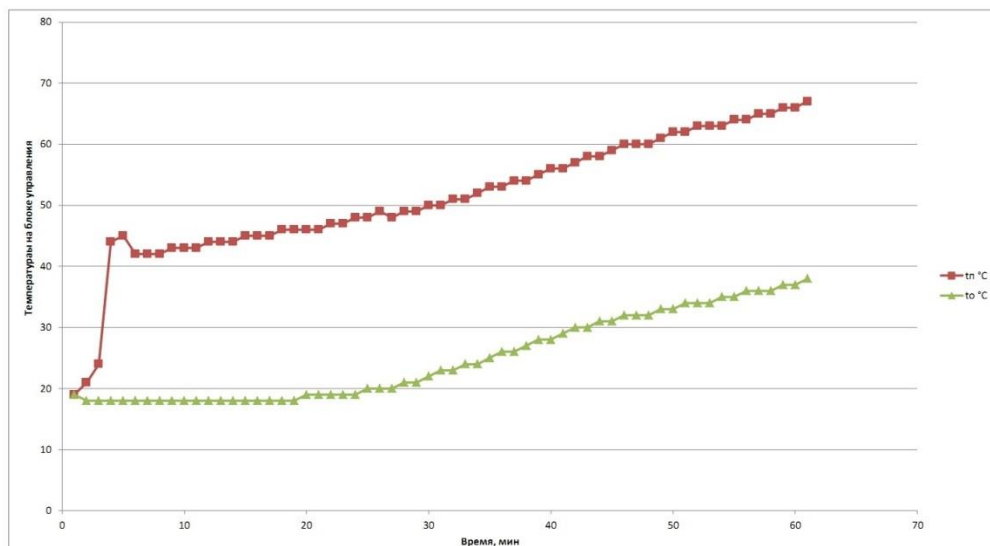


Рисунок 5. График зависимости времени от температуры на блоке управления

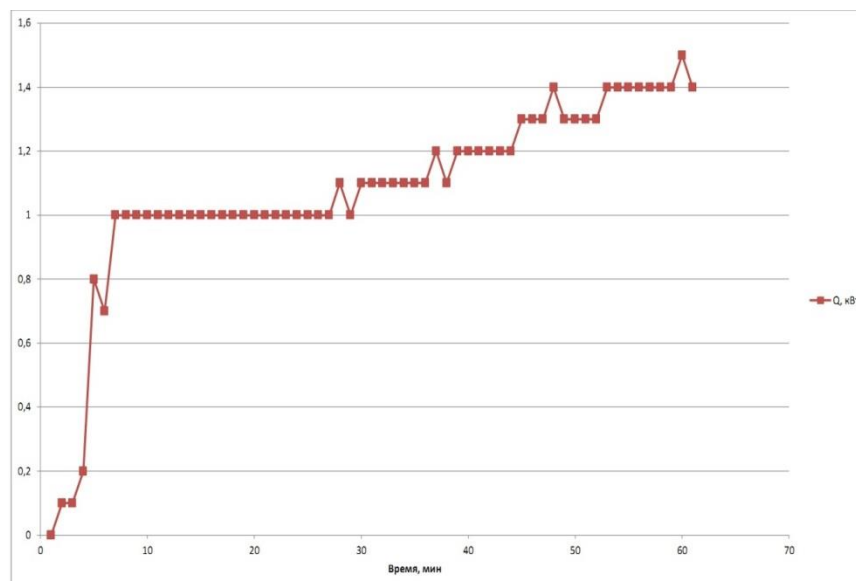


Рисунок 6. График зависимости времени от мощности на блоке управления

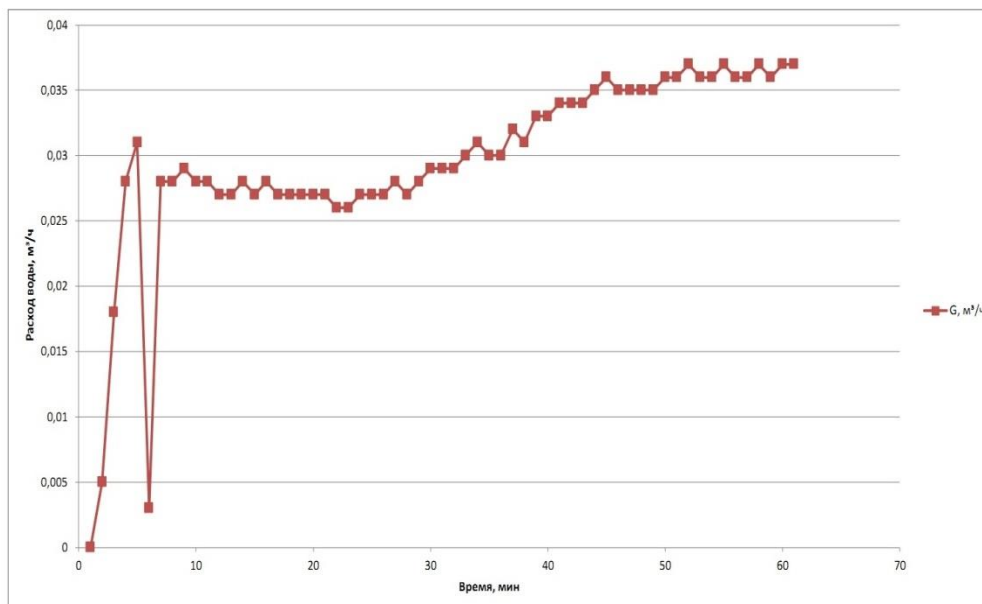


Рисунок 7. График зависимости времени от расхода воды

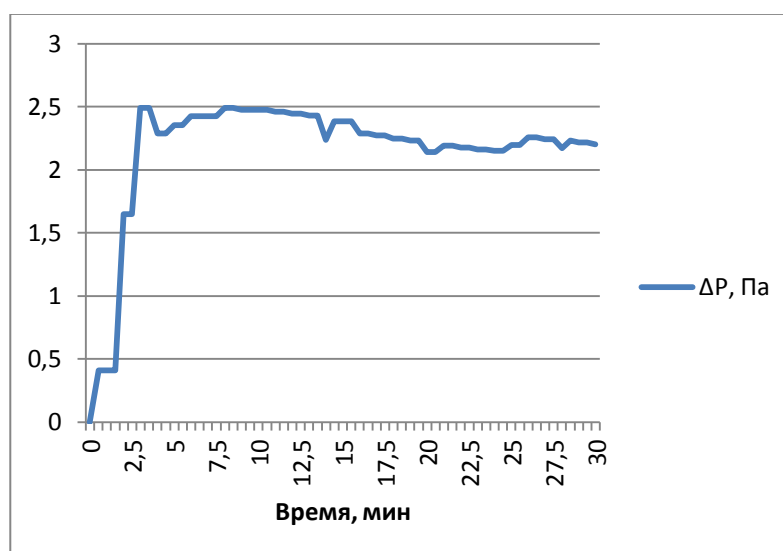


Рисунок 9. График зависимости времени от потерь давления

В ходе научного исследования работы катодного котла выявили, что при увеличении времени проведения опыта увеличивается перепад давления, что объясняется повышением температуры подаваемой воды.

*Список использованных источников:*

1. Паспорт электродного котла.
2. Игнатюк Е.В. Ковальчук А.В. Статистическое давление в системе отопления / Сборник материалов научного семинара “Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях”. 21 марта 2019. – Брест: БрГТУ, 2019. – С. 133-135.