

Лабораторная работа № 1

Тепловой расчет «горячего» контура водяной системы

1. Цель работы. Установить с использованием ПЭВМ зависимость количества радиаторных секций, температур воды и воздуха после секций от температуры окружающего воздуха и выполнить упрощенную схему охлаждающего устройства тепловоза, включающую контур воды дизеля.

2. Исходные данные для выполнения работы студент выбирает из табл.1.

Таблица 1

Наименование данных	Последняя цифра учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Эффективная мощность дизеля N_e , кВт	1000	1200	1500	2000	2200	2500	3000	3500	4000	4200
Удельный расход дизельного топлива дизелем g_e , кг/кВт.ч	0,215	0,212	0,210	0,216	0,208	0,216	0,215	0,212	0,210	0,208

При выполнении вычислений принимаем следующие числовые значения расчетных величин:

теплоотвод в воду, охлаждающую дизель, $q_v = 15,5 \%$ от всего тепла, вводимого в цилиндры дизеля в топливом;

температура воды на выходе из дизеля (перед радиаторными секциями) $t_1 = 95^\circ\text{C}$;

температура окружающего воздуха $\tau = 25^\circ; 35^\circ; 45^\circ\text{C}$;

массовая скорость воздуха в радиаторных секциях $u = 8 \text{ кг/м}^2\cdot\text{с}$;

линейная скорость воды в радиаторных секциях $v = 1 \text{ м/с}$;

плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

удельная теплоемкость воды $c_v = 4,19 \text{ кДж/кг.град}$;

удельная теплоемкость воздуха $c_{vз} = 1,0 \text{ кДж/кг}$

коэффициент теплопередачи радиаторных секций от воды к воздуху K_v
= 0,52 кВт/м².град;

низшая теплота сгорания дизельного топлива $H_u = 42500$ кДж/кг.

Параметры водяных радиаторных секций:

площадь «живого» сечения для прохода воздуха $\omega_{вз} = 0,149$ м²;

площадь «живого» сечения для прохода воды $\omega_v = 0,00132$ м²;

поверхность теплообмена, омываемая воздухом $F = 29,6$ м².

3. Общие положения

3.1. Количество радиаторных секций Z , температуру воды после секций t_2 и температуру воздуха после секций τ_2 определяют в результате решения системы линейных уравнений с тремя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{в}} &= G_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} (t_1 - t_2) \\ Q_{\text{в}} &= G_{\text{вз}} \cdot c_{\text{вз}} (\tau_2 - \tau_1) \\ Q_{\text{в}} &= K_{\text{в}} \cdot F \cdot Z \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (*)$$

где $Q_{\text{в}}$ – теплоотвод в воду, охлаждающую дизель, кДж/с;

$G_{\text{в}}$ - расход воды через радиаторные секции, кг/с;

$G_{\text{вз}}$ - расход воздуха через радиаторные секции, кг/с;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент теплопередачи радиаторных секций от воды к воздуху, кВт/м².град.

3.2. Количество тепла, вводимого в дизель с топливом в единицу времени:

$$Q_{\text{т}} = \frac{g_e N_e H_u}{3600} = \frac{g_e N_e \cdot 42500}{3600} = 11,8 g_e N_e \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

3.3. Теплоотвод в воду, охлаждающую дизель, в единицу времени

$$Q_{\text{в}} = \frac{q_{\text{в}}}{100} \cdot Q_{\text{т}} = \frac{15,5}{100} \cdot 11,8 g_e \cdot N_e = 1,829 g_e \cdot N_e \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

3.4. Расход воды через радиаторные секции

$$G_{\text{в}} = v_{\text{в}} \omega_{\text{в}} \rho_{\text{в}} Z = 1 \cdot 0,00132 \cdot 1000 \cdot Z = 1,32 \cdot Z \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

3.5. Расход воздуха через радиаторные секции

$$G_{вз} = u \omega_{вз} Z = 8 \cdot 0,149 \cdot Z = 1,19 Z \frac{\kappa Дж}{с}.$$

3.6. Подставив полученные в п.3.5 выражения и числовые значения величин, указанные в п.3.3, в уравнения системы (*), получаем:

$$\left. \begin{aligned} 1,829g_e \cdot N_e &= 1,32 \cdot Z \cdot 4,19(95 - t_2) \\ 1,829g_e \cdot N_e &= 1,19 \cdot Z \cdot 1(\tau_2 - \tau_1) \\ 1,829g_e \cdot N_e &= 0,052 \cdot 29,6 \cdot Z \left(\frac{95 + t_2}{2} - \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} \right) \end{aligned} \right\}$$

3.7. Выполнив замену $y = \frac{1}{Z}$ и проведя арифметические действия, можно записать:

$$\left. \begin{aligned} 1,829g_e \cdot N_e \cdot y &= 525,4 - 5,53t_2 \\ 1,829g_e \cdot N_e \cdot y &= 1,19\tau_2 - 1,19\tau_1 \\ 3,658g_e \cdot N_e \cdot y &= 146,2 + 1,54t_2 - 1,54\tau_1 - 1,54\tau_2 \end{aligned} \right\}$$

3.8. Затем приводим уравнения системы к виду, требуемому при использовании стандартной программы решения систем линейных на ПЭВМ.

$$\left. \begin{aligned} 5,53t_2 + 0 \cdot \tau_2 + 1,829g_e \cdot N_e \cdot y &= 525,43 \\ 0 \cdot t_2 - 1,19\tau_2 + 1,829g_e \cdot N_e \cdot y &= -1,19\tau_1 \\ 1,54t_2 - 1,54\tau_2 - 3,658g_e \cdot N_e \cdot y &= -146,2 + 1,54\tau_1 \end{aligned} \right\} \quad (**)$$

Теперь требуется подставить в уравнения системы заданные числовые значения мощности дизеля N_e и удельного расхода дизельного топлива g_e и трижды значения температуры окружающего воздуха $\tau_1 = 25^\circ; 35^\circ; 45^\circ\text{C}$, получив в результате три системы линейных уравнений. Эти уравнения следует решать с использованием ПЭВМ.

4. Оформление работы.

4.1. По результатам решения необходимо составить таблицу 2 полученных данных, а затем, используя их, построить в прямоугольной системе координат графические зависимости числа радиаторных секций Z ,

температур воды t_2 и воздуха τ_2 после секций от температуры окружающего воздуха.

4.2. Внимательно ознакомиться с результатами расчетов, проанализировать построенные графические зависимости и сделать выводы.

5. Пример расчета горячего контура холодильника.

Эффективная мощность дизеля $N_e = 1800$ кВт;

Удельный эффективный расход топлива дизелем $g_e = 0,220$ кг/кВт.ч.

Подставляя числовые значения N_e , g_e и τ_1 в уравнения системы (**), получаем три системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} 5,53t_2 + 0 \cdot \tau_2 + 724,3y &= 525,43 \\ 0 \cdot t_2 - 1,19\tau_2 + 724,3y &= -29,75 \\ 1,54t_2 - 1,54\tau_2 - 1448,6y &= -107,5 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} 5,53t_2 + 0 \cdot \tau_2 + 724,3y &= 525,43 \\ 0 \cdot t_2 - 1,19\tau_2 + 724,3y &= -42,65 \\ 1,54t_2 - 1,54\tau_2 - 1448,6y &= -92,3 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} 5,53t_2 + 0 \cdot \tau_2 + 724,3y &= 525,43 \\ 0 \cdot t_2 - 1,19\tau_2 + 724,3y &= -54,55 \\ 1,54t_2 - 1,54\tau_2 - 1448,6y &= -76,9 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Результаты решения систем линейных уравнений (1) – (3) на ПЭВМ приведены в табл.3.

Таким образом, имеем:

Таблица 2

Параметры	Условные обозначения	Температура окружающего воздуха τ_1 , °С		
		25	35	45
Число радиаторных секций	Z	12	14	17
Температура воды после радиаторных секций, °С	t_2	84,4	86,0	87,6
Температура воздуха после радиаторных секций, °С	τ_2	75,4	78,5	81,3

По данным этой таблицы строим в прямоугольной системе координат графические зависимости:

число радиаторных секций от температуры окружающего воздуха
 $Z(\tau_1)$;

температура воды после секций от температуры окружающего воздуха
 $t_2 (\tau_1)$;

температура воздуха после секций от температуры окружающего
 воздуха $\tau_2 (\tau_1)$.

Графические зависимости, построенные по данным табл.2, приведены
 на рис.4.

Таблица 3

Решение систем линейных уравнений с использованием ПЭВМ

Коэффициенты системы	$A(1, 1) = 5,5$ $A(1, 2) = 0$ $A(1, 3) = 724$	$A(2, 1) = 0$ $A(2, 2) = -1,2$ $A(2, 3) = 1598$	$A(3, 1) = 1,54$ $A(3, 2) = -1,54$ $A(3, 3) = -1449$
Свободный член	$B1 = 525$	$B2 = -29,75$	$B3 = -107,5$
Результаты вычислений	$X1 = 84,421$ $X2 = 75,362$ $X3 = 0,084$		
Коэффициенты системы	$A(1, 1) = 5,5$ $A(1, 2) = 0$ $A(1, 3) = 724$	$A(2, 1) = 0$ $A(2, 2) = -1,19$ $A(2, 3) = 724$	$A(3, 1) = 1,54$ $A(3, 2) = -1,54$ $A(3, 3) = -1449$
Свободный член	$B1 = 525$	$B2 = -41,6$	$B3 = -92,3$
Результаты вычислений	$X1 = 86,023$ $X2 = 78,547$ $X3 = 0,072$		
Коэффициенты системы	$A(1, 1) = 5,5$ $A(1, 2) = 0$ $A(1, 3) = 724$	$A(2, 1) = 0$ $A(2, 2) = -1,19$ $A(2, 3) = 724$	$A(3, 1) = 1,54$ $A(3, 2) = -1,54$ $A(3, 3) = -1449$
Свободный член	$B1 = 525$	$B2 = -53,5$	$B3 = -77$
Результаты вычислений	$X1 = 87,585$ $X2 = 81,332$ $X3 = 0,06$		