Лекция№7

Тема

Охлаждающие устройства тепловозов

План лекции

1. Назначение и элементы охлаждающего устройства.

2. Требования, предъявляемые к охлаждающим устройствам.

3. Классификация охлаждающих устройств.

4. Конструктивные особенности водо- и масловоздушных секций радиаторов.

5. Тепловой расчет радиатора с оребренными поверхностями.

Назначение и элементы охлаждающего устройства

Охлаждающее устройство предназначено для отвода теплоты от жидкости к атмосферному воздуху.

Элементами охлаждающего устройства являются:

1. Радиаторы.
2. Шахта.
3. Водомасляный теплообменник.
4. Воздушные каналы.
5. Трубопроводы.
6. Устройства регулирования температур жидкости.

Требования, предъявляемые к охлаждающим устройствам

- Теплорассеивающую способность при температуре наружного воздуха от - 50 до + 40 °С, при которой возможна реализация номинальной мощности тепловоза.
- Минимальные затраты мощности на привод вентилятора.
- Минимальные затраты цветных металлов.
- Полную автоматизацию работы охлаждающего устройства.
- Высокую надежность оборудования.

Классификация охлаждающих устройств

1. По схеме системы охлаждения.

   1.1 Воздушная (вода и масло охлаждаются воздухом).
   1.2 Смешанная (вода охлаждается воздухом, а масло – водой).

2. По месту расположения радиаторов.

   2.1 Боковое.
   2.2 Крышевое.
   2.3 Торцевое.

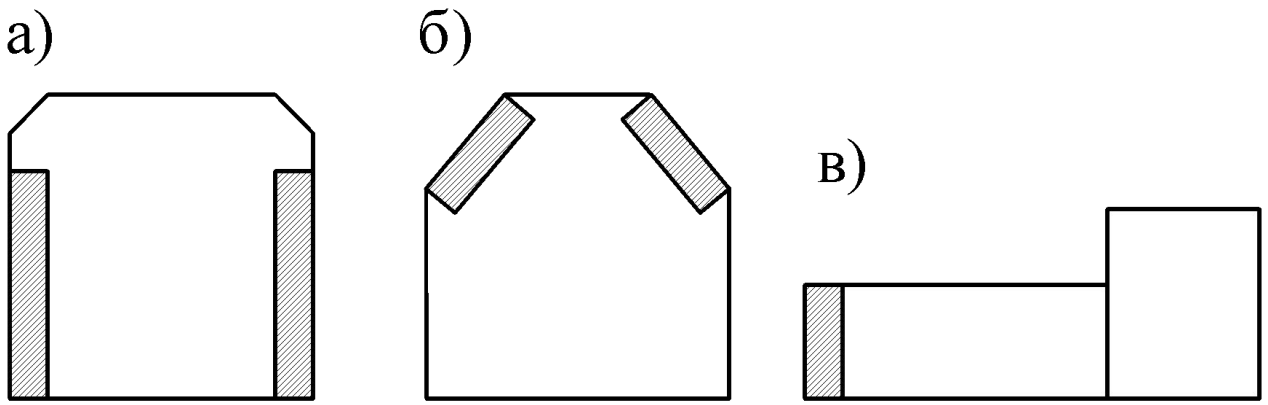


Рис. 1. Место расположения радиаторов:
а - боковое; б - крышевое; в - торцевое

3. По форме расположения радиаторов.

3.1 Вертикальное.
3.2 V-образное.
3.3 Шатровое.

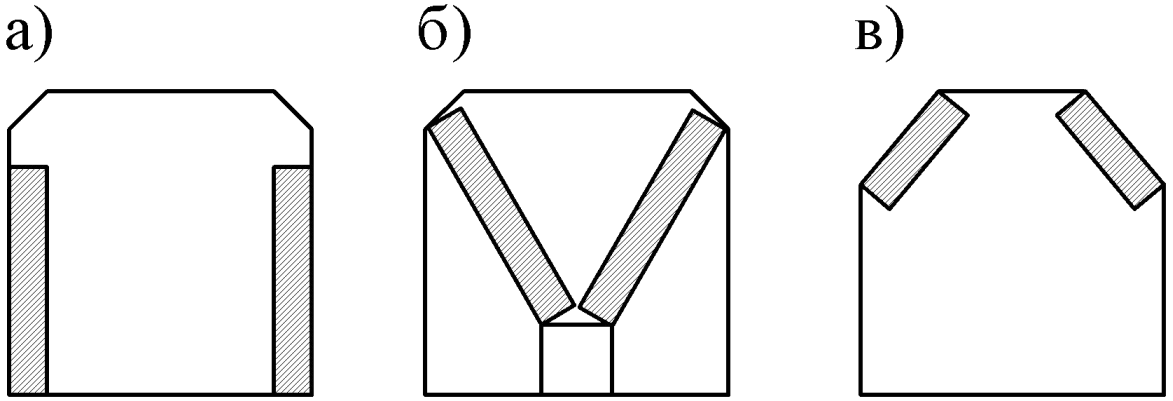


Рис. 2. Форма расположения радиаторов:
а – вертикальное; б – V-образное; в - шатровое

4. По числу рядов радиаторов.

4.1 Однорядное.
4.2 Двухрядное.

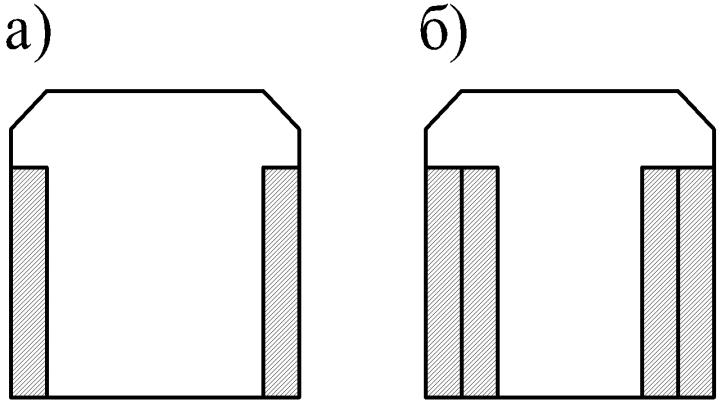


Рис. 3. Число рядов радиаторов:
а – однорядное; б – двухрядное

5. По этажности радиаторов.

5.1 Одноэтажное.
5.2 Двухэтажное.

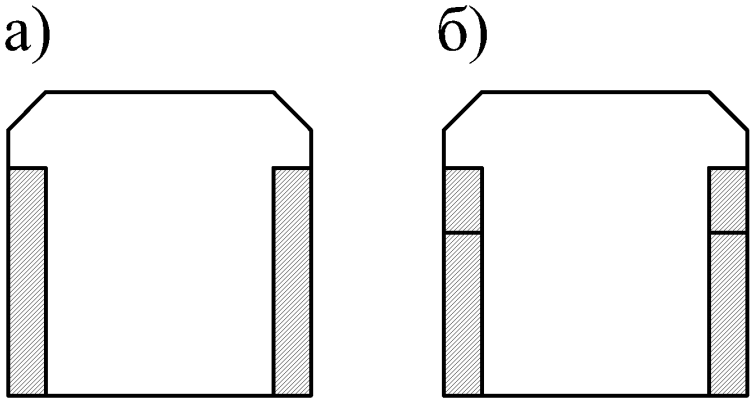


Рис. 4. Этажность радиаторов:
а – одноэтажное; б – двухэтажное

6. По конструкции шахты.

6.1 Каркасная, которая составляет единое целое с кузовом тепловоза.
6.2 Блочная, которая монтируется в кузов вместе со всеми элементами охлаждающего устройства.

7. По схеме работы вентиляторов.

7.1 На всасывание.
7.2 На нагнетание.

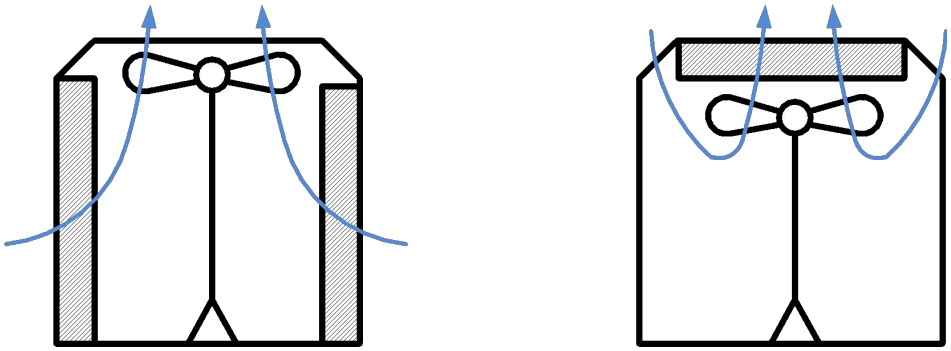


Рис. 5. Схема работы вентилятора:
а – на всасывание; б – на нагнетание

8. По количеству вентиляторов.

8.1 Один.
8.2 Два.
8.3 Четыре.

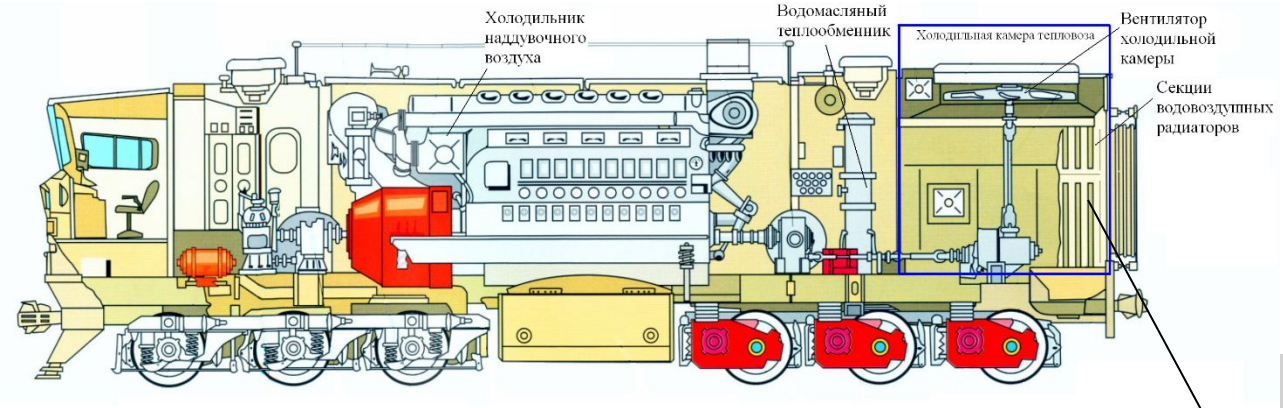
9. По типу привода вентилятора.

    9.1 Механический.
    9.2 Гидродинамический.
    9.3 Гидростатический.
    9.4 Электрический.

10. По способу регулирования жидкости.

    10.1 Ручное.
    10.2 Дистанционное.
    10.3 Автоматический.

Конструктивные особенности водо- и масловоздушных секций радиаторов



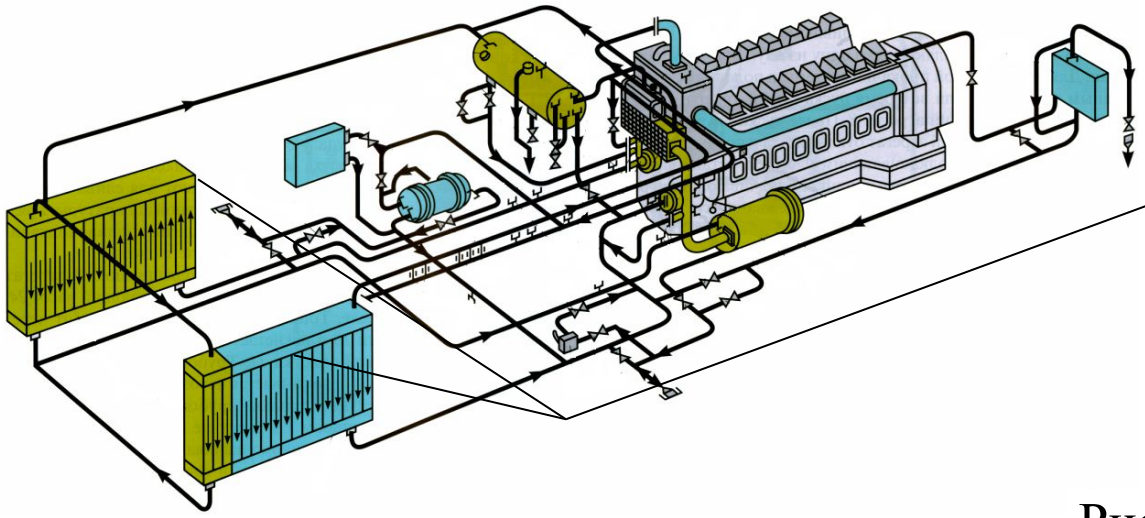


Рис. 6. Система охлаждения теплоносителей дизеля

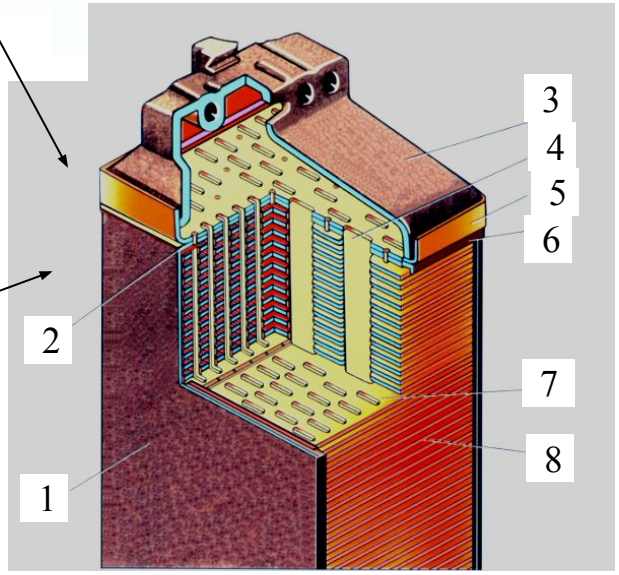


Рис. 7. Водовоздушные секции радиатора:

1 - боковой щиток; 2 – усилительная доска; 3 – коллектор; 4 – охлаждающая трубка; 5 – трубная коробка; 6 – ободок; 7 – охлаждающая пластина; 8 - пруток

Таблица 1 - Характеристики водо- и масловоздушных секций радиаторов

Параметр	Водяная секция				Масляная секция	
	ВП12	ВС12	ВС7	ВС5	МВ12	МВ5
Расстояние между центрами отверстий крепления, мм	1356		860	686	1356	686
Поверхность теплообмена, мм:						
- высота	1206		710	535	1206	535
- ширина	152,5				152,5	
- глубина	187				197	200
Размеры трубок, мм	19,5×2,2				13,5×2,9	25,4×3,5
Толщина стенки, мм	0,55				0,55	0,50
Шаг расположения трубок, мм:						
- по фронту	16				14	
- по глубине	22				24	31
Расположение трубок в пучке	Шахматное				Коридорное	
Число рядов трубок по глубине	8				8	6
Число трубок в секции, шт.	68				80	58

Продолжение таблицы 1

Параметр	Водяная секция				Масляная секция	
	ВП12	ВС12	ВС7	ВС5	МВ12	МВ5
Пластины оребрения:						
- шаг, мм	2,83	2,3			3,28	
- толщина, мм	0,1				0,1	
- число в секции	422×2	525×2	302×2	232×2	364×2	159×2
Живое сечение для прохода, $м^2$:						
- воздуха	0,1361	0,149	0,0786	0,0662	0,1135	0,04884
- жидкости	0,00132				0,00336	
Поверхность теплообмена, омываемая воздухом, $м^2$	21,0	29,60	16,9	13,1	19,3	8,66
Поверхность теплообмена, омываемая жидкостью, $м^2$	3,04		1,77	1,35	3,76	-
Масса секции, кг	45,65	42,25	27,8	24,55	48,0	30,7

Тепловой расчет радиатора с оребренными поверхностями

Коэффициент теплопередачи, отнесенный у наружной поверхности, омываемой воздухом

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda}\right) \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2}} \qquad (1)$$

Уравнение теплопередачи

$$Q = K \cdot F_c \cdot \Delta t \qquad (2)$$

Уравнение теплового баланса

$$Q = G_1 \cdot c_{p1} \cdot \left(t_1' - t_1''\right) = G_2 \cdot c_{p2} \cdot \left(t_2' - t_2''\right) \qquad (3)$$

Обобщенное критериальное уравнение

$$Ki = A \cdot Re_{вз}^{p} \cdot Re_{вд}^{n_1} \cdot \theta \qquad (4)$$

Средний температурный напор

$$\Delta t = \frac{\left(t'_{вд} + t''_{вд}\right)}{2} - \frac{\left(t'_{вз} + t''_{вз}\right)}{2} \qquad (5)$$

Число секций

$$n_c = \frac{Q}{t'_{вд} - t'_{вз}} \cdot \left(\frac{1}{KFu} + \frac{1}{2\alpha_{вд} \cdot \quad_{рвд} \cdot \omega_{вд}} + \frac{1}{2 \quad_{вз} \cdot \quad_{рвз} \cdot \omega_{вз}} \right) \qquad (6)$$

Потери напора воздуха и охлаждаемой жидкости в пределах секции

$$\Delta p_c = \varsigma \cdot \frac{u^2}{2p} \qquad (7)$$

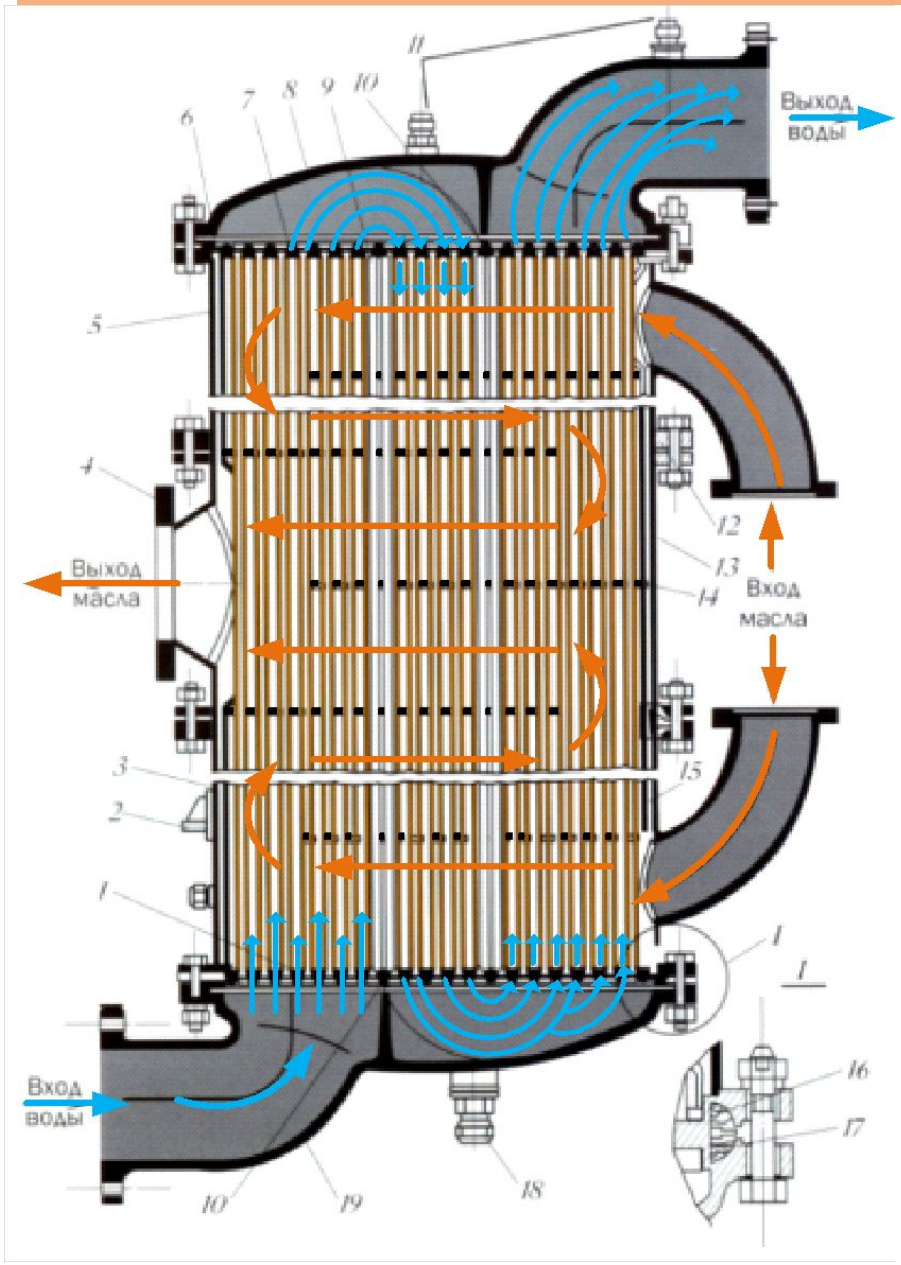
Приведенный коэффициент сопротивления секции при неизотермическом течении воздуха или жидкости

$$\varsigma = \frac{B \cdot 10^{m \cdot \theta}}{Re_{вз}^q} \qquad (8)$$

Гидравлическое сопротивление водовоздушных секций

$$\Delta p_{вз} = 0{,}392 \cdot u_{вд}^{1{,}92} \qquad (9)$$

Конструктивные особенности водомасляного теплообменника



1,7 – трубные доски нижняя и верхняя; 2 – кронштейн; 3,5,13 – корпуса нижний, верхний и средний; 4 – патрубок выхода масла; 6,12,16 – резиновые уплотнительные кольца; 8,19 – крышки верхняя и нижняя; 9 – трубка; 10 – резиновое уплотнение; 11 – штуцер для выпуска паровоздушной смеси; 14 – перегородка; 15 – рубашка; 17 – промежуточное стальное кольцо; 18 – штуцер для слива воды

Рис. 8. Водомасляный теплообменник

Таблица 2 - Характеристики водомасляных теплообменников

Наименование	Тепловоз					
	ТЭП70	2ТЭ121	2ТЭ116	М62	ТЭМ7	ТЭМ2М
Количество охладителей на секцию, шт	2		1	1	2	1
Рабочая длина трубок, мм	1548				1188	2×730
Диаметр трубки внутренний (наружный), мм	10 (15)			8 (8)	10 (15)	
Количество трубок в пучке	148			955	148	55
Шаг расположения трубок:						
- по фронту	27			13	27	29
- по глубине	23,4			11,25	23,4	25,1
Диаметр (длина) охлаждающего элемента, мм	375(1592)			460 (1535)	375 (1238)	245 (2×790)
Живое сечение для теплоносителей, $м^2$:						
- снаружи труб	0,0193			0,0131	0,0184	0,00884
- внутри труб	0,0058			0,016	0,0158	0,00432
Расстояние между перегородками, мм	147,5			147	141,5	102
Поверхность охлаждения наружная (внутренняя), $м^2$	55(6,7)			44 (35,2)	44 (5,5)	22,9 (2,52)

Продолжение таблицы 2

Наименование	Тепловоз					
	ТЭП70	2ТЭ121	2ТЭ116	М62	ТЭМ7	ТЭМ2М
Число ходов снаружи (внутри) труб	10 (2)			10 (3)	8 (2)	2×6 (1)
Диаметр (длина) охладителя, мм	387(1798)			472 (1712)	387 (1438)	257 (1810)
Объем, $м^2$:						
- охлаждающего элемента	0,178			0,255	0,138	0,0735
- охладителя	0,211			0,290	0,169	0,094
Теплоотвод номинальный, кВт	535		425	295	290	86
Номинальный расход масла (воды), $м^3$/ч	100 (80)			56 (75)	95 (80)	44 (40)
Максимально допустимые температуры масла (воды) при входе, ^oC	87 (68)	88 (68)	88 (70)	73 (60)	85 (68)	85 (65)
Масса трубок (охладителя), кг	324 (610)			342 (596)	285 (490)	127 (258)