

А. С. АНИСИМОВ

ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ

ЧАСТЬ 1

ОМСК 2016

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Омский государственный университет путей сообщения

А. С. Анисимов

ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Часть 1

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия
к выполнению практических работ

Омск 2016

УДК 629.424.1(075.8)
ББК 39.23я73
А67

Теория и конструкция локомотивов: Учебно-методическое пособие к выполнению практических работ. Часть 1 / А. С. Анисимов; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 40 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены конструктивные особенности узлов и систем тепловозов, предложен ряд задач для расчета основных параметров локомотива, конструкции узлов и систем.

Целью учебно-методического пособия является закрепление знаний, полученных в процессе изучения теоретического курса, приобретение практических навыков по расчету параметров систем тепловоза.

Предназначено для студентов специальности «Подвижной состав железных дорог», специализации «Локомотивы», направления подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы», направленности «Автономный подвижной состав железных дорог», для аспирантов направления подготовки «Техника и технологии наземного транспорта», направленности «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» очной и заочной форм обучения.

Библиогр.: 4 назв. Табл. 5. Рис. 9. Прил. 1.

Рецензенты: канд. техн. наук П. С. Корнеев;
канд. техн. наук, доцент А. А. Бакланов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Практическое занятие 1. Топливная система тепловоза.....	6
1.1. Особенности топливной системы.....	6
1.2. Расчет элементов топливной системы.....	11
1.3. Ход выполнения практического занятия.....	12
1.4. Контрольные вопросы.....	12
Практическое занятие 2. Масляная система тепловоза.....	13
2.1. Особенности масляной системы.....	13
2.2. Расчет оборудования масляной системы.....	17
2.3. Ход выполнения практического занятия.....	18
2.4. Контрольные вопросы.....	18
Практическое занятие 3. Водяная система тепловоза.....	19
3.1. Особенности водяной системы.....	19
3.2. Расчет элементов водяной системы.....	23
3.3. Ход выполнения практического занятия.....	26
3.4. Контрольные вопросы.....	26
Практическое занятие 4. Привод главного вентилятора тепловоза.....	27
4.1. Особенности приводов вентиляторов.....	27
4.2. Расчет вентилятора системы охлаждения.....	31
4.3. Ход выполнения практического занятия.....	36
4.4. Контрольные вопросы.....	36
Библиографический список.....	36
Приложение. Исходные данные для выполнения расчетов.....	37

ВВЕДЕНИЕ

В процессе изучения дисциплины «Теория и конструкция локомотивов» предусмотрено проведение практических занятий, цель которых – изучение конструкции и принципа действия узлов и агрегатов вспомогательных систем и экипажной части тепловозов и получение практических навыков по расчету параметров систем и оборудования локомотива.

Для повышения заинтересованности и объема знаний в области теории и конструкции локомотивов студенту для изучения назначается определенная серия тепловоза. Изучение конструкции тепловоза проводится в аудитории в интерактивном режиме под руководством преподавателя, где происходит активное обсуждение темы практического занятия, используются мультимедиа техника, плакаты, натурные и макетные образцы техники. В ходе занятий студенты, обсудив тему, записывают особенности систем и других тепловозов, т. е. получают знания по всем изучаемым сериям локомотивов. Здесь же студент знакомится с методикой расчета того или иного узла или определенной системы локомотива. Студенты самостоятельно в соответствии с вариантом задания выполняют расчеты параметров системы тепловоза.

В данном учебно-методическом пособии излагаются планы всех практических занятий, приводятся порядок их выполнения, оформления схем и рисунков и особенности систем всех рассматриваемых тепловозов.

После выполнения практического занятия студент оформляет отчет, который должен содержать цель занятия, порядок решения поставленной задачи, результаты решения и ответы на контрольные вопросы.

ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЗА

Цель занятия: изучить схемы и принцип работы топливной системы тепловоза, характеристики и конструктивные особенности ее узлов и агрегатов.

1.1. Особенности топливной системы

Топливная система тепловоза предназначена для размещения запасов топлива, очистки и подогрева топлива, подачи топлива к насосам высокого давления.

В состав топливной системы любого тепловоза входят топливные баки, топливоподкачивающие насосы, фильтры грубой и тонкой очистки, топливоподогреватель, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы, предохранительные устройства, система аварийного питания дизеля.

Схема топливной системы тепловоза 2ТЭ116У приведена на рис. 1.

Во время предпусковой прокачки системы и запуска дизель-генераторной установки (ДГУ) топливо из топливного бака 25 по трубе заборного устройства 26 через фильтр грубой очистки 27 засасывается топливоподкачивающим агрегатом 31 и по нагнетательной трубе через невозвратный клапан 34 и фильтр тонкой очистки 12 подается в дизель 13 к топливным насосам высокого давления (ТНВД) 19. Из топливных насосов 19 топливо по трубопроводу высокого давления поступает к форсункам 20, через которые происходит впрыск топлива в цилиндры дизеля. Избыток топлива через перепускной клапан 21, топливоподогреватель 23 сливается по трубопроводу горячего топлива 24 в заборное устройство 26. Всасывающий трубопровод топливоподкачивающего насоса 36 перекрыт невозвратным клапаном 35. Топливо, просочившееся из полости высокого давления форсунок, по трубе 22 сливается в топливный бак. Для обеспечения давления топлива, необходимого для нормальной работы дизеля, на нагнетательных трубопроводах после топливоподкачивающих агрегата и насоса установлены предохранительные клапаны 33 и 37, а на трубопроводе слива топлива – перепускной клапан 21. Вентиль 1 служит для удаления воздуха из системы после длительной стоянки дизеля.

После пуска ДГУ топливоподкачивающий агрегат отключается и в работу вступает топливоподкачивающий насос 36, установленный на дизеле с приводом от коленчатого вала. Топливо в этом случае проходит фильтр грубой очистки 28 и нагнетается к фильтру тонкой очистки 12. Магистраль к топливоподкачивающему агрегату перекрывается невозвратным клапаном 34. В случае отказа топливоподкачивающего насоса 36 топливоподкачивающий агрегат используется как аварийный.

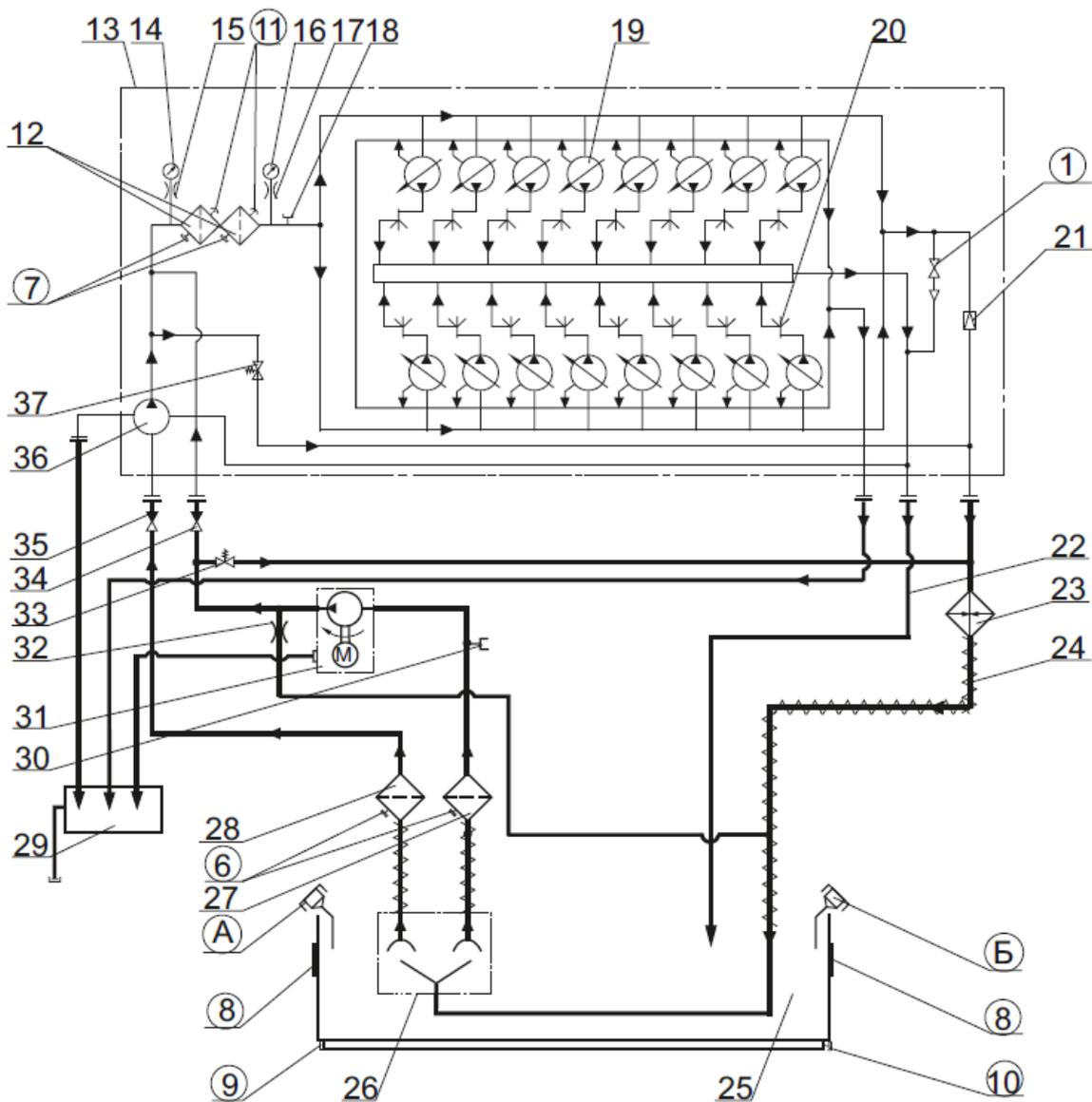


Рис. 1. Схема топливной системы тепловоза 2ТЭ116У

По манометрам 14 и 16 контролируются работа системы подачи топлива в дизель и перепад давления на фильтре тонкой очистки. Демпферы 15 и 17, устанавливаемые перед манометрами, служат для предохранения от пульсаций

давления топлива, вызываемых работой ТНВД дизеля. Патрубок 18 служит для установки ртутного термометра измерения температуры топлива в нагнетательном трубопроводе во время проведения регулировочных испытаний ДГУ и для проверки эффективности работы топливоподогревателя.

Для разгрузки нагнетательного трубопровода топливоподкачивающего агрегата и исключения течи по сальнику предусмотрена трубка с дросселем 32.

Грязное топливо с полок дизеля и плиты топливоподкачивающего агрегата удаляется по сливному трубопроводу в емкость для сбора утечек 29.

Заправка топливного бака тепловоза осуществляется через заливные устройства А и Б. К днищу бака приварен отстойник, на торцевых стенках которого с одной стороны установлен клапан 10 для слива отстоя, а с другой – имеется отверстие, закрытое крышкой 9, для очистки отстойника. На боковых стенках топливного бака имеются по четыре промывочных отверстия, закрытых крышками 8.

Для слива отстоя из фильтров грубой и тонкой очистки имеются пробки 6 и 7. Для выпуска воздуха из фильтров тонкой очистки топлива предназначены специальные иглы 11. Перед первичным включением топливоподкачивающего агрегата для залива топлива служит штуцер 30.

Часовой расход топлива дизелем для каждой позиции контроллера машиниста тепловоза определяется по выражению, кг/ч:

$$B_{\text{ч}} = N_e b_e, \quad (1)$$

где N_e – эффективная мощность дизеля, кВт;

b_e – удельный эффективный расход топлива дизелем, кг/(кВт·ч).

Максимальная производительность топливоподкачивающего насоса рассчитывается с учетом подогрева топлива и создания необходимого подпора в топливном коллекторе дизеля. Например, для тепловозов ТЭМ2, ТЭМ18, ТЭМ7, М62, 2ТЭ10М, 2ТЭ116, ТЭП70, 2ТЭ25 производительность насоса составляет 27 л/мин при давлении топлива до фильтров тонкой очистки 0,30 – 0,35 МПа, после фильтров (в топливном коллекторе) – 0,11 – 0,25 МПа. Для тепловоза ЧМЭЗ производительность топливоподкачивающего насоса составляет 42 л/мин при давлении до фильтров тонкой очистки 0,53 МПа, после фильтров – 0,20 – 0,25 МПа.

Максимальная производительность топливоподкачивающего насоса должна быть выше часового расхода топлива дизелем, т. е. превышать производительность ТНВД. Производительность топливоподкачивающего насоса определяется по выражению, кг/ч:

$$G_T = k_T B_{\text{ч}}, \quad (2)$$

где k_T – кратность циркуляции топлива в топливной системе тепловоза. Для номинального режима работы ДГУ $k_T = 2 - 4$.

На тепловозах 2ТЭ10М, М62, ТЭМ2, ТЭМ18, ТЭМ7 основной топливоподкачивающий насос имеет электрический привод. В этом случае часовая подача топлива практически не зависит от нагрузки дизеля и с уменьшением нагрузки дизеля наблюдается значительное увеличение кратности циркуляции. Это обеспечивает увеличение расхода топлива на слив летом или прогрев топлива в топливоподогревателе зимой. Если топливоподкачивающий насос имеет привод непосредственно от вала дизеля (механический привод, тепловозы 2ТЭ116, ТЭП70, 2ТЭ25, ЧМЭЗ), то его производительность прямо пропорциональна частоте вращения вала. Тогда кратность циркуляции топлива, а, следовательно, и эффективность его прогрева в зимнее время можно оценить по выражению:

$$k_T = \frac{P_{\text{ТПН}}}{B_{\text{ч}}} \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{д}}^{\text{ном}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{ТПН}}$ – номинальная (паспортная) производительность топливоподкачивающего насоса, кг/ч;

$n_{\text{д}}$ – частота вращения коленчатого вала дизеля на режиме работы, отличном от номинального, мин⁻¹;

$n_{\text{д}}^{\text{ном}}$ – номинальная (паспортная) частота вращения коленчатого вала дизеля, мин⁻¹.

Топливоподкачивающий насос с электрическим приводом (рис. 2) состоит из электродвигателя 1 и помпы 2, установленных на плите 4 и соединенных муфтой 5. Ведущая втулка 8 выполнена за одно целое с валом, имеет зубья с внутренним зацеплением. Впадины зубьев сквозные. Наружной поверхностью втулка плотно прилегает к корпусу 11. С внутренней стороны зубья втулки

плотно прилегают к наружной поверхности серповидного выступа крышки 10. К внутренней поверхности этого выступа плотно прилегают зубья звездочки 7, сидящей на оси 6, впрессованной в отверстие крышки и расположенной эксцентрично оси вращения ведущей втулки.

Прокладка 12 обеспечивает осевой зазор между шестернями и корпусом помпы. Втулки 16, 18, 19, уплотнительное кольцо 15, сильфон 14 и пружина 13 служат уплотнением для предотвращения утечек топлива со стороны вала втулки 8. Все детали помпы стянуты накидной гайкой 17.

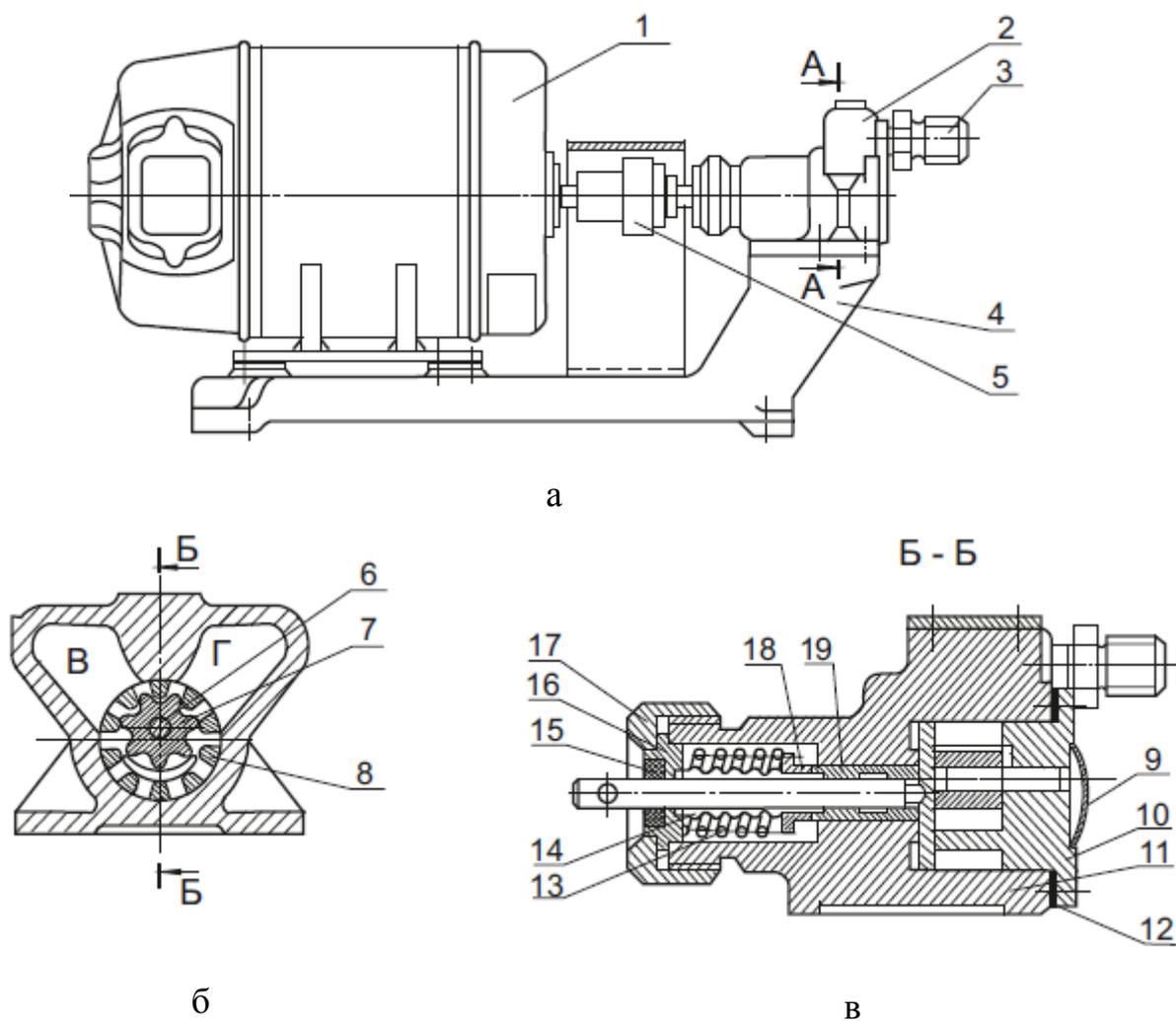


Рис. 2. Топливоподкачивающий насос с электроприводом

Топливо засасывается из топливного бака по всасывающему трубопроводу в полость В и заполняет промежутки между зубьями втулки и звездочкой, а при их вращении выдавливается зубьями в полость Г, штуцер 3 и далее в нагнетательную магистраль.

1.2. Расчет элементов топливной системы

Емкость топливного бака тепловоза определяется необходимой продолжительностью работы локомотива без экипировки, удельным расходом топлива и мощностью силовой установки.

Время работы тепловоза, ч,

$$T = \frac{L}{v_T}, \quad (4)$$

где L – длина тягового плеча, км;

v_T – средняя техническая скорость тепловоза на участке, км/ч.

Требуемое количество топлива при работе энергетической установки тепловоза на номинальном режиме, кг,

$$B = K T b_e N_e = K T B_{\text{ч}}, \quad (5)$$

где $K = 1,1 - 1,2$ – коэффициент запаса.

Необходимый объем топлива в топливном баке тепловоза, л,

$$V = \frac{B}{\rho_T}, \quad (6)$$

где $\rho_T = 0,83 - 0,85$ – плотность топлива, кг/л.

Мощность, затрачиваемая на привод топливоподкачивающего насоса, кВт,

$$N_{\text{ТПН}} = \frac{G_T \Delta P}{3600 \rho_T \eta_{\text{ТПН}}}, \quad (7)$$

где $\Delta P = 0,25 - 0,35$ – перепад давления в топливной системе, МПа;

$\eta_{\text{ТПН}} = 0,6 - 0,75$ – КПД топливоподкачивающего насоса.

Максимально возможный пробег тепловоза в условиях эксплуатации без набора топлива,

для грузовой и пассажирской работы, км –

$$L_{\max} = \frac{0,9mE}{Q_{\pi}e} 10^4, \quad (8)$$

где m – количество секций тепловоза;

E – емкость топливного бака секции тепловоза, кг;

Q_{π} – расчетная масса поезда на участке обращения, т;

e – удельный расход топлива на тягу поездов, кг/(10^4 ткм брутто);
для маневровой работы, ч –

$$L_{\max} = \frac{0,9mE}{e_m}, \quad (9)$$

где e_m – удельный расход топлива на маневровую работу, кг/ч.

1.3. Ход выполнения практического занятия

1) Вычертить схему топливной системы тепловоза (согласно варианту задания) с указанием технических характеристик элементов топливной системы.

2) Дать краткое описание работы топливной системы тепловоза в трех режимах: перед запуском дизеля, в рабочем и в аварийном режимах.

3) Выполнить расчет оборудования топливной системы тепловоза в соответствии с рекомендациями подразд. 1.2.

Исходные данные для расчета выбрать из табл. П.1. Недостающие данные принять по тепловозу-образцу.

1.4. Контрольные вопросы

1) Как изменится кратность циркуляции на нулевой позиции контроллера машиниста по отношению к номинальному режиму работы дизеля тепловоза ЧМЭЗ?

2) Какую мощность может развить дизель тепловоза, если при отказе топливоподкачивающего насоса включится аварийная система подачи топлива?

3) Чем конструктивно различаются фильтры грубой очистки топлива тепловозов 2ТЭ10М и ТЭП70?

МАСЛЯНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЗА

Цель занятия: изучить схемы и принцип работы масляной системы тепловоза, характеристики и конструктивные особенности ее узлов и агрегатов.

2.1. Особенности масляной системы

Масляная система тепловоза служит для поддержания необходимого давления и подвода масла для обеспечения жидкостного трения в узлах трения дизеля и вспомогательных агрегатов, отвода тепла, образующегося при трении узлов и охлаждении поршней дизеля, удаления продуктов износа, фильтрации и размещения запасов масла на тепловозе.

В состав масляной системы тепловоза входят масляный бак (картер дизеля), масляный насос (один или два), маслопрокачивающий насос, фильтры грубой и тонкой очистки, центробежный фильтр, масляный холодильник (водо-масляный теплообменник или масловоздушные секции), трубопроводы, контрольно-измерительные приборы и предохранительные устройства. На большинстве тепловозов используются масляные системы с одним масляным насосом (на тепловозах 2ТЭ116 и ТЭП70 масляных насоса два).

Схема масляной системы тепловоза ТЭМ18ДМ приведена на рис. 3.

Основным резервуаром масляной системы служит нижняя полость рамы дизеля (картер), в которую заливается 430 кг масла. Смазка дизеля принудительная, осуществляется при помощи масляного шестеренчатого насоса 17, установленного на дизеле 1. Масло забирается насосом из картера дизеля через сетку нижнего маслосборника 23 и подается в фильтр грубой очистки 24, затем в полнопоточный фильтр тонкой очистки 25 и в водо-масляный теплообменник 3 для охлаждения масла водой дизеля. Из охладителя масло поступает на смазку узлов дизеля, после чего сливается в картер. Масло к центробежному фильтру 28 отбирается из нагнетательной линии на выходе из фильтра грубой очистки. Насос дизеля 17 в нагнетательном трубопроводе создает давление не более 0,539 МПа. Величина этого давления обеспечивается разгрузочным клапаном 10, размещенным непосредственно в насосе, перепускающем избыток масла

Для измерения температуры масла на нагнетательном трубопроводе есть карман под ртутный термометр 15. Контроль температуры масла осуществляется по электротермометру 30, установленному на пульте машиниста. Тепловое расширение масляного трубопровода компенсируется компенсаторами 19(1) – 19(6).

Для защиты дизеля при понижении давления масла на дизеле установлен датчик-реле давления 20, который выключает подачу топлива (останавливает дизель) при падении давления масла на входе в дизель до $0,147 + 0,01$ МПа. На трубопроводе масла после водомасляного теплообменника на входе в дизель установлены датчик-реле температуры (термореле) 21(1), 21(2), 21(3) и датчик электротермометра 22.

В полнопоточном фильтре 25 очистка масла производится в сменных фильтрующих элементах типа «Нарва 6-4».

Для измерения уровня масла служит маслоизмерительный щуп 2. Клапаны (вентили) 5«1» – 5«4» служат для соединения (разъединения) линий трубопроводов масла, клапан (вентиль) 6«5» – для слива масла из картера дизеля, вентиль 7«6» – для отбора проб масла, вентиль 8«7» – запорный.

Заправка дизеля маслом осуществляется через заливную горловину 9 через фильтр 29. Подвод масла к подшипникам турбокомпрессора осуществляется через фильтр 26, а через фильтр 27 – к валу привода топливного насоса. Бак для масла 4 емкостью 80 л служит емкостью хранения запаса масла для периодического пополнения системы маслом в процессе эксплуатации тепловоза.

Для циркуляции масла под давлением на дизеле установлен шестеренный масляный насос (рис. 4). Во внутреннюю полость корпуса 9 вставлены две косозубые шестерни 10 и 11. Шпильками через уплотнительные локотканевые прокладки к корпусу притянуты две подшипниковые планки 7 и 12, изготовленные из чугуна. В планки вставлены четыре роликоподшипника 18, являющиеся опорами косозубых шестерен. Наружные кольца роликоподшипников удерживаются от выпадения с левой стороны планкой, с правой – крышкой 14.

На шлицы левого хвостовика ведущей шестерни 10 насажен зубчатый поводок 17, закрепленный гайкой 16. На правый хвостовик надеты шайба 20 и подшипник 19, который упирается наружным кольцом в поршень 15, тем самым воспринимая осевую силу, возникающую при работе насоса. При этом поршень от перемещения удерживается давлением масла, поступающего по ка-

налам из нагнетательной полости насоса Н. От проворота поршень удерживается штифтом, который вставлен в отверстие крышки 14.

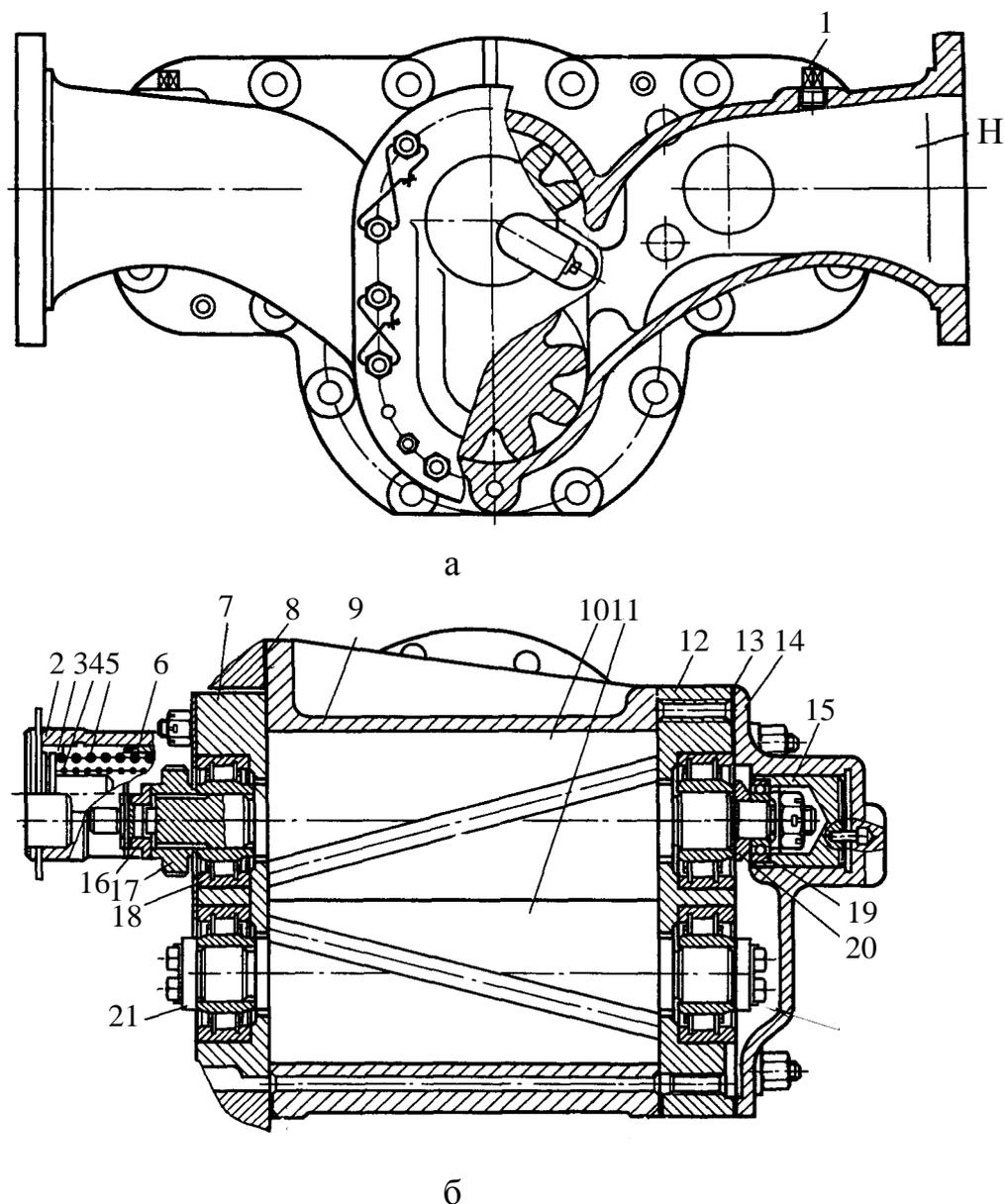


Рис. 4. Конструкция масляного насоса дизеля 10Д100

Крепление нижних подшипников ведомой шестерни состоит из шайбы 21, притянутой к подшипнику двумя болтами. Масло, поступающее на смазывание подшипников и проникшее по зазору поршня 17 из полости крышки, уходит по каналу в картер дизеля.

На корпусе насоса установлен предохранительный клапан, корпус 2 которого расположен внутри отсека управления. Редукционный клапан 6 двумя пружинами 4 и 5 прижат к притертому с ним седлу. Регулировка нажатия пружин

жин производится нажимной гайкой 3. При превышении давления поршень перемещается влево, пропуская масло из нагнетательной полости насоса в картер дизеля. Масляный насос установлен на опорной плите насосов на уплотнительной прокладке 8.

Для удаления воздуха из насоса служит пробка 1.

2.2. Расчет оборудования масляной системы

Расчет оборудования масляной системы включает в себя расчетную производительность масляного насоса, мощность на привод насоса, площадь живого сечения щелей фильтра грубой очистки масла, площадь фильтрующего материала фильтра тонкой очистки масла.

Потребная часовая производительность масляного насоса, м³/ч,

$$V_M = \frac{aN_e b_e H_u}{\rho_M c_{p.M} \Delta t_M}, \quad (10)$$

где a – доля тепла, отводимого маслом от дизеля в холодильник. Для неохлаждаемых поршней $a = 0,03 - 0,04$, для охлаждаемых – $a = 0,06 - 0,10$;

$H_u = 42500$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$\rho_M = 919,64 - 0,6214(t_M - 0,5\Delta t_M)$ – плотность моторного масла, кг/м³;

$c_{p.M} = 1,7547 + 0,004(t_M - 0,5\Delta t_M)$ – теплоемкость моторного масла, кДж/(кг·К);

Δt_M – снижение температуры моторного масла в холодильнике, °С;

t_M – температура моторного масла на выходе из дизеля, °С.

Расчетная производительность масляного насоса, м³/ч,

$$V_p = (1,2 - 1,3)V_M. \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая на привод масляного насоса, кВт,

$$N = \frac{V_p \Delta P_M}{3,6\eta_{MH}}, \quad (12)$$

где ΔP_M – перепад давления масла в системе, МПа;

$\eta_{MH} = 0,80 - 0,85$ – КПД масляного насоса.

Общее живое сечение щелевых фильтров, м²,

$$f = \frac{V_p}{3600w} \xi, \quad (13)$$

где $w = 0,10 - 0,15$ – линейная скорость масла, проходящего через фильтр, м/с;

$\xi = 0,85 - 0,90$ – доля масла, проходящего через щелевой фильтр.

Площадь фильтрующего материала фильтра тонкой очистки, м²,

$$F = \frac{V_p^T}{w_\phi}, \quad (14)$$

где V_p^T – часовой объем масла, проходящий через фильтр тонкой очистки, м³/ч;

$w_\phi = 7 - 12$ – скорость фильтрации, м/ч.

2.3. Ход выполнения практического занятия

1) Вычертить схему масляной системы тепловоза (согласно варианту задания) с указанием технических характеристик элементов масляной системы.

2) Дать краткое описание работы масляной системы тепловоза (перед запуском дизеля, в рабочем режиме).

3) Выполнить расчет оборудования масляной системы тепловоза в соответствии с рекомендациями подразд. 2.2.

Исходные данные для расчета выбрать из табл. П.2. Недостающие данные принять по тепловозу-образцу.

2.4. Контрольные вопросы

1) Как изменится расход масла в масляной системе тепловоза при работе дизель-генераторной установки на нулевой позиции контроллера машиниста?

2) Как осуществляется подача масла к центробежному фильтру тепловозов ТЭМ18, 2ТЭ10М, 2ТЭ116?

3) С какой целью на тепловозах 2ТЭ116 и ТЭП70 устанавливают два масляных насоса?

ВОДЯНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЗА

Цель занятия: изучить схемы и принцип работы водяной системы тепловоза, характеристики и конструктивные особенности ее узлов и агрегатов.

3.1. Особенности водяной системы

Водяная система тепловоза служит для отвода и рассеивания тепла в окружающую среду от неподвижных деталей дизеля (цилиндровых втулок, крышек цилиндров) и выхлопных коллекторов и газовых корпусов турбокомпрессоров во избежание их чрезмерного нагрева.

Водяная система тепловоза замкнутая. Циркуляция воды обеспечивается водяным насосом (обычно их два).

Температура воды в дизелях должна находиться в диапазоне 65 – 80 °С (до 95 °С) в открытых системах и 100 – 120 °С в закрытых. В открытых системах поверхность воды в одной из точек системы (обычно расширительный бак) соприкасается с атмосферой. Закрытые системы герметичны. Давление в них выше атмосферного. Закрытые системы обеспечивают высокотемпературное охлаждение, уменьшают потери тепла в воду, уменьшают суммарную поверхность охлаждения радиаторов.

В общем случае на тепловозе вода используется для отвода тепла от трех источников: дизеля, водомасляного теплообменника и охладителя наддувочного воздуха.

Наибольшее распространение получили двухконтурные водяные системы. В «горячем» контуре охлаждается вода дизеля, а в «холодном» – вода, охлаждающая масло и наддувочный воздух.

Схема водяной системы тепловоза 2ТЭ116У приведена на рис. 5.

Из нижнего коллектора секций радиатора 76 вода подводится во всасывающую полость водяного насоса «горячего» контура 19, который подает воду в коллекторы дизеля 16. Нагретая в дизеле вода поступает в верхний коллектор секций радиатора 76. Проходя через секции холодильника, вода охлаждается и поступает в нижний коллектор, тем самым замыкая круг циркуляции «горячего» контура.

Бонки 69 и 74 предназначены для размещения термопреобразователей сопротивления, показывающих температуру воды на выходе из дизеля и на выходе из секций радиатора, а четыре бонки 68 – для установки датчиков-реле температуры. Три датчика-реле служат для управления холодильником тепловоза, а один предназначен для защиты ДГУ от перегрева воды. Штуцера 23 и 62 используются под манометры, а патрубки 21, 61 и 70 – под ртутные термометры.

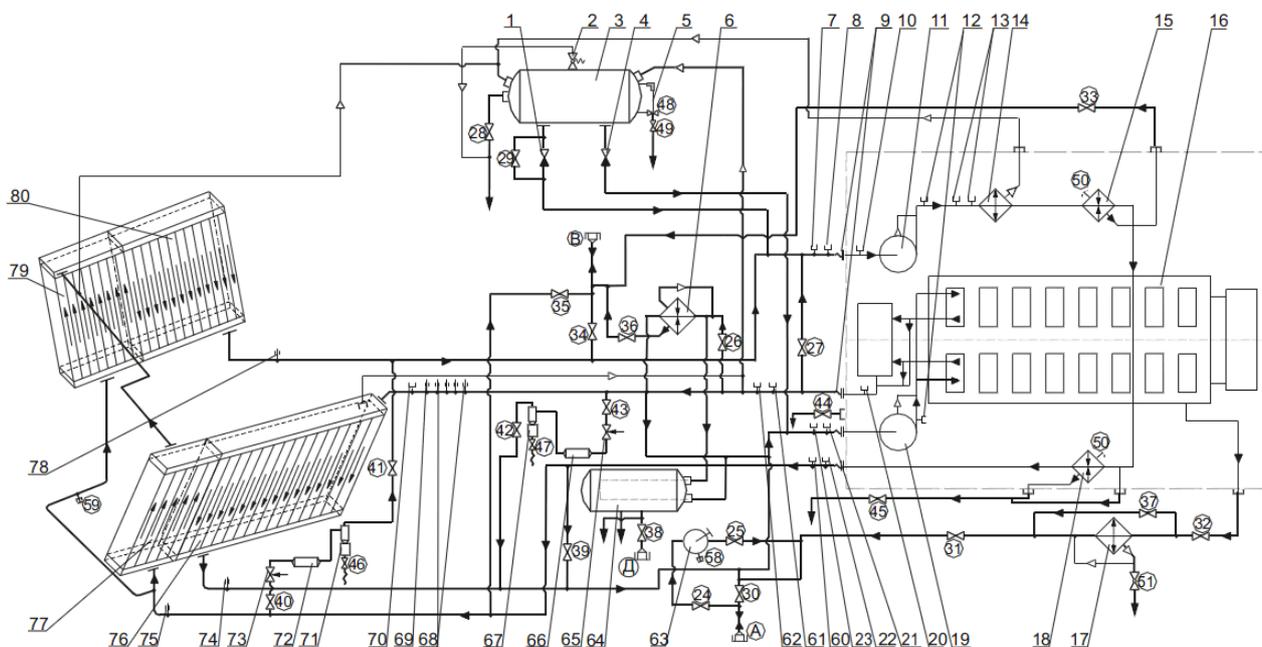


Рис. 5. Схема водяной системы тепловоза 2ТЭ116У

Трубопровод на всасывании насоса 19 соединен с расширительным баком 3 через невозвратный клапан 4 и служит для подпитки «горячего» контура водяной системы.

Через вентиль 26 вода из «горячего» контура отбирается на подогрев топлива в топливоподогревателе 6 и воды в бачке санузла 4. Через вентиль 33 вода отбирается для отопительно-вентиляционного агрегата (ОВА) 17. Для выпуска воды из трубопровода ОВА предусмотрены вентиль 37 и кран 51, который дополнительно служит для выпуска воздуха при заправке системы водой.

Из радиаторных секций 80 вода поступает во всасывающую полость водяного насоса 11 «холодного» контура, который нагнетает ее в охладитель наддувочного воздуха 14, а затем в охладители масла 15 и 18. Далее вода подводится к нижним коллекторам радиаторных секций 77 и 79. По секциям 77 вода поступает в верхний коллектор и далее по трубе перетекает в верхний коллек-

тор секций 79. Поступившая в нижний коллектор секций 79 вода поднимается в верхний коллектор, откуда поступает в верхний коллектор секций 80, опускается по секциям в нижний коллектор и отводится к насосу 11, замыкая круг циркуляции «холодного» контура.

Бонки 75 и 78 предназначены для размещения термопреобразователей сопротивления, показывающих температуру воды на входе и выходе из секций радиатора «холодного» контура.

Для подпитки «холодного» контура трубопровод на всасывании водяного насоса 11 соединен с расширительным баком 3 через трубу с невозвратным клапаном 1. Параллельно клапану 1 установлен вентиль 29, который открывают при заправке и сливе воды из системы.

Штуцера 7, 10, 12 и 60 служат для установки манометров, а патрубки 8 и 22 – ртутных термометров.

Во избежание переохлаждения «холодного» контура в зимнее время предусмотрен перепуск воды между контурами через трубопроводы с вентилями 27 и 39.

Для уменьшения коррозии и накипеобразования в трубопроводах системы установлены гидромагнитные фильтры, состоящие из магнитных аппаратов 66 и 72, регулирующих клапанов 65 и 73 и гидроциклонов 67 и 71. Для слива шлами из гидроциклонов предназначены краны 46 и 47.

Водяную систему заправляют через соединительные головки А и В, а для дозаправки системы небольшим количеством воды на тепловозе установлен ручной насос 63. Бачок санузла заправляется через головку Д. Пробки 58 и 59 служат для полного слива воды из системы.

Невозвратные клапаны 1 и 4 предотвращают выброс воды в бак при ее высокой температуре после аварийной остановки ДГУ.

Для визуального контроля уровня воды в расширительном баке предназначено водомерное устройство 5 с краном 48.

Для поддержания необходимого давления в расширительном баке и для сообщения бака с атмосферой при появлении разряжения в водяной системе предназначен паровоздушный клапан 2.

Для предохранения труб от воздействия сил вибрации и тепловых расширений предназначены упругие компенсирующие соединения 9.

Положение вентиля 24, 25, 28, 30 – 32, 34 – 36, 38, 40 – 45 и 49 определяется условиями работы тепловоза (опрессовка системы, слив воды из системы, спуск паровоздушной смеси, летний и зимний периоды работы, заправка

системы водой). На охладителе масла для выпуска из него воздуха установлен вентиль 50.

Патрубки 13 и 20 предназначены для установки датчиков температуры воды после водяных насосов «горячего» и «холодного» контуров.

Радиаторы тепловоза предназначены для отвода теплоты от воды и масла в атмосферу. Радиаторы собирают из отдельных стандартных секций, объединенных подводящими и отводящими коллекторами. Водовоздушную секцию радиатора (рис. 6.) выполняют из плоскоовальных бесшовных трубок 6, изготовленных из латуни.

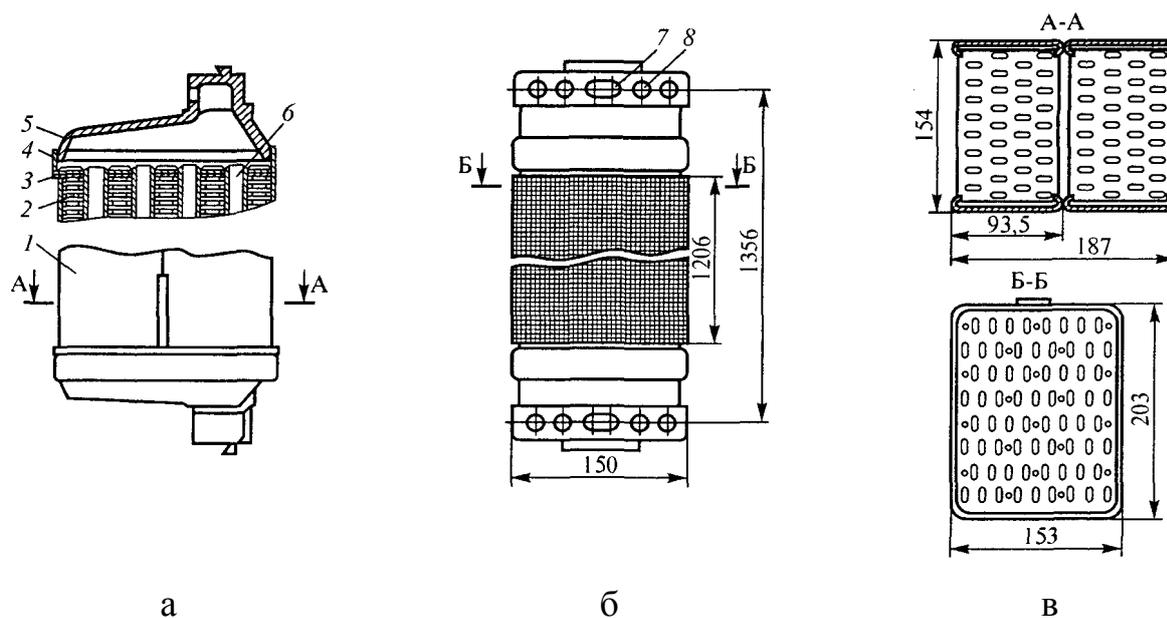


Рис. 6. Конструкция водовоздушной секции радиатора

В секциях роль конвективного оребрения выполняют медные охлаждающие пластины 2 толщиной 0,1 мм, припаянные к трубкам. Концы трубок вставляют в отверстия в медных трубных решетках 4, развальцовывают и припаивают. Трубные решетки, соединенные пайкой или сваркой со стальными корпусами 5, образуют коллекторы секций радиатора (коробки). Для соединения с коллектором радиатора в каждой коробке делают отверстия 7 для прохода воды и 8 для крепежных шпилек. Восемь крайних трубок 6 по бокам секций являются глухими, они короче остальных и своими концами упираются в усиленные доски 3, прикрепленные заклепками к трубной коробке. С боковых сторон секции закрыты щитками 1.

3.2. Расчет элементов водяной системы

Расчет оборудования водяной системы тепловоза включает в себя расчет количества секций холодильника в контуре охлаждения.

1) Ориентировочное число секций радиатора в контуре

$$n_k = \frac{V_n \rho_{\text{вд}}}{3600 u_{\text{вд}} f_{\text{вд}}}, \quad (15)$$

где V_n – производительность водяного насоса, м³/ч;

$\rho_{\text{вд}} = 1019,66 - 0,606(t'_{\text{вд}} - 0,5\Delta t_{\text{вд}})$ – плотность воды, кг/м³;

$t'_{\text{вд}}$ – предельно допустимая температура воды на входе в радиатор, °С;

$\Delta t_{\text{вд}} = 5 - 7$ – снижение температуры воды в холодильнике, °С;

$u_{\text{вд}} = 900 - 1500$ – массовая скорость воды, кг/(м²·с);

$f_{\text{вд}}$ – живое сечение секции для прохода воды, м².

Характеристики секций радиаторов представлены в табл. 1.

2) Критерий Рейнольдса

для потока воды –

$$\text{Re}_{\text{вд}} = \frac{u_{\text{вд}} d_{\text{гвд}}}{\mu_{\text{вд}}}, \quad (16)$$

где $d_{\text{гвд}} = 0,0021$ – гидравлический диаметр трубки секции, м;

$\mu_{\text{вд}} = 10^{-6} (3 \cdot 10^{-5} t'^4_{\text{вд}} - 0,008 t'^3_{\text{вд}} + 0,9266 t'^2_{\text{вд}} - 54,261 t'_{\text{вд}} + 1779,9)$ – коэффициент

динамической вязкости воды, Па·с;

для потока воздуха –

$$\text{Re}_{\text{вз}} = \frac{u_{\text{вз}} d_{\text{г}}}{\mu_{\text{вз}}}, \quad (17)$$

где $u_{\text{вз}} = 8 - 14$ – массовая скорость воздуха, кг/(м²·с);

$d_{\text{г}} = 0,0038$ – гидравлический диаметр воздушной стороны секции, м;

$\mu_{\text{вз}} = (0,0483t'_{\text{вз}} + 17,168)10^{-6}$ – коэффициент динамической вязкости воздуха, Па·с;

$t'_{\text{вз}} = 40$ – температура наружного воздуха, °С.

Т а б л и ц а 1

Конструктивные параметры тепловозных секций холодильника

Наименование параметра	Значение параметра для секции			
	ВП12	ВС12	ВС7	ВС5
Поверхность теплообмена, мм:				
высота	1206	1206	710	535
ширина	152,5	152,5	152,5	152,5
глубина	187	187	187	187
Рабочая длина трубок, мм	1206	1206	710	535
Шаг оребрения, мм	2,83	2,30	2,30	2,30
Площадь живого сечения для прохода жидкости, м ²	0,00132	0,00132	0,00132	0,00132
Площадь живого сечения для прохода воздуха, м ²	0,1361	0,1490	0,0786	0,0662
Общая поверхность теплообмена, м ²	21,0	29,6	16,9	13,1

3) Температурный фактор

$$\theta = \frac{t'_{\text{вд}} - t'_{\text{вз}}}{t'_{\text{вд}}} 100. \quad (18)$$

4) Критерий Кирпичева

$$Ki = A Re_{\text{вз}}^n Re_{\text{вд}}^{n_1} \theta^p, \quad (19)$$

где A , n , n_1 , p – экспериментальные постоянные определяемые для серийных секций по табл. 2.

5) Коэффициент теплопередачи секции, Вт/(м²·К),

$$K' = \frac{Ki \lambda_{\text{вз}}}{d_r}, \quad (20)$$

где $\lambda_{\text{вз}} = (0,0077t'_{\text{вз}} + 2,4395)10^{-2}$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К).

Т а б л и ц а 2

Значения экспериментальных постоянных для серийных секций

Шаг оребрения секции, мм	Re _{вз} для потока воздуха	<i>A</i>	<i>n</i>	<i>n</i> ₁	<i>p</i>
2,83	1100 – 2300	0,007797	0,646	0,095	0,178
	Свыше 2300	0,022	0,646	0,095	0,178
2,30	1100 – 2300	0,008727	0,780	0,095	0,080
	Свыше 2300	0,02464	0,646	0,095	0,080

6) Расчетное значение коэффициента теплопередачи с учетом неустойчивости технологического процесса изготовления секций, Вт/(м²·К),

$$K = 0,9K' \quad (21)$$

7) Температура воды на выходе из секций, °С,

$$t''_{\text{вд}} = t'_{\text{вд}} - \frac{Q}{u_{\text{вд}} c_{p \text{ вд}} f_{\text{вд}} n_{\text{к}}}, \quad (22)$$

где Q – количество теплоты, отводимое в секциях, кВт;

$c_{p \text{ вд}} = 4,1186 + 0,001(t'_{\text{вд}} - 0,5\Delta t_{\text{вд}})$ – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К).

8) Температура воздуха на выходе из секций, °С,

$$t''_{\text{вз}} = t'_{\text{вз}} + \frac{Q}{u_{\text{вз}} c_{p \text{ вз}} f_{\text{вз}} n_{\text{к}}}, \quad (23)$$

где $c_{p \text{ вз}} = 0,3 \cdot 10^{-6} t'^2_{\text{вз}} - 0,5 \cdot 10^{-4} t'_{\text{вз}} + 1,002$ – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К);

$f_{\text{вз}}$ – живое сечение секции для прохода воздуха, м².

9) Количество секций, необходимое для обеспечения заданной теплорассеивающей способности

$$n_c = \frac{Q}{t'_{\text{ВД}} - t'_{\text{ВЗ}}} \left(\frac{1}{10^{-3} K F_c} + \frac{1}{2u_{\text{ВД}} c_{p \text{ВД}} f_{\text{ВД}}} + \frac{1}{2u_{\text{ВЗ}} c_{p \text{ВЗ}} f_{\text{ВЗ}}} \right), \quad (24)$$

где F_c – площадь охлаждаемой поверхности секции, м^2 .

Расчет считают законченным, если $n_k = n_c$. Если $n_k \neq n_c$, расчет повторяют при ином уточненном значении массовой скорости воды $u_{\text{ВД}}$.

3.3. Ход выполнения практического занятия

- 1) Вычертить схему водяной системы тепловоза (согласно варианту задания) с указанием технических характеристик элементов водяной системы.
- 2) Дать краткое описание работы водяной системы тепловоза.
- 3) Выполнить расчет оборудования водяной системы тепловоза в соответствии с рекомендациями подразд. 3.2.

Исходные данные для расчета выбрать из табл. П.3. Недостающие данные принять по тепловозу-образцу.

3.4. Контрольные вопросы

- 1) Как и почему изменится коэффициент теплопередачи секции радиатора в случае образования загрязнений на его поверхности?
- 2) С какой целью на некоторых сериях тепловозов применяется перепуск воды из одного контура охлаждения в другой?
- 3) За счет чего создается избыточное давление в системе высокотемпературного охлаждения тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70, и как осуществляется переход на высокотемпературное охлаждение?

ПРИВОД ГЛАВНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ТЕПЛОВОЗА

Цель занятия: изучить работу привода вентилятора главного холодильника тепловоза, конструкцию гидромуфты и выполнить расчет вентилятора шахты холодильника.

4.1. Особенности приводов вентиляторов

Расход мощности на привод вспомогательных агрегатов и механизмов локомотива (вентиляторы, тормозной компрессор, вспомогательный генератор и т. д.) составляет 9 – 12 % и более общей мощности дизеля тепловоза.

По конструкции приводы вспомогательного оборудования разделяют на механические, гидромеханические, гидрообъемные (гидростатические) и электрические. По способу регулирования частоты вращения валов вспомогательного оборудования различают приводы с постоянной частотой вращения вала, с ограниченным (ступенчатым) и с плавным регулированием.

Наиболее широко на отечественных тепловозах используется гидромеханический привод (тепловозы 2ТЭ10М (В, У), М62 (2М62), ТЭМ7, ЧМЭЗ). Данный привод дает возможность плавно регулировать угловую скорость валов агрегата и отключать их. Для обеспечения этих функций в обычный механический привод вводят дополнительный элемент – гидромуфту переменного наполнения (рис. 7).

В основном гидравлические муфты переменного наполнения применяют для изменения частоты вращения рабочего колеса вентилятора шахты холодильника. Такая муфта, заполненная маслом, передает наибольший крутящий момент с наименьшим скольжением. При уменьшении количества масла в муфте передаваемый крутящий момент уменьшается, скольжение увеличивается, частота вращения турбинного колеса, а следовательно, и рабочего колеса вентилятора уменьшается.

Гидромуфта тепловоза 2ТЭ10М включает насосное колесо 11, жестко связанное с ведущим валом 2, турбинное колесо 12, жестко связанное с тур-

бинным валом 15, колокол 10, состоящий из двух чаш, жестко связанный с насосным колесом.

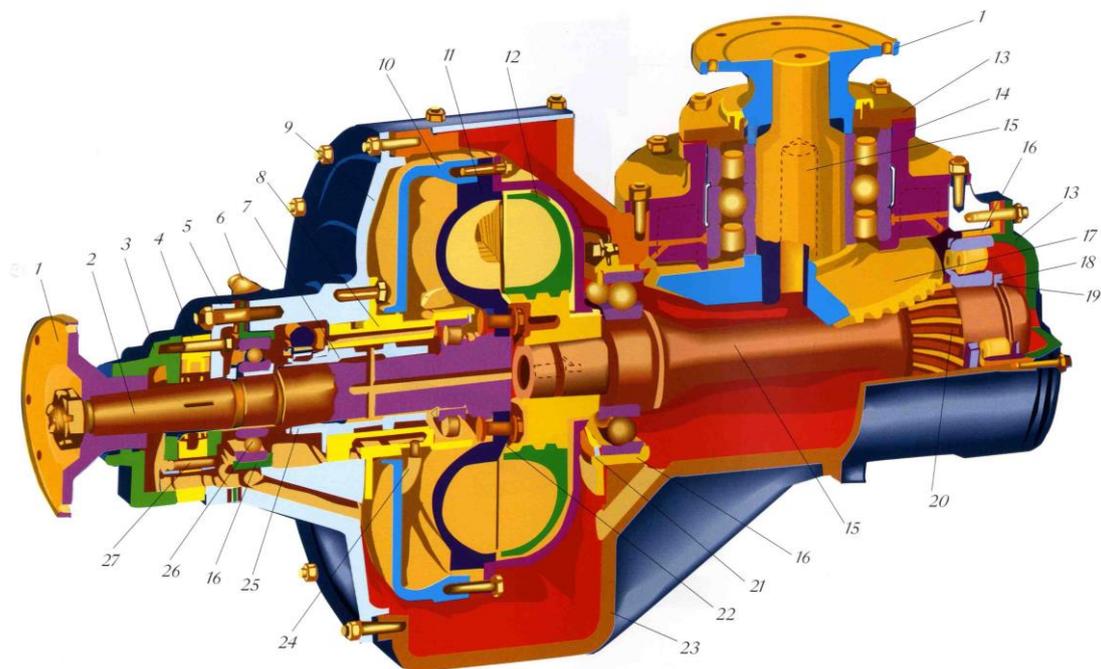


Рис. 7. Гидромуфта переменного наполнения тепловоза 2ТЭ10М: 1, 9 – фланец; 2 – вал насосного колеса; 3 – крышка насоса; 4 – лопастной насос; 5 – фланец насоса; 6 – зубчатая рейка; 7 – вал-шестерня; 8 – ступица; 10 – колокол; 11 – насосное колесо; 12 – турбинное колесо; 13 – крышка; 14 – гнездо подшипника вертикального вала; 15 – вал; 16 – гнездо подшипника горизонтального вала; 17 – шестерня ведомая; 18 – кольцо; 19 – полукольцо; 20 – шестерня ведущая; 21 – пружинное кольцо; 22 – призонный болт; 23 – корпус; 24 – черпаковая трубка; 25 – шестерня; 26 – подшипник; 27 – штифт

В колоколе 10 удерживается рабочая жидкость (масло) при передаче вращающего момента во всем диапазоне его изменения. Насосное и турбинное колеса обращены радиальными лопатками друг другу и образуют совместно кольцевую полость. Механическое движение от насосного колеса к турбинному передается маслом за счет его вращающего движения в межлопаточном пространстве, т. е. в плоскости поперечной кольцевой полости. Турбинное колесо получает вращение под напором масла, создаваемым насосным колесом, в ту сторону, что и насосное колесо, но имеет отставание, называемое скольжением, величина которого зависит от степени заполнения круга циркуляции маслом. Степень заполнения круга циркуляции регулируется положением двух черпаковых трубок 24. Положение сопловых сечений черпаковых трубок опре-

деляет механизм привода, состоящий из вала-шестерни 7, которая в собранном гидроприводе находится в зацеплении с зубьями рейки 6, перемещающейся от штока сервопривода. Вал-шестерня 7, получая угловые перемещения от рейки 6, соответственно передает движение шестерням, которые, поворачиваясь на пустотелых пальцах, разворачивают приваренные к ним черпаковые трубки 24.

Система автоматического регулирования температуры (САРТ) тепловоза 2ТЭ10М служит для поддержания в необходимых пределах температуры воды и масла, охлаждающих дизель. Система состоит из следующих основных элементов: датчиков-реле температуры Т-35, преобразователей температуры ДТММ, пневмопривода гидромолфуы вентилятора (рис. 8).

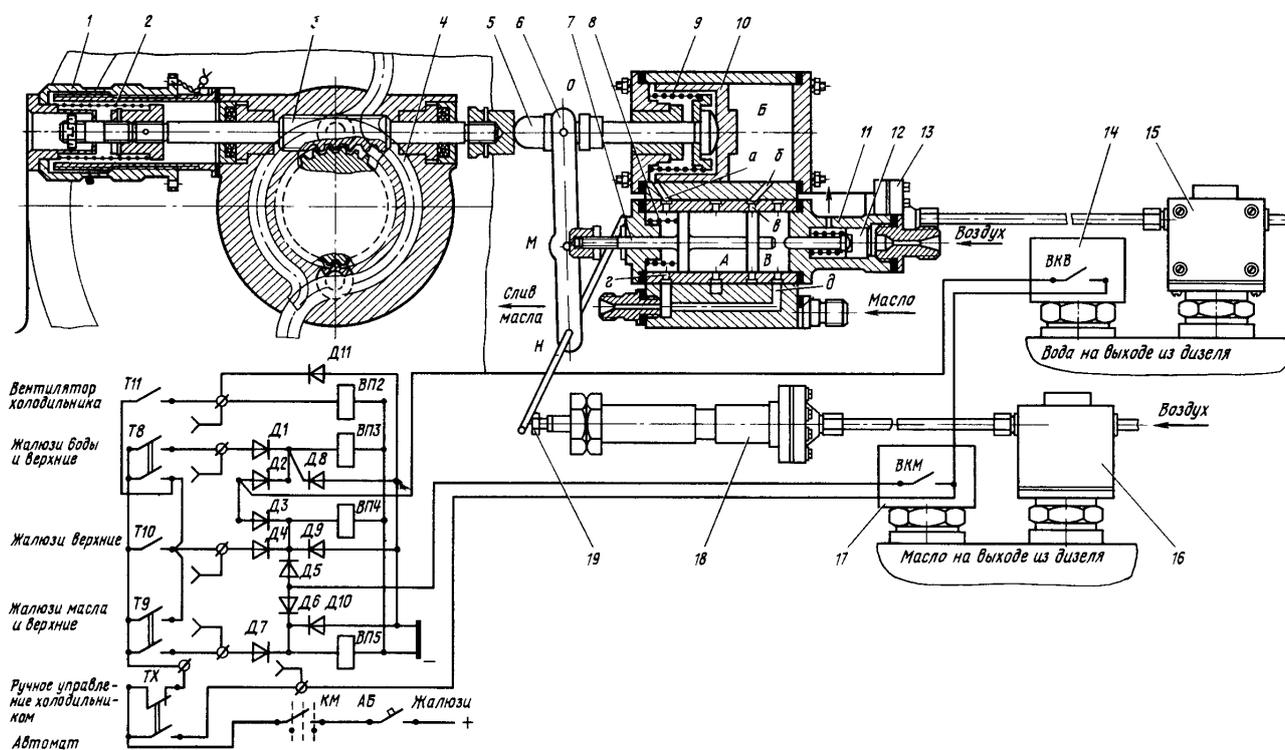


Рис. 8. Система автоматического регулирования температуры 2ТЭ10М

САРТ тепловоза 2ТЭ10М работает следующим образом.

При повышении температуры воды или масла на выходе из дизеля до 72 ± 2 °С замыкается контакт ВКВ или ВКМ датчика-реле 14 или 17, установленного в соответствующей системе, и включаются электропневматические вентили управления ВП3 и ВП4 (или ВП5 и ВП4), которые подают воздух на открытие жалюзи воды (жалюзи масла), верхних жалюзи и запорного клапана. Соответствующие жалюзи открываются, а через запорный клапан начинает по-

ступать масло на питание гидромурфты. Если открытия жалюзи не достаточно для снижения температуры воды или масла, в работу включается система, управляющая изменением частоты вращения вентиляторного колеса. Преобразователь температуры ДТПМ выдает пневматический сигнал, давление которого прямо пропорционально температуре регулируемой жидкости. При температуре 78 – 84 °С давление воздуха после преобразователя температуры должно составлять 0,5 МПа, что соответствует полному выходу рейки гидромурфты. От преобразователя по трубопроводу пневматический сигнал поступает в пневмоцилиндр 18, с помощью которого происходит перемещение штока с регулировочным болтом 19. Шток, имеющий наибольший выход, через рычаг обратной связи 6 перемещает золотник 7 влево. Поясок золотника открывает окно *в* во втулке и масло из полости *Б* через канал *б* поступает в полость *В*, соединенную каналом *д* со сливным трубопроводом. Масло из полости *Б* сливается до тех пор, пока шток 5, перемещаясь под действием пружины 9, через рычаг обратной связи 6 не сдвинет золотник вправо настолько, что он перекроет окно *в* и слив масла из полости *Б* прекратится. При сливе масла шток 5 отходит от зубчатой рейки 3, которая перемещается под воздействием пружины 2 и складывает черпаковые трубки 4. При этом увеличивается наполнение гидромурфты маслом и вследствие уменьшения скольжения между насосным и турбинным колесами увеличивается частота вращения турбинного колеса, а также связанного с ним через угловой редуктор колеса вентилятора холодильника.

При понижении температуры регулируемой жидкости уменьшается пневматический сигнал, поступающий к пневмоцилиндру, и шток пневмоцилиндра с регулировочным болтом отходит от рычага 6. Золотник 7 под действием пружины 8 перемещается вправо, сообщая при этом полость *Б* через канал *б* с полостью высокого давления *А*, куда масло поступает из системы тепловоза. Под давлением масла поршень 10 сжимает пружину 9, перемещает зубчатую рейку и, преодолевая сопротивление пружины 2, раскрывает черпаковые трубки 4. Через черпаковые трубки масло откачивается из гидромурфты, увеличивается скольжение, и частота вращения вентиляторного колеса снижается. Из описанного выше следует, что для перемещения поршня 10 необходимо сместить золотник 7 с нейтрального положения. Однако благодаря рычагу 6 силовой поршень перемещает золотник в сторону прекращения своего движения (в нейтральное положение). Для всего диапазона регулирования частоты враще-

ния вала гидромурфты необходимо примерно 5 мм хода штока пневмоцилиндра, что составляет 5 °С изменения температуры регулируемой жидкости. Следовательно, при изменении режима работы холодильника температура жидкости будет изменяться в пределах 5 °С.

При ручном дистанционном управлении частотой вращения вентиляторного колеса с пульта управления машиниста, получив питание, вентиль ВП2 открывает доступ сжатого воздуха в пневмоцилиндр 11. Поршень 12 пневмоцилиндра через толкатель перемещает золотник серводвигателя 7 в левое крайнее положение. Масло из полости *Б* сливается, пружина 9 перемещает шток 5 вместе с поршнем 10 в правое положение. Рейка 3, перемещаясь под действием пружины 2, складывает черпаковые трубки 4, частота вращения вентиляторного колеса достигает максимального значения.

4.2. Расчет вентилятора системы охлаждения

1) Необходимая производительность вентилятора, м³/с,

$$G_{\text{вх}} = \frac{\sum_{i=1}^i n_c f_{\text{в3}} u_{\text{в3}}}{\rho_{\text{в3}}}, \quad (25)$$

где n_c , $f_{\text{в3}}$, $u_{\text{в3}}$ – количество секций контура (шт.), площадь живого сечения для прохода воздуха (м²), массовая скорость воздуха (кг/(м²·с) принимаются из практической работы 3;

i – число групп секций, характеризующихся одинаковыми параметрами;

$\rho_{\text{в3}}$ – плотность воздуха перед входом в вентилятор, кг/м³,

$$\rho_{\text{в3}} = \frac{101325}{287(t''_{\text{в3}} + 273)}, \quad (26)$$

где $t''_{\text{в3}}$ – температура воздуха на выходе из секций, °С, значение которой принимается из практической работы 3.

2) Скорость воздуха в сечении, ометаемом лопастями вентилятора, м/с,

$$v_{\text{ом}} = \frac{4G_{\text{вх}}}{\pi D_{\text{к}}^2 (1 - \bar{d}^2)}, \quad (27)$$

где $D_{\text{к}}$ – диаметр вентиляторного колеса, м;

$\bar{d} = d_{\text{в}} / D_{\text{к}}$ – относительный диаметр втулки вентилятора;

$d_{\text{в}} = 0,72$ м – диаметр втулки колеса вентилятора, м.

3) Степень поджатия потока

$$n_{\text{п}} = \frac{F_{\text{фр}}}{F_{\text{ом}}} = \frac{8A'B'}{\pi D_{\text{к}}^2 (1 - \bar{d}^2)}, \quad (28)$$

где $F_{\text{фр}}$ – общая площадь фронта радиатора, обслуживаемая вентилятором, м²;

$F_{\text{ом}}$ – площадь, ометаемая лопастями вентилятора, м²;

A' – ширина радиатора (с одной стороны тепловоза), м;

B' – высота шахты с радиаторами, м.

4) Коэффициент аэродинамического сопротивления шахты

$$\zeta_{\text{ш}} = \left(1,84 + \frac{1,1}{n_{\text{п}}} - \frac{0,76D_{\text{к}}}{A'} \right) \bar{d}^{-0,24} - 1. \quad (29)$$

5) Полное давление, создаваемое вентилятором, Па,

$$H' = \Delta p_{\text{бж}} + \Delta p_{\text{с}} + \Delta p_{\text{ш}} + \Delta p_{\text{вж}} + 0,5 \rho_{\text{вз}} v_{\text{ом}}^2, \quad (30)$$

где $\Delta p_{\text{бж}} = 0,5 \zeta_{\text{ж}} \rho_{\text{вз}} v_{\text{бж}}^2$ – сопротивление боковых жалюзи, Па;

$\Delta p_{\text{с}} = \zeta_{\text{с}} \frac{u_{\text{вз}}^2}{2\rho_{\text{вз}}}$ – аэродинамическое сопротивление секций, Па;

$\Delta p_{\text{ш}} = 0,5 \zeta_{\text{ш}} \rho_{\text{вз}} v_{\text{ом}}^2$ – аэродинамическое сопротивление шахты, Па;

$\Delta p_{\text{вж}} = 1,35 \Delta p_{\text{бж}}$ – аэродинамическое сопротивление верхних жалюзи, Па;

$v_{\text{ом}}$ – средняя скорость воздуха в сечении, ометаемом лопастями вентилятора, м/с;

$\zeta_{\text{ж}} = 0,24$ – коэффициент сопротивления полностью открытых жалюзи;

$v_{\text{бж}} = \frac{u_{\text{вз}} f_{\text{вз}}}{\rho_{\text{вз}} f_{\text{фр}}}$ – скорость воздуха перед фронтом боковых жалюзи, м/с;

$f_{\text{фр}} = l_c b_c$ – фронтальная поверхность секции, м²;

l_c, b_c – высота и ширина секции, м;

$\zeta_c = \frac{B10^{m\theta}}{\text{Re}_{\text{вз}}^q}$ – приведенный коэффициент сопротивления секции. Значения

констант B, m, q принимаются по табл. 3. Значения $\text{Re}_{\text{вз}}$ и θ принимается из лабораторной работы 3. Значения l_c, b_c принимаются по табл. 1.

Т а б л и ц а 3

Значения констант для стандартных водовоздушных секций

Шаг оребрения секции, мм	$\text{Re}_{\text{вз}}$ для потока воздуха	B	M	q
2,83	Меньше 2300	344,62	0,002	0,55
	2300 – 4660	79,28	0,002	0,30
2,30	Меньше 1400	544,4	0,00339	0,35
	1400 – 3382	77,0	0,00339	0,35

6) Задаем несколько значений угловой скорости вращения рабочего колеса вентилятора $\omega_{\text{вз } i}$: 22 с^{-1} , 20 с^{-1} , 18 с^{-1} , 16 с^{-1} , для которых определяем окружную скорость верхних кромок лопаток рабочего колеса вентилятора, м/с,

$$w_{\text{в } i} = \pi D_{\text{к}} \omega_{\text{вз } i}, \quad (31)$$

7) Площадь рабочего колеса вентилятора по внешнему диаметру, м²,

$$F_{\text{БК}} = 0,25\pi D_{\text{к}}^2. \quad (32)$$

8) Относительный расход воздуха

$$\bar{G}_i = \frac{G_{\text{вх}}}{F_{\text{БК}} w_{\text{в } i}}. \quad (33)$$

9) Относительное давление

$$\bar{H}_i = \frac{9,81H'}{\rho_{вз} w_{Bi}^2}. \quad (34)$$

Полученные значения \bar{G}_i и \bar{H}_i заносим в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Значения \bar{G}_i и \bar{H}_i

$w_{Bi}, \text{ м/с}$				
\bar{G}_i				
\bar{H}_i				

По данным табл. 4 на рис. 9 строим график $\bar{H}(\bar{G})$. Точки пересечения этого графика с безразмерными характеристиками вентилятора переносим на соответствующие кривые $\eta_v(\bar{G})$. В результате получаем зависимость КПД рассматриваемого вентилятора от коэффициента производительности \bar{G} . Значения КПД вентилятора η_v сводим в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Значения η_v

Угол установки лопастей, °	15	20	25	30	35
\bar{G}					
\bar{H}					
η_v					

Из табл. 5 по наибольшему значению КПД вентилятора выбираем угол установки лопастей.

По рис. 9 определяем максимальное значение КПД вентилятора $\eta_{v \max}$ для выбранного угла установки лопастей и находим соответствующие ему значения \bar{G}_{\max} и \bar{H}_{\max} .

10) Расчетная скорость вращения вентилятора, мин^{-1} ,

$$n = \frac{G_{\text{вх}}}{G} \frac{4 \cdot 60}{\pi^2 D_k^3} \quad (35)$$

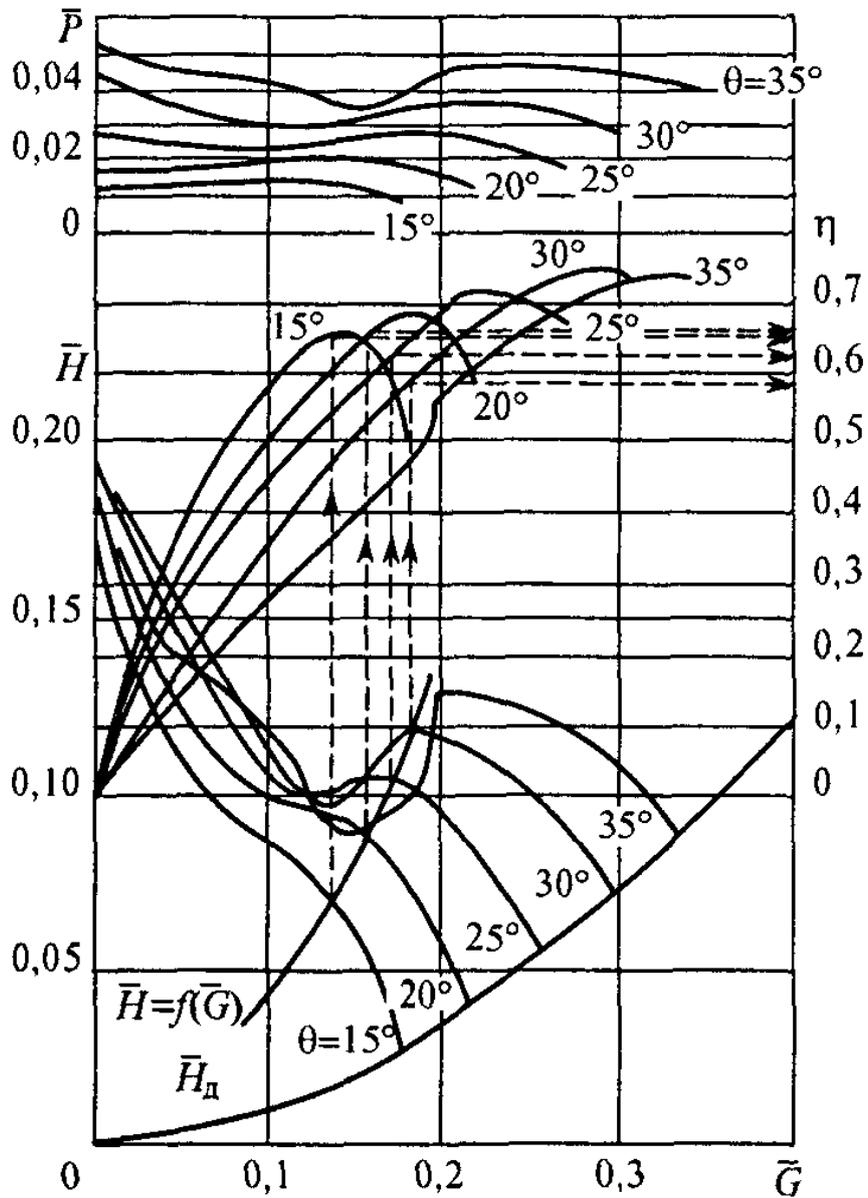


Рис. 9. Безразмерные аэродинамические характеристики вентилятора УК-2М

11) Мощность, потребляемая вентилятором, кВт,

$$N = \frac{G_{\text{вх}} H'}{\eta_{\text{в max}}} 10^{-3} \quad (36)$$

4.3. Ход выполнения практического занятия

1) Вычертить схему системы автоматического регулирования температуры теплоносителей тепловоза (согласно варианту задания).

2) Дать краткое описание работы САРТ.

3) Выполнить расчет вентилятора тепловоза в соответствии с рекомендациями подразд. 4.2.

Недостающие данные принять по тепловозу-образцу.

4.4. Контрольные вопросы

1) Почему рычаг 6, представленный на рис. 8, получил название «рычаг обратной связи»?

2) Какой привод вентилятора шахты холодильника имеет наибольший КПД и почему?

3) С какой целью на вентиляторе шахты холодильника закручивают лопасти?

Библиографический список

Основная литература

1. Теория и конструкция локомотивов / Под ред. Г. С. Михальченко. М.: Маршрут, 2006. 584 с.

2. Кононов В. Е. Справочник машиниста тепловоза / В. Е. Кононов, А. В. Скалин, В. Д. Шаров. М.: Транспорт, 2004. 320 с.

Дополнительная литература

3. Тепловозы: Основы теории и конструкции / Под ред. В. Д. Кузьмича. М.: Транспорт, 1991. 352 с.

4. Куликов Ю. А. Системы охлаждения силовых установок локомотивов / Ю. А. Куликов. М.: Машиностроение, 1988. 280 с.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ

Т а б л и ц а П.1

Исходные данные для расчета параметров топливной системы

Вариант	Серия теплово-за	Расчетная масса поезда $Q_{п}$, т	Длина тягового плеча L , км	Средняя техническая скорость $v_{т}$, км/ч	Удельный расход топлива $e(e_{м})$, кг/(10^4 ткм брутто) (кг/ч)
1	ТЭМ2	800	120	20	13,5
2	ТЭМ18	900	140	18	15,5
3	ТЭМ7	1500	135	25	25,5
4	ЧМЭ3	1100	100	24	19,5
5	2ТЭ10М	3500	250	43	39,3
6	2ТЭ116	3800	220	48	33,4
7	ТЭП70	1200	195	75	50,1
8	М62	1500	190	40	40,3
9	3ТЭ10М	4500	230	45	41,2
10	2М62	2500	150	42	32,6
11	ТЭМ2	750	135	22	14,6
12	ТЭМ18	850	120	20	17,8
13	ТЭМ7	1400	100	23	24,6
14	ЧМЭ3	1000	110	20	22,1
15	2ТЭ10М	4000	120	44	38,1
16	2ТЭ116	3900	135	42	31,4
17	ТЭП70	1000	150	80	55,4
18	2М62	3500	230	70	29,1
19	3ТЭ10М	5000	210	48	37,3
20	2М62	3500	200	44	28,5
21	ТЭМ2	850	110	15	16,5
22	ТЭМ18	800	135	17	17,8
23	ТЭМ7	1300	160	21	30,2
24	ЧМЭ3	1050	140	24	25,8
25	2ТЭ10М	4500	230	39	35,0
26	2ТЭ116	5000	145	49	29,7
27	ТЭП70	1100	165	75	53,0
28	2М62	3000	175	46	30,3
29	2ТЭ25	4000	185	50	30,3
30	ТЭМ14	1300	150	25	35,1

Исходные данные для расчета параметров масляной системы

Вариант	Серия тепловоза	Снижение температуры масла в холодильнике $\Delta t_m, ^\circ\text{C}$	Перепад давления масла в системе $\Delta P_m, \text{МПа}$	Температура масла на выходе из дизеля $t_m, ^\circ\text{C}$
1	ТЭМ2	8	0,25	70
2	ТЭМ18	9	0,29	69
3	ТЭМ7	10	0,32	72
4	ЧМЭ3	9	0,30	78
5	2ТЭ10М	11	0,28	75
6	2ТЭ116	10	0,27	80
7	ТЭП70	8	0,31	77
8	М62	10	0,29	68
9	3ТЭ10М	11	0,26	73
10	2М62	9	0,25	80
11	ТЭМ2	8	0,31	79
12	ТЭМ18	9	0,32	76
13	ТЭМ7	11	0,27	79
14	ЧМЭ3	10	0,26	80
15	2ТЭ10М	8	0,25	68
16	2ТЭ116	11	0,28	70
17	ТЭП70	10	0,27	74
18	2М62	9	0,28	80
19	3ТЭ10М	8	0,29	76
20	2М62	9	0,31	79
21	ТЭМ2	9	0,32	72
22	ТЭМ18	10	0,31	80
23	ТЭМ7	11	0,33	68
24	ЧМЭ3	8	0,34	75
25	2ТЭ10М	10	0,35	73
26	2ТЭ116	11	0,28	77
27	ТЭП70	9	0,27	70
28	2М62	8	0,26	69
29	2ТЭ25	11	0,30	80
30	ТЭМ14	10	0,29	77

Исходные данные для расчета параметров водяной системы

Вариант	Серия теплового	Теплота, отводимая в секциях Q , кВт	Температура воды $t'_{\text{вд}}$, °С	Тип секций	Контур охлаждения
1	ТЭМ2	430	88	ВП12	Горячий
2	ТЭМ18	410	87	ВС12	Горячий
3	ТЭМ7	510	75	ВП12	Холодный
4	ЧМЭ3	390	76	ВС12	Холодный
5	2ТЭ10М	955	94	ВС12 + ВП5	Горячий
6	2ТЭ116	780	95	ВП12	Горячий
7	ТЭП70	1100	74	ВС7	Холодный
8	М62	700	85	ВС7	Горячий
9	3ТЭ10М	1000	77	ВП12 + ВП5	Холодный
10	2М62	730	90	ВС5	Горячий
11	ТЭМ2М	48	60	ВС12	Холодный
12	ТЭМ18	115	59	ВП12	Холодный
13	ТЭМ7	615	98	ВП12	Горячий
14	ЧМЭ3	510	90	ВП12	Горячий
15	2ТЭ10М	970	64	ВС12 + ВС7	Холодный
16	2ТЭ116	800	95	ВС12	Горячий
17	ТЭП70	1070	96	ВП12	Горячий
18	2М62	400	70	ВП12	Холодный
19	3ТЭ10М	945	93	ВС12 + ВС5	Горячий
20	2М62	670	88	ВС12	Горячий
21	ТЭМ2М	58	59	ВС7	Холодный
22	ТЭМ18	430	86	ВС5	Горячий
23	ТЭМ7	590	96	ВС7	Горячий
24	ЧМЭ3	350	78	ВС7	Холодный
25	2ТЭ10М	980	77	ВС7 + ВС5	Холодный
26	2ТЭ116	835	74	ВС7	Холодный
27	ТЭП70	1090	106	ВС12	Горячий
28	2М62	380	73	ВС12	Холодный
29	2ТЭ25	850	103	ВС12	Горячий
30	ТЭМ14	600	95	ВП12	Горячий

Учебное издание

АНИСИМОВ Александр Сергеевич

ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Часть 1

Учебно-методическое пособие

Редактор Н. А. Майорова
Корректор И. А. Сенеджук

Подписано в печать .03.2016. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,8.
Тираж 100 экз. Заказ .

**

Редакционно-издательский отдел ОмГУПС
Типография ОмГУПС

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35