

14/12/11

**Одобрено кафедрой
«Нетяговый подвижной состав»**

ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВАГОНОВ

**Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов V курса
специальности
190302 ВАГОНЫ (В)**

РОАТ

Москва – 2009

Составители: д-р. техн. наук, проф. К.А. Сергеев,
канд. техн. наук, доц. А.А. Петров

Рецензент – канд. техн. наук, доц. Т.Г. Курыкина

ВВЕДЕНИЕ

При выполнении лабораторных работ студент получает практические навыки проверки, ремонта и регулировки холодильных установок и кондиционеров вагонов, а также закрепление теоретических данных, полученных на лекциях и при самостоятельном изучении дисциплины.

Для проведения лабораторных работ используются комплекты оборудования, стационарные стенды и приборы, находящиеся в лаборатории.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются после ознакомления с инструкциями по обслуживанию холодильных машин и другого оборудования, а также с правилами техники безопасности при его эксплуатации.

Все работы выполняются под непосредственным руководством преподавателя. Без преподавателя или лаборанта категорически запрещается: производить запуск двигателей, открывать и переключать вентили, подключать или приводить в действие контрольно-измерительные приборы и системы автоматики.

Настоящие методические указания определяют порядок проведения работ.

Контрольные вопросы, приведенные в работах № 1 и 8, следует использовать при подготовке к зачету по лабораторным работам, защите курсового проекта и экзамену по дисциплине.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРОВОЙ КОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

1. Цель работы – определить энергетические параметры холодильной машины при различных режимах работы.

2. Средства:

2.1. Исследуемая холодильная машина;

2.2. Регистрирующая аппаратура и вычислительные средства;

2.3. Технические характеристики холодильной машины и ее узлов (таблицы);

2.4. Плакаты, поясняющие работу холодильной машины, учебник, инструкции.

3. Порядок работы:

3.1. Записать технические характеристики холодильной машины в таблицу (см. п.п. 2.3 и 2.4);

3.2. Изучить и зарисовать схему холодильной машины, указать на ней места установки измерительных приборов;

3.3. Коротко описать устройство, назначение и принцип работы основных агрегатов машины;

3.4. После запуска холодильной машины преподавателем (лаборантом) записать в табл. 1 показания приборов на трех режимах работы машины, соответствующих температуре кипения хладагента (фреона-12) t_0 :

1 режим – $t_0 = +5^\circ\text{C}$

2 режим – $t_0 = 0^\circ\text{C}$

3 режим – $t_0 = -5^\circ\text{C}$.

Примечание: Режим устанавливается лаборантом путем вращения регулировочного винта, расположенного на регулировочном вентиле.

Таблица 1

Номер опыта	Давление, МПа		Температура, °С			
	Испарения P_0	Конденсации P_k	Испарения (кипения) t_0	t_1	t_2	t_3

3.5. На диаграмме $\lg P-i$ (рис. 2) построить цикл холодильной машины, аналогичный показанному на рис. 1.

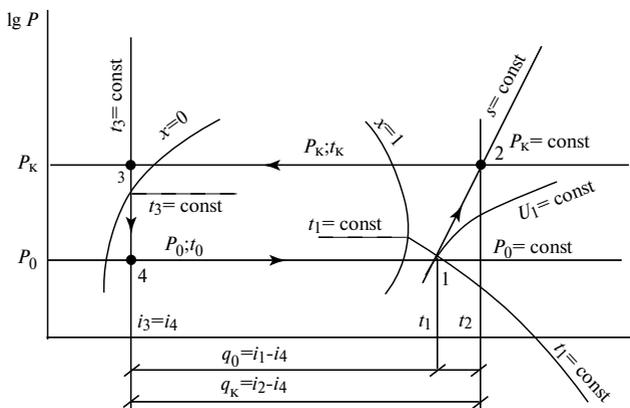


Рис. 1. Цикл холодильной машины

Построение заключается в отыскании четырех точек цикла, расположенных на пересечении:

точка 1 – линий $P_0 = \text{const}$ и $t_1 = \text{const}$;

точка 2 – линий $P_k = \text{const}$ с адиабатой $S = \text{const}$, проходящей через точку 1;

точка 3 – линий $P_k, - \text{const}$ и $t_3 = \text{const}$;

точка 4 - линии $P_0 = \text{const}$ с линией $t_3 - \text{const}$, проходящей через точку 3.

3.6. При помощи диаграммы $\lg P-i$ (рис. 2) определить удельную энтальпию (удельное теплосодержание) хладагента в четырех точках цикла и заполнить табл. 2.

Таблица 2

Режим работы машины	Удельная энтальпия хладагента i , кДж/кг в точках			
	1	2	3	4

3.7. На основании данных табл. 2 рассчитать следующие величины для трех режимов работы машины. Результаты записать в табл. 3.

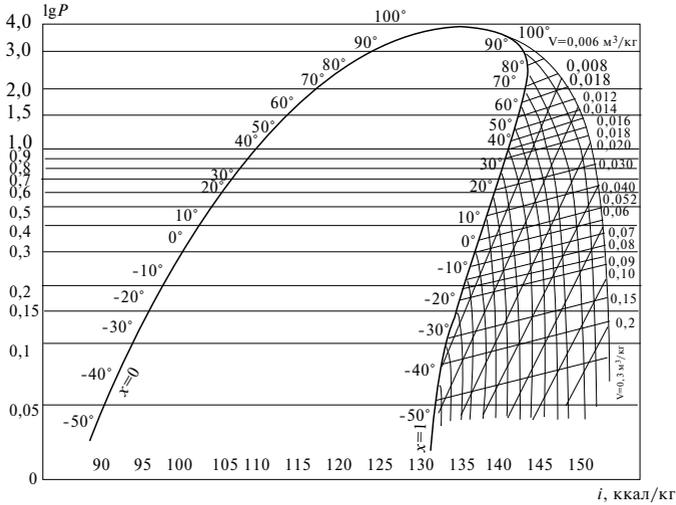


Рис. 2. Диаграмма $\lg P-i$ для фреона-12

3.7.1. Удельный объем паров, всасываемых компрессором v_1 , $\text{м}^3/\text{кг}$ (определяется из диаграммы $\lg P-i$ для точки I),

3.7.2. Массовая холодопроизводительность, $\text{кДж}/\text{кг}$,

$$q_0 = i_1 - i_4.$$

3.7.3. Удельная нагрузка на конденсатор, $\text{кДж}/\text{кг}$,

$$q_k = i_2 - i_4.$$

3.7.4. Удельная работа компрессора, $\text{кДж}/\text{кг}$,

$$L = i_2 - i_1.$$

3.7.5. Объемная холодопроизводительность, $\text{кДж}/\text{м}^3$,

$$q_v = \frac{q_0}{v_1}.$$

3.7.6. Объем, описываемый поршнями компрессора, $\text{м}^3/\text{с}$,

$$v_h = \frac{\pi d_{\text{ц}}^2 h n z}{4},$$

где $d_{\text{ц}}$ — диаметр цилиндра, м;

h — ход поршня, м;

n — частота вращения вала компрессора, с^{-1} ;

z — число цилиндров.

3.7.7. Расход хладагента, кг/с,

$$G = \frac{v_h \lambda}{v_1},$$

где λ — коэффициент подачи компрессора (принять $\lambda = 0,7$).

3.7.8. Холодопроизводительность машины, кВт,

$$Q_0 = q_0 G.$$

3.7.9. Теоретическая мощность компрессора, кВт,

$$N_T = lG.$$

3.7.10. Тепловая нагрузка на конденсатор, кВт,

$$Q_k = q_k G.$$

3.7.11. Холодильный коэффициент

$$\varepsilon = \frac{q_0}{L} \quad \text{или} \quad \varepsilon = \frac{T_0}{T_k - T_0}.$$

3.7.12. Холодопроизводительность машины при «стандартных» условиях, кВт,

$$Q_{ст} = \frac{Q_0 q_{вст}}{q_v},$$

где Q_0 — холодопроизводительность машины (определена выше);

$q_{вст}$ — объемная холодопроизводительность при «стандартных» условиях;

q_v — объемная холодопроизводительность (определена выше).

Примечание. Для подсчета $q_{вст}$, необходимо на диаграмме $\lg P-i$ построить цикл машины, соответствующий «стандартным» температурам: $t_0 = +5^\circ\text{C}$, $t_1 = +15^\circ\text{C}$, $t_k = +35^\circ\text{C}$, $t_3 = +30^\circ\text{C}$, по нему определить удельные энтальпии, используя формулы п. п. 3.7.1 - 3.7,5, найти значения $q_{вст}$, q_v , v_1 .

Таблица 3

Расчетные величины	Числовые значения при		
	1-м режиме	2-м режиме	3-м режиме
Удельный объем паров, всасываемых компрессором v , м ³ /кг			
Массовая холодопроизводительность q_0 , кДж/кг			
Удельная нагрузка на конденсатор q_k , кДж/кг			
Удельная работа компрессора L , кДж/кг			
Объемная холодопроизводительность q_v , кДж/м ³			
Объем, описываемый поршнями компрессора v_n , м ³ /с			
Расход хладагента G , кг/с			
Холодопроизводительность машины Q_0 , кВт			
Теоретическая мощность компрессора N_T , кВт			
Тепловая нагрузка на конденсатор Q_k , кВт			
Холодильный коэффициент ε			
«Стандартная» холодопроизводительность $Q_{ст}$, кВт			

3.8. На основании данных табл. 3 построить графики зависимостей P_o , Q_0 , ε , N_T от t_0 .

3.9. Выводы (сделать краткий анализ результатов работы, указать значения основных параметров машины, соответствуют ли они паспортным данным, достигнута ли цель исследования).

Контрольные вопросы

1. Назначение и устройство паровой компрессионной холодильной машины.
2. Принцип работы холодильной машины.
3. Назначение, устройство и принцип работы компрессора.
4. Назначение, устройство и принцип работы конденсатора.

5. Назначение, устройство и принцип работы испарителя.
6. Назначение, устройство и принцип работы регулирующего вентиля.
7. Показатели работы холодильной машины.
8. Как зависит холодопроизводительность машины Q_0 от температуры кипения хладагента t_0 ?
9. Основные регистрируемые величины и приборы для их определения.
10. Цикл работы холодильной машины (построение, анализ основных процессов).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ПРОВЕРКА ТЕРМОМЕТРОВ

1. Цель работы – экспериментальное определение погрешности рабочего термометра.
 2. Средства:
 - 2.1. Рабочий термометр;
 - 2.2. Контрольный термометр;
 - 2.3. Холодильная камера;
 3. Порядок работы;
 - 3.1. В холодильную камеру погрузить контрольный и рабочий термометры.
 - 3.2. Спустя 5 мин после погружение произвести отсчеты и результаты записать в табл. 4.
- Опыт повторить (п.п. 3.1 - 3.2) три раза.

Таблица 4

Номер опыта	Номер проверяемого термометра	Показания термометров, °С		Поправка термометра	
		контрольного	проверяемого	+	-

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

1. Цель работы – изучить назначение, устройство и принцип работы термометра сопротивления.

2. Средства:

2.1. Холодильная камера;

2.2. Датчик сопротивления (термистор);

2.3. Термостанция;

2.4. Прибор для измерения сопротивлений (омметр);

2.5. Контрольный термометр.

3. Порядок работы:

3.1. Погрузить термистор и контрольный термометр в холодильную камеру;

3.2. Спустя 5 мин после погружения произвести отсчеты (показания термометра сопротивления снимаются при помощи термостанции) и записать их в табл. 5.

Таблица 5

Номер опыта	Номер проверяемого термистора	Показания термометров, °С		Поправка термистора	
		контрольного	термистора	+	-

3.3. Опыт повторить (пункты 3.1 -3.2) два раза.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ТЕРМОГРАФА, ГИГРОГРАФА И БАРОГРАФА

1. Цель работы – изучить назначение, устройство и принцип работы термографа и барографа.

2. Средства:

- 2.1. Термограф;
 - 2.2. Барограф;
 - 2.3. Гигрограф;
 - 2.4. Инструкции по эксплуатации термографа и барографа.
3. Порядок работы:
 - 3.1. Изучить по инструкциям и натурным образцам устройство и принцип работы термографа, гигрографа и барографа.
 - 3.2. Зарисовать упрощенную схему приборов.
 - 3.3. Коротко описать назначение, устройство и принцип работы термографа и барографа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

1. Цель работы – изучить назначение, устройство и принцип работы приборов для определения влажности воздуха; измерить при их помощи влажность воздуха в лаборатории.
2. Средства:
 - 2.1. Гигрометр;
 - 2.2. Психрометр Августа;
 - 2.3. Психрометр Ассмана;
 - 2.4. Гигрограф;
 - 2.5. Инструкции по эксплуатации гигрометра, психрометров, гигрографа.
3. Порядок работы:
 - 3.1. Определить относительную влажность воздуха в лаборатории при помощи психрометров Августа и Ассмана, результаты измерений записать в табл. 6;
 - 3.2. Зарядить и привести в действие гигрограф;
 - 3.3. Измерить относительную влажность воздуха в лаборатории при помощи гигрографа и гигрометра, результаты измерений записать в табл. 7;

3.4. Принять психрометр Ассмана за эталонный прибор и определить погрешности измерений гигрографа, гигрометра и психрометра Августа; результаты записать в табл. 7;

3.5. Отрегулировать гигрометр и гигрограф по показаниям психрометра Ассмана.

Таблица 6

Прибор	Температура, °С		Разность показаний термометров	Относительная влажность воздуха, %
	сухого термометра	влажного термометра		
Психрометр Августа				
Психрометр Ассмана				

Таблица 7

Показатели	Психрометр Ассмана (эталон)	Психрометр Августа	Гигрометр	Гигрограф
Относительная влажность, %				
Погрешность (абсолютная), %				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЕНТИЛЯ (ТРВ)

1. Цель работы – изучить назначение, устройство и принцип работы терморегулирующего вентиля.

2. Средства:

2.1. ТРВ.

3. Порядок работы

3.1. Изучить по рисункам и по натурному образцу устройство и принцип работы ТРВ.

3.2. Коротко описать назначение, устройство и принцип работы ТРВ.

Схема регулирования заполнения испарителем жидким хладагентом по перегреву с применением трв с внутренним уравниванием давления

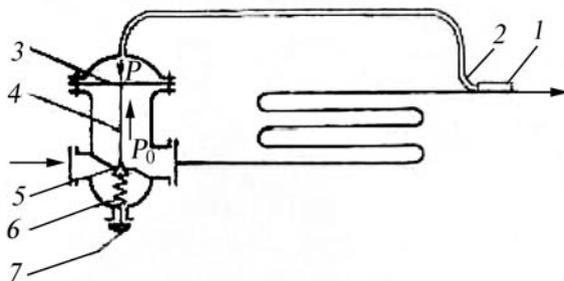


Рис. 3.

1— термобаллон; 2—капиллярная трубка; 3—мембрана; 4—стержень;
5—клапан; 6—пружина; 7—регулирующий винт

Схема регулирования заполнения испарителем жидким хладагентом по перегреву с применением трв с внешним уравниванием давления

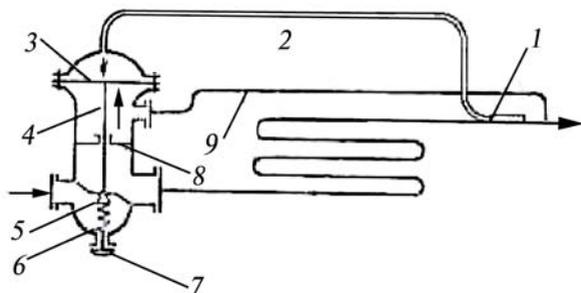


Рис. 4.

1— термобаллон; 2—капиллярная трубка; 3—мембрана; 4—стержень;
5—клапан; 6—пружина; 7—регулирующий винт; 8—крышка;
9— уравнивательная трубка

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

РЕГУЛИРОВКА ТЕРМОСТАТА

1. Цель работы – научиться регулировать термостат на заданную температуру.

2. Средства:

2.1. Холодильная камера;

2.3. Термостат RT-8;

2.4. Контрольная лампа;

2.5. Схема термостата (плакат).

3. Порядок работы:

3.1. Изучить назначение, устройство и принцип работы термостата, зарисовать упрощенную схему термостата;

3.2. Поместить термобаллон термостата в холодильную камеру рядом с контрольным термометром;

3.3. Установить термостат на заданную температуру ($t = +12^{\circ}\text{C}$);

3.4. Включить холодильную машину (температура в камере будет падать);

3.5. Зафиксировать момент достижения заданной температуры (гаснет контрольная лампа);

3.6. Снять показания контрольного термометра и записать их в табл. 9;

3.7. Вынуть термобаллон термостата и контрольный термометр из холодильной камеры (термобаллон будет нагреваться);

3.8. Зафиксировать момент достижения заданной температуры (по контрольной лампе);

3.9. Опыт повторить два раза. Результаты замеров записать в табл. 9.

Таблица 9

Номер опыта	Время измерения	Температура размыкания контактов, °C		Температура замыкания контактов, °C	
		контрольного термометра	термостата	контрольного термометра	термостата

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

1. Цель работы – научиться измерять скорость движения воздуха в воздуховоде и определять расчетом производительность вентилятора.

2. Средства:

2.1. Анемометр;

2.2. Секундомер;

2.3. Тарировочный график анемометра;

2.4. Воздуховод;

2.5. Вентилятор.

3. Порядок работы:

3.1. Включить вентиляционную установку (включает лаборант);

3.2. Поместить анемометр в воздуховод;

3.3. Определить (пользуясь анемометром и секундомером) количество оборотов вала в единицу времени (частоту вращения вала);

3.4. Пользуясь тарировочным графиком анемометра, по известной частоте вращения вала найти скорость движения воздуха в воздуховоде;

Замеры произвести три раза, результаты записать в табл. 8.

3.5. Определить и записать в табл. 8 производительность вентилятора (количество воздуха, перемещаемого вентилятором в единицу времени), $\text{м}^3/\text{ч}$ по формуле

$$v_v = 3600Sv,$$

где S – площадь поперечного сечения воздуховода м^2 , (определяется студентом);

v – скорость движения воздуха, $\text{м}/\text{с}$ (определена ранее).

Таблица 8

Номер опыта	Продолжительность опыта, с	Количество оборотов вала анемометра (по тахометру)	Частота вращения вала, с	Скорость движения воздуха v , $\text{м}/\text{с}$	Производительность вентилятора v_v , $\text{м}^3/\text{ч}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬ-ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АРВ

1. Цель работы – приобрести навыки практической работы на АРВ, изучить его конструкцию, назначение и расположение в вагоне основных агрегатов, определять температуру при помощи термостанции.

2. Средства:

2.1. ЭВМ;

2.2. Натуральные образцы узлов и деталей основных агрегатов АРВ, плакаты, таблицы, учебник;

2.3. Термостанция и контрольные термометры.

3. Порядок работы:

3.1. Изучить конструкцию основных агрегатов АРВ, назначение и расположение их в вагоне;

3.2. Нарисовать схему размещения датчиков температуры в грузовом помещении АРВ;

3.3. С помощью термостанции измерить и записать в табл. 10 температуру в точках, указанных преподавателем;

3.4. Снять и записать в табл. 10 показания контрольных термометров.

Примечание. Показания приборов записываются в виде дроби: в числителе показания термостанции, в знаменателе - контрольных термометров.

3.5. С интервалом 10 мин произвести два замера температуры в точках. Показания термостанции и контрольных термометров записать в табл. 10;

3.6. Определить и записать в табл. 10 погрешность измерения температуры по каждому датчику;

3.7. Выводы (сделать краткий анализ результатов работы, указать соответствие основных параметров агрегатов АРВ паспортным, достигнута ли цель работы и т.д.).

Таблица 10

Номер опыта	Время записи	Показания приборов, °С						Погрешность измерения, °С					
		Но- мера точек						Но- мера точек					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6

Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит АРВ?
2. Какие основные узлы составляют энергохолодильное оборудование АРВ?
3. Дизель-электростанция (назначение, устройство, принцип работы).
4. Холодильная установка (назначение, устройство, принцип работы).
5. Система автоматического регулирования работы холодильной установки (назначение, устройство, принцип работы).
6. Конструкция кузова АРВ (ограждение грузового помещения).
7. Система контроля температуры воздуха в грузовом помещении АРВ (назначение, устройство, принцип действия).
8. Как запустить дизель-генератор?
9. Как запустить холодильную установку на заданный температурный режим?
10. Какие температурные режимы могут быть установлены в АРВ?

ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВАГОНОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Редактор Г.В. Тимченко

Компьютерная верстка Е. В. Ляшкевич

Переиздание

Тип. зак.	Изд. зак. 130	Тираж 700 экз.
Подписано в печать 28.01.09	Гарнитура NewtonС	
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 1/16

Издательский центр
Информационно-методического управления РОАТ
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ
125993, Москва, Часовая ул., 22/2