

## Лабораторная работа

### ИЗУЧЕНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА – ОХЛАДИТЕЛЯ МОЛОКА

#### 1. Цель работы

Усвоение принципа действия компрессионной холодильной установки и методики испытания теплообменных аппаратов.

#### 2. Задачи работы

Ознакомление с принципом действия и устройством холодильной установки и охладителя молока, входящих в комплекс доильного агрегата. Определение коэффициента теплопередачи теплообменника – охладителя молока.

#### 3. Теоретические положения

В сельском хозяйстве наибольшее распространение получили машинные способы охлаждения, которые основаны на передаче тепла от менее нагретого тела к более нагретому. В большинстве холодильных машин, кроме установок воздушного охлаждения, такой перенос тепла осуществляется при помощи холодильного агента – вещества, имеющего низкую температуру кипения при нормальном атмосферном давлении.

Все холодильные машины разделяют на две группы. Первую составляют воздушные и паровые компрессионные холодильные машины, требующие для своей работы затрат механической энергии, а вторую – абсорбционные и парожеторные установки, работа которых основана на использовании тепловой энергии.

На рис. 1 представлены принципиальная схема паровой компрессионной холодильной установки и диаграмма термодинамического цикла в  $Ts$ -координатах.

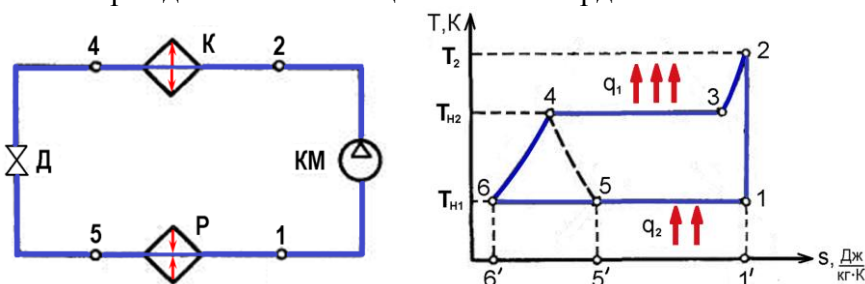


Рис. 1. Схема паровой компрессионной холодильной установки и изображение цикла в  $Ts$ -координатах: КМ – компрессор; Р – рефрижератор; Д – дроссельный клапан; К – конденсатор

Работа цикла холодильной установки заключается в следующем:

1) Из рефрижератора «Р» влажный насыщенный пар со степенью сухости  $x_1$  при давлении  $p_1$  и температуре  $T_{Н1}$  всасывается компрессором «КМ» и сжимается адиабатно (процесс 1-2) до давления  $p_2$  и температуры  $T_2$ .

2) Из компрессора пар подается в конденсатор «К», где, охлаждаясь водой или окружающим воздухом, при постоянном давлении  $p_2$  превращается вначале в сухой насыщенный пар (процесс 2-3), а затем полностью переходит в жидкость (процесс 3-4).

На  $Ts$ -диаграмме теплота  $q_1$ , отданная рабочим телом в конденсаторе, эквивалентна площади: 2-3-4-5-5'-1'-2.

3) На выходе из конденсатора жидкое рабочее тело, проходя через клапан «Д», дросселируется (на диаграмме этот процесс условно изображен линией 4-5).

4) После дроссельного клапана рабочее тело поступает в рефрижератор. В результате подвода теплоты  $q_2$ , хладагент испаряется до состояния, изображаемого точкой 1 (процесс 5-1).

На  $Ts$ -диаграмме подведенная теплота  $q_2$  эквивалентна площади: 5-1-1'-5'-5.

#### 4. Описание опытной установки

Технологическая схема компрессионной холодильной установки изображена на рис. 2. Установка включает три контура: контур движения молока, контур движения охлаждающей воды и контур движения фреона.

Теплообменник – охладитель молока 1 служит для охлаждения парного молока водой. Проходя по теплообменнику, молоко охлаждается, т.к. отдает свою теплоту холодной воде, которая в свою очередь нагревается. Вода играет роль промежуточного теплоносителя. Теплообменник выполнен по противоточной схеме, поэтому молоко может быть охлаждено в нем до 4...5 °С. По конструкции теплообменник – пластинчатый.

Нагретая вода поступает в ванну 2 посредством насоса 7. В ванну с водой погружен испаритель 6, который содержит ряд пластинчатых элементов, соединенных коллекторами, через которые подается фреоновая жидкость. В испарителе фреон превращается в пар, забирая теплоту от нагретой воды, охлаждая ее, при этом до 0 °С. В ванне накапливается определенное количество льда, и холодная вода всегда готова к использованию.

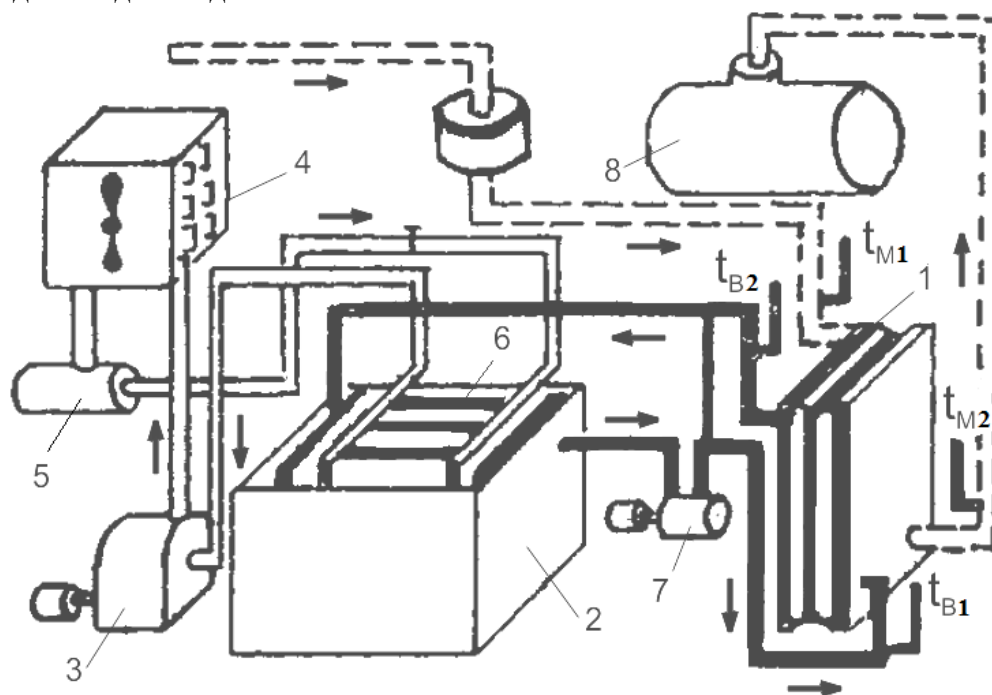


Рис. 2. Схема установки для охлаждения молока:

1 – теплообменник – охладитель молока, 2 – ванна, 3 – компрессор, 4 – конденсатор, 5 – дроссельный клапан (терморегулирующий вентиль), 6 – испаритель, 7 – водяной насос, 8 – емкость для охлажденного молока

Пары фреона из испарителя поступают в компрессор 3, где происходит сжатие фреона, при этом его температура становится выше температуры окружающей среды. В конденсаторе 4 фреон охлаждается до температуры окружающей среды и конденсируется. В дроссельном клапане (терморегулирующем вентиле) 5 давление жидкого фреона снижается, и температура насыщения паров становится ниже 0°С, т.е. снижается температура, при которой может произойти испарение фреона. И фреон снова поступает в испаритель, и цикл повторяется.

#### 5. Проведение испытания

При испытании теплообменного аппарата 1 основными замеряемыми величинами являются величины, формирующие уравнения теплового баланса и теплопередачи теплообменника, т. е. расход молока  $m_M$  (кг/с), начальные температуры молока  $t_{M1}$  (°С) и воды  $t_{B1}$  (°С) на входах теплообменника, конечные температуры молока  $t_{M2}$  (°С) и воды  $t_{B2}$  (°С) на выходах теплообменника.

Температуры в данном случае замеряются ртутными термометрами. Расход «молока» (заменяется при испытании теплой водой) и измеряется весовым методом.

## 6. Обработка результатов испытания

1) Определяем тепловой поток от молока к охлаждающей воде [1]:

$$\Phi = m_M \cdot C_M \cdot (t_{M1} - t_{M2}) \cdot 10^3, \text{ Вт} \quad (1)$$

где  $C_M = 3,8$  кДж/кг·К – теплоемкость молока.

2) Определяем средний логарифмический температурный напор:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

где  $\Delta t_B = t_{M1} - t_{B2}, \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\Delta t_M = t_{M2} - t_{B1}, \text{ } ^\circ\text{C}$

3) Из уравнения теплопередачи определяем коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{\Phi}{F \cdot \Delta t_{CP}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (3)$$

где  $F$  – площадь поверхности теплообмена,  $\text{м}^2$ .

4) Определяем расход охлаждающей воды  $m_B$  из уравнения теплового баланса теплообменного аппарата [1]:

$$m_M \cdot C_M \cdot (t_{M1} - t_{M2}) = m_B \cdot C_B \cdot (t_{B2} - t_{B1}) \quad (4)$$

где  $C_B = 4,19$  кДж/кг·К – теплоемкость воды.

Тогда расход охлаждающей воды будет равен:

$$m_B = \frac{m_M \cdot C_M \cdot (t_{M1} - t_{M2})}{C_B \cdot (t_{B2} - t_{B1})}, \text{ кг/с} \quad (5)$$

5) Начертить график распределения температур вдоль поверхности теплообмена рис.2.

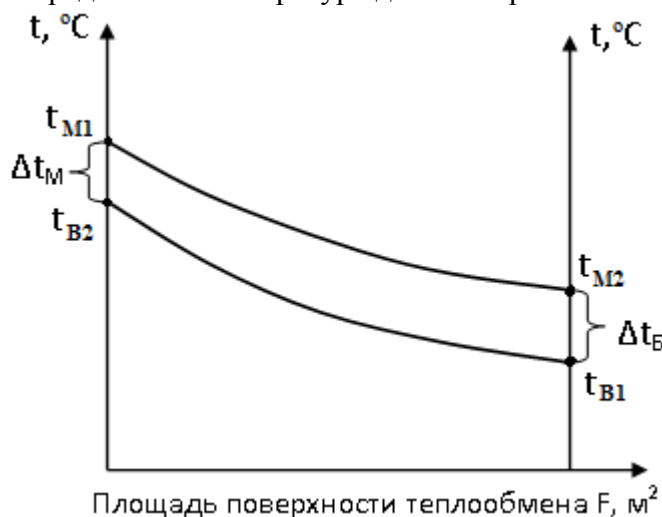


Рис. 2. График распределения температур вдоль поверхности теплообмена

## 6. Оформление отчета

Отчет по работе должен включать схему установки, таблицу опытных данных 1, расчет, схему изменения температур.

## Опытные данные

Измеряемые и расчетные величины							
$m_M$	$m_B$	$t_{M1}$	$t_{M2}$	$t_{B1}$	$t_{B2}$	$\Delta t_{cp}$	$K$

## 7. Контрольные вопросы

1. Какие типы холодильных установок используют в сельском хозяйстве.
2. Рассказать принцип работы лабораторной установки.  
Какие основные величины определяют при испытании теплообменного аппарата.
4. По какому закону распределяется температура вдоль поверхности теплообмена.

## Задание для лабораторной работы

**ИЗУЧЕНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА –  
ОХЛАДИТЕЛЯ МОЛОКА**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_M$ , кг/с	0,3	0,4	0,1	0,5	0,6	0,7	0,2	0,45	0,55	0,65
$t_{M1}$ , °С	35	37	41	30	28	32	36	29	31	34
$t_{M2}$ , °С	4	2	7	5	6	8	5	4	7	3
$t_{B1}$ , °С	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$t_{B2}$ , °С	20	22	25	18	16	21	25	20	23	19
Площадь поверхности теплообмена $F$ , м <sup>2</sup>	2,5	3	4,7	5	6,2	7	8,5	5,5	6,8	4