

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 $T-s$ -координатах.

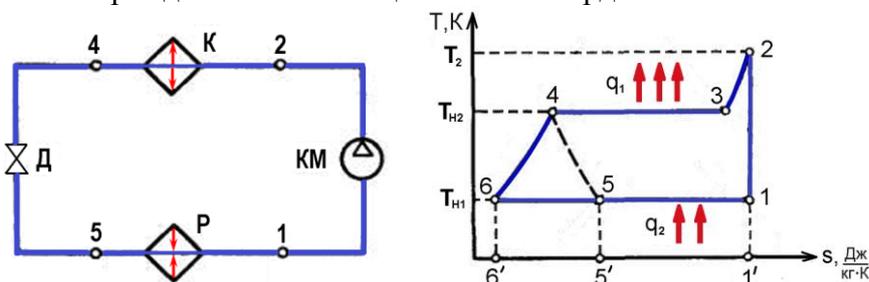


Рис. 1. Схема паровой компрессионной холодильной установки и изображение цикла в $T-s$ -координатах: КМ – компрессор; Р – рефрижератор; Д – дроссельный клапан; К – конденсатор

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_{H1} 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 $T-s$ -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 $T-s$ -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.

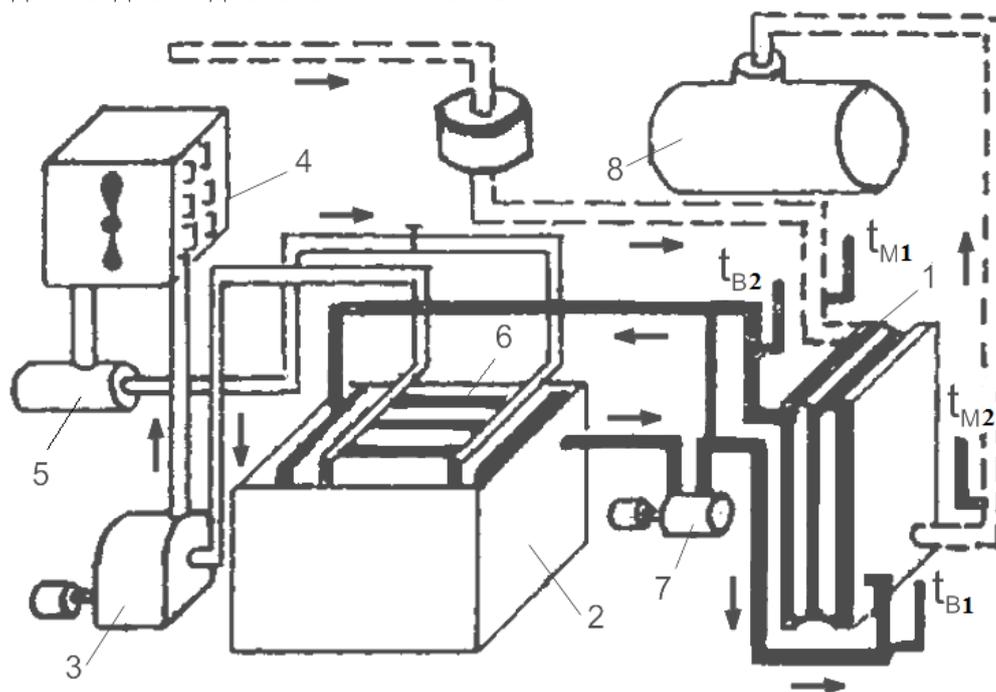


Рис. 2. Схема установки для охлаждения молока:

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 $C_M = 3,8 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ – 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, 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 $C_B = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ – 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.

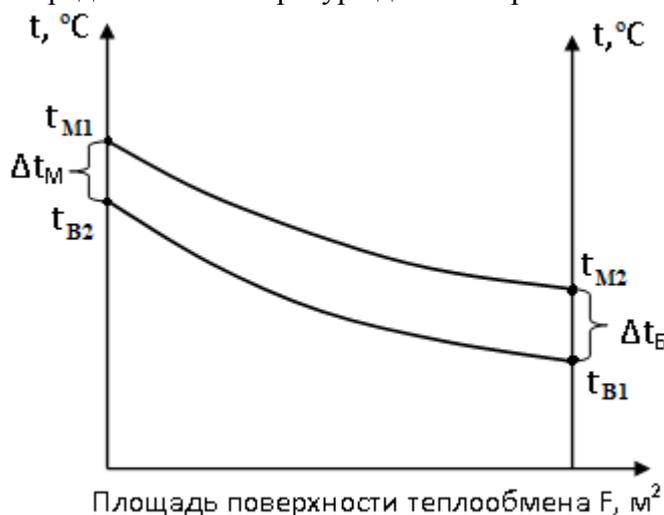


Рис. 2. График распределения температур вдоль поверхности теплообмена

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}	Δt_{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 ²	2,5	3	4,7	5	6,2	7	8,5	5,5	6,8	4