

**А.П. Козловцев, В.И. Квашенников, В.А. Шахов**

## **Охлаждение молока на молочных фермах**

**Оренбург 2016**

## Содержание

<b>Условные обозначения, термины, определения</b>	<b>5</b>
<b>Введение</b>	<b>9</b>
<b>ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОЛОКЕ - КАК ОБЪЕКТЕ ОХЛАЖДЕНИЯ</b>	<b>12</b>
<b>ГЛАВА 2. ИСТОРИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ДЕЛА</b>	<b>21</b>
<b>ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Принцип работы холодильных машин, используемых для охлаждения молока</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Хладагенты, хладоносители</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Конструктивные особенности холодильного оборудования, используемого для охлаждения молока</b>	<b>47</b>
<b>3.4 Холодопроизводительность машин искусственного холода</b>	<b>63</b>
<b>3.5 Технологические схемы охлаждения молока установками искусственного холода</b>	<b>66</b>
<i>3.5.1 Технологические схемы охлаждения на фермах с «ведерными» доильными установками</i>	<i>66</i>
<i>3.5.2 Технологические схемы охлаждения на фермах с молокопроводными доильными установками</i>	<i>68</i>
<i>3.5.3 Выбор источника искусственного холода</i>	<i>70</i>
<i>3.5.4 Генераторы ледяной воды (ГЛВ)</i>	<i>73</i>
<i>3.5.5 Разработка суточного графика работы компрессорно-конденсаторного агрегата CS-1000/3</i>	<i>89</i>
<b>3.6 Анализ процесса охлаждения простейшими емкостными охладителями</b>	<b>95</b>
<i>3.6.1 Расчет теплообменных процессов во фляжном охладителе</i>	<i>96</i>
<i>3.6.2. Равновесная температура</i>	<i>97</i>
<i>3.6.3 Описание программы «Фляжный охладитель»</i>	<i>118</i>
<b>ГЛАВА 4 ЕСТЕСТВЕННЫЙ ХОЛОД ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ</b>	

<b>МОЛОКА</b>	<b>122</b>
<b>4.1. Сезонное использование естественного холода</b>	<b>124</b>
<b>4.2 Круглогодичное использование естественного холода</b>	<b>149</b>
<i>4.2.1 Заготовка водоёмного льда</i>	149
<i>4.2.2 Заготовка льда послойным намораживанием</i>	152
<i>4.2.3 Автоматические установки для послойного намораживания льда</i>	156
<i>4.2.3 Использование водного льда</i>	162
<b>ГЛАВА 5. НОВЫЕ СПОСОБЫ ЗАГОТОВКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЬДА В РЕГИОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА</b>	<b>165</b>
<b>5.1 Оценка потенциальных возможностей аккумулирования и использования природного холода в регионе Южного Урала</b>	<b>165</b>
<i>5.1.1 Природно-географические характеристики Южного Урала</i>	165
<b>5.2 Выбор и обоснование термосифонной системы аккумулирования водного льда для круглогодичного использования</b>	<b>167</b>
<b>5.3 Анализ процесса функционирования в морозный период бассейна, оборудованного термосифонами</b>	<b>173</b>
<i>5.3.1 Теплообменные процессы в бассейне при подводе холода сверху</i>	173
<i>5.3.2 Оценка интенсивности намораживания ледяной массы в бассейне, оборудованном термосифонами</i>	177
<b>5.4 Функциональные особенности использования льдохранилища при охлаждении молока на молочно-товарных фермах</b>	<b>190</b>
<b>5.5 Подземная холодильная камера с термосифонами</b>	<b>194</b>
<b>5.6 Послойное намораживание</b>	<b>197</b>
<i>5.6.1 Водоборотный аккумулятор послойного намораживания</i>	197
<i>5.6.2 Двухкамерное заглублённое льдохранилище</i>	207
<i>5.6.3 Одноковшовые дозаторы в системе льдоаккумулирования</i>	211
<b>Заключение</b>	<b>221</b>
<b>Контрольные примеры</b>	<b>222</b>
<b>Список литературы</b>	<b>231</b>

## Условные обозначения, термины, определения

$C_m, C_v$  - удельная теплоёмкость продуктов, соответственно молока и воды, кДж/(кг\*град)

$M_m, M_v, M_l$  —соответственно масса молока, воды, льда, участвующих в процессах охлаждения или нагрева, кг.

$q$  -теплота плавления льда (кДж/кг; кВт· час/кг).

$Q$ - количество теплоты, кДж; кВт·час.

Часто встречающаяся в технической литературе единица количества теплоты «кВт·час» во многих процессах теплообмена позволяет упростить вычисления. Например: холодильная машина, холодопроизводительностью 30 кВт, проработала 8 часов. Общее количество тепла, отведенное от охлаждаемого продукта этой машиной, составит  $30 \text{ кВт} \times 8 \text{ часов} = 240 \text{ кВт} \cdot \text{часов}$ . Размерность «кВт·час» получена следующим образом:

$$1 \text{ час} = 3600 \text{ с}$$

Умножим левую и правую часть этого равенства на одну и ту же величину «кДж/с»

$$1 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} \text{ час} = 3600 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} \text{ с}$$

Но  $\frac{\text{кДж}}{\text{с}} = \text{кВт}$ . Заменив в левой части равенства «кДж/с» на «кВт» и

сократив в правой части секунды, получим.

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{час} = 3600 \text{ кДж}$$

Пример: Пересчитать 15 кВт·час теплоты в кДж?

Составим пропорцию:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{час} = 3600 \text{ кДж}$$

$$15 \text{ кВт} \cdot \text{час} = X \text{ кДж}, \text{ из которой следует}$$

$$x = \frac{15 \text{ кВт} \cdot \text{час} \times 3600 \text{ кДж}}{1 \text{ кВт} \cdot \text{час}} = 54000 \text{ кДж}$$

Также просто решается и обратная задача.

$Q_c, Q_{\text{мин}}, Q_c$  - соответственно часовая, минутная и секундная холодопроизводительность, кДж/час; кДж/мин; кДж/с.  $1 \text{ кДж/с} = 1 \text{ кВт}$

Следует иметь ввиду, что секундная холодопроизводительность выражается двумя терминами: либо  $\text{кДж/с}$ , либо  $\text{кВт}$ .

*Холодопроизводительность* источника холода - количество теплоты, отводимой источником холода с помощью хладоносителя от охлаждаемого продукта в единицу времени (*час, мин, с*).

Как следует из этого определения *холодопроизводительность* это скорость передачи теплоты от одного тела к другому. Её нельзя путать с количеством теплоты, как нельзя путать *расстояние (м)* и *скорость (м/с)* преодоления этого расстояния ( $\text{км/час}$ ,  $\text{м/мин}$ ,  $\text{м/с}$ ), например автомобилем.

К сожалению, иногда в литературе встречаются смешивание этих понятий. Например: скорость передачи теплоты обозначают « $\frac{\text{кВт}}{\text{час}}$ », что является грубейшей ошибкой.

$\varepsilon$ -холодильный коэффициент холодильной машины при установленных температурах кипения и конденсации хладоагента, величина безразмерная.

Холодильный коэффициент это отношение холодопроизводительности машины ( $\text{кВт}$ ) к мощности ( $\text{кВт}$ ), затраченной на перекачку хладоагента по замкнутой функциональной магистрали холодильной машины: испаритель - компрессор - конденсатор - ресивер – теплообменник - терморегулирующий вентиль - испаритель.

Мощностью, затрачиваемой на перекачку хладоагента, приближенно можно считать мощность на привод компрессора холодильной машины, т.е. мощность электродвигателя компрессора. Мощность других электродвигателей машины: вентилятора, насоса ледяной воды и др. в это определение не включаются.

Численное значение  $\varepsilon$  (большинство холодильных машин, используемых на молочных фермах, имеют  $\varepsilon = 1,5...3$ ) позволяет вычислить приближенно мощность электродвигателя компрессора, если известна холодопроизводительность машины, либо приближенно определить холодопроизводи-