

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

Охлаждение молока на молочных фермах

Оренбург 2016

Содержание

Условные обозначения, термины, определения	5
Введение	9
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОЛОКЕ - КАК ОБЪЕКТЕ ОХЛАЖДЕНИЯ	12
ГЛАВА 2. ИСТОРИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ДЕЛА	21
ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА	33
3.1 Принцип работы холодильных машин, используемых для охлаждения молока	33
3.2 Хладагенты, хладоносители	38
3.3 Конструктивные особенности холодильного оборудования, используемого для охлаждения молока	47
3.4 Холодопроизводительность машин искусственного холода	63
3.5 Технологические схемы охлаждения молока установками искусственного холода	66
<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>
3.6 Анализ процесса охлаждения простейшими емкостными охладителями	95
<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>
ГЛАВА 4 ЕСТЕСТВЕННЫЙ ХОЛОД ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ	

МОЛОКА	122
4.1. Сезонное использование естественного холода	124
4.2 Круглогодичное использование естественного холода	149
<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
ГЛАВА 5. НОВЫЕ СПОСОБЫ ЗАГОТОВКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЬДА В РЕГИОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА	165
5.1 Оценка потенциальных возможностей аккумуляции и использования природного холода в регионе Южного Урала	165
<i>5.1.1 Природно-географические характеристики Южного Урала</i>	165
5.2 Выбор и обоснование термосифонной системы аккумуляции водного льда для круглогодичного использования	167
5.3 Анализ процесса функционирования в морозный период бассейна, оборудованного термосифонами	173
<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
5.4 Функциональные особенности использования льдохранилища при охлаждении молока на молочно-товарных фермах	190
5.5 Подземная холодильная камера с термосифонами	194
5.6 Послойное намораживание	197
<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 льдоаккумуляции</i>	211
Заключение	221
Контрольные примеры	222
Список литературы	231

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 кВт·час = X кДж, 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 *кДж/с*, либо *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 (*км/час, м/мин, м/с*), например автомобилем.

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

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

Холодильный коэффициент это отношение холодопроизводительности машины (*кВт*) к мощности (*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 ε (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-