

634.8
М 74

УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ВИНОГРАДА И ВИНА «МАГАРАЧ»
98600, АР Крым, г. Ялта, ул Кирова, 31, тел. (0654) 32-55-91

МОДОНКЛЕВА А.Э.

**ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ
ВИНОГРАДА И ЕГО ХРАНЕНИИ**

Ялта - 2007

634.8
М 74

УДК 634.8: 631.563: 664.8.037.5.004.163

Публикуется по решению секции учёного совета НИВиВ «Магарач»

Рецензенты: Онищенко В.П., д.т.н., проф., Одесская государственная академия холода.
Виноградов В.А., к.т.н., зав. отд. технологического оборудования
НИВиВ «Магарач»

Модонкаева А.Э. Энергопотребление при замораживании винограда и его
хранении - Ялта, НИВиВ «Магарач», 2007 - 55 с.

Научно-методическое пособие посвящено проблеме энергопотребления при
хранении винограда в замороженном виде.

Разработана методика по определению удельного расхода холода и электроэнергии
на тонну винограда при хранении в замороженном виде, которая предназначена для
создания нормативов расхода энергоресурсов на 1 т винограда.

Дана энергетическая оценка технологических процессов и приведены расчётные
удельные расходы холода и электроэнергии на 1 т винограда.

Научно-методическое пособие предназначено для работников предприятий
перерабатывающей отрасли при анализе использования холода и электроэнергии при
хранении винограда в замороженном виде и выборе энергосберегающих систем
технологий.

УДК 634.8: 631.563: 664.8.037.5.004.163

Модонкаева Г.Е. Энергопостачання при заморожуванні винограду та його зберіганні. -
Ялта, НІВіВ «Магарач», 2007 - 55 с.

Науково-методичний посібник присвячений проблемі енергопостачання при
зберіганні винограду у замороженому виді.

Розроблена методика по визначенню питомого розходу холоду та електроенергії на
тону винограду при зберіганні у замороженому виді, яка призначена для створення
нормативів розходу енергоресурсів на 1 т винограду.

Дана енергетична оцінка технологічних процесів та наведені розрахункові питомі
розходи холоду та електроенергії на 1 т винограду.

Науково-методичний посібник призначений для працівників підприємств переробної
галузі при аналізі використання холоду й електроенергії при зберіганні винограду у
замороженому виді та виборі енергозберігаючих систем технологій.

© Национальный институт винограда и вина «Магарач», 2007
© Модонкаева А.Э., составление, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение.....	5
1.Методика по нормированию расхода холода и электроэнергии при замораживании винограда и хранении его в замороженном виде.....	6
1.1. Энергетическая оценка технологических процессов при замораживании винограда.....	6
1.2. Определение теплотерь при охлаждении винограда до 0°С в камере предварительного охлаждения.....	8
1.3. Определение количества холода на охлаждение винограда от 0°С до криоскопической температуры винограда.....	12
1.4. Определение расхода холода на собственно замораживание (льдообразование) винограда.....	12
1.5 Определение количества холода на понижение температуры винограда при одновременно происходящем льдообразовании и после его завершения, если оно завершилось при более высокой температуре, чем конечная температура t _к =минус 18.....	12
1.6. Схема и ориентировочный график работы приемно-отгрузочной базы длительного хранения столового винограда в замороженном виде. Единовременная вместимость базы - 500т.....	15
1.7. Определение количества холода, необходимого для охлаждения тары и для поддержания температурного режима в камерах длительного хранения замороженного винограда.....	16
1.7.1. Определение количества холода, необходимого для обеспечения оптимального хранения замороженного винограда.....	16
1.8. Определение общего расхода холода при замораживании и хранении винограда в замороженном виде (единовременная вместимость базы - 500 т).....	30
2. Методические подходы к оценке холодоснабжения предприятий.....	32
2.1. Удельный расход электроэнергии на производство холода.....	32
2.2. Расчёт выработки холода аммиачными компрессорами АУ-45.....	36
3. Анализ использования холода по приемно-отгрузочной базе длительного хранения замороженного винограда единовременной вместимостью 500 т.....	42
3.1. Выбор рациональных условий замораживания	43

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ВИНОГРАДА И ВИНА «МАГАРАЧ»
г. Ялта, ул. Кирова

4. Рекомендации по совершенствованию работы холодильно-компрессорного цеха на базах хранения винограда.....	44
4.1 Усиление контроля температурного режима холодильных установок.....	44
4.2. Внедрение пассивирования рассола.....	46
4.3. Регулирование температуры в холодильной камере.....	47
4.4. Регулирование холодопроизводительности холодильных установок.....	48
4.5 Регулирование давления конденсации в конденсаторе.....	48
4.6 Удаление инея с поверхности холодильных батарей.....	49
4.7 Внедрение системы автоматического управления с раздельным контролем обеих ступеней холодильной установки.....	49
Выводы.....	52
Список литературы.....	53

46401

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в условиях острого дефицита энергоресурсов на передний план рационального внедрения хозяйства в масштабе Украины, так и в рамках каждого отдельно взятого предприятия, выдвигается необходимость сокращения затрат энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции.

Рациональное энергопотребление и оптимальная его регламентация в виноградарстве является проблемой, требующей безотлагательного и обоснованного решения. Комплекс вопросов по разработке и организации рационального энергопотребления в виноградарстве Украины при хранении винограда в замороженном виде остается мало изученным и поэтому, практически нерешенным. В частности, отсутствуют типовые удельные затраты холода и электроэнергии по отдельным операциям технологических процессов замораживания винограда и его хранения. Отсутствие их научно обоснованного потребления при недостаточном учете расхода энергии приводит к бесконтрольному расходованию энергоресурсов.

Практическая значимость проведенных исследований определяется тем, что впервые в условиях Украины в данной работе разрабатывается методический подход к научно обоснованной регламентации энергопотребления, представляющего собой комплекс мероприятий, направленных на рациональное использование энергетических ресурсов при хранении винограда в замороженном виде

- разработка методики по нормированию расхода холода и электроэнергии при хранении винограда в замороженном виде;
- энергетическая оценка технологических процессов при хранении винограда в замороженном виде (расчет научно обоснованных норм расхода холода и электроэнергии);
- анализ использования холода при хранении винограда
- рекомендации по усовершенствованию работы холодильно-компрессорных станций.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ВИНОГРАДА И ВИНА «МАГАР»
г. Ялта, ул. Кирова, 51

1 Методика по нормированию расхода холода и электроэнергии при замораживании винограда и хранении его в замороженном виде

1.1 Энергетическая оценка технологических процессов при замораживании винограда

Тепло, которое нужно отвести от продукта, чтобы осуществить его замораживание, в холодильной технологии часто называют расходом холода при замораживании, так же, как иногда говорят при расходе холода при охлаждении.

Принципиально тепло, отводимое от замораживаемого тела, можно вычислить, опираясь на те же основные методы, какие применены к анализу процесса охлаждения. Но в используемых приемах вычисления необходимо учитывать отличительные особенности замораживания.

Реальный процесс замораживания пищевых продуктов заключается в том, что в морозильное устройство помещают продукт, начальная температура которого выше криоскопической, а конечная ниже криоскопической в любой его точке. Этот интервал изменения температуры продукта включает охлаждение его от начальной температуры t_n до криоскопической $t_{кр}$ и собственно замораживание, характеризуемое льдообразованием, происходящим в области температур от криоскопической до некоторой конечной t_k .

При этом переохлаждением влаги в продукте можно пренебречь, т.к. оно не влияет на построение теплового баланса и редко возникает в сколь угодно значительной части объема продукта при обычных условиях замораживания.

В таком процессе замораживания охлаждение и льдообразование не разделяют во времени. Когда в периферийных слоях уже началось льдообразование, центральные слои еще продолжают охлаждаться. Если же коэффициент теплоотдачи велик, температура среды низкая может случиться, что в периферийных слоях льдообразование закончено, в средней части оно происходит, а в центральной еще не началось.

Тепло, отводимое от замораживаемого продукта, выражается достаточно простой формулой [26]:

$$Q = G [C_0 (t_n - t_{кр}) + L * W * w + C_m (t_k - t_{кр})] \quad (1.1)$$

Сумма в прямых скобках формулы (1.1) представляет собой тепло, отводимое от единицы массы продукта. Здесь первое слагаемое выражает

тепло охлаждения, второе – тепло соответственно льдообразования, а третье – тепло отводимое для понижения температуры при одновременно происходящем льдообразовании, а также и после завершения льдообразования, если оно закончилось при более высокой температуре, чем t_k .

Конечно, формула (1.1) не учитывает дополнительных эксплуатационных теплопритоков, от работающих людей и пр.

Тепло замораживания значительно превышает тепло охлаждения, поэтому попытка уточнить расчет с учетом экзотермичности внутренних процессов в продукте и тепла испарения – конденсации – не достигла бы цели.

Во втором слагаемом в прямых скобках (1.1) количество вымороженной воды w следует находить для конечной среднеемкой температуры t_k . Это второе слагаемое – наибольшее во всей сумме, т.к., велико удельное тепло льдообразования L .

Обычно в продукте велико относительное содержание влаги W , а количество вымороженной воды для конечных температур продукта, достигаемых в пределах, близко к 90%.

Величина второго слагаемого, о котором идет речь, зависит главным образом от содержания влаги в продукте и составляет 70-80% всего тепла, отводимого при замораживании пищевых продуктов. Это важно подчеркнуть потому, что тепло льдообразования принимают как определяющую величину при расчетах продолжительности замораживания. Третье слагаемое в прямых скобках формулы (1.1) требует определение теплоемкости C_m , являющейся функцией температуры, которая так же не меняется.

В качестве конечной температуры t_k следует брать среднеемкую температуру продукта в конце замораживания. Теплоемкость C_m , для подстановки в формулу (1.1) следует вычислять для средней температуры в интервале от $t_{кр}$ до t_k .

Тепло, которое нужно отвести от продукта для его замораживания от начальной температуры t , лежащей ниже криоскопической, до конечной t_k выразится следующим образом:

$$Q = G [L * W (w_k - w) + C_m (t + t_k)] \quad (1.2)$$

где w_k и w – количество вымороженной воды при температуре t_k и t , которые нужно находить как среднеемкие.

Удельную теплоемкость C_m следует находить тем же путем, как и для подстановки в формулу (1.1), но для интервала температур от t до t_k .

Тепло отводимое при замораживании или домораживании пищевых продуктов практически наиболее просто находят как разность удельных энтальпий, умноженных на массу продукта. Действуя таким образом, следует пользоваться значениями удельных энтальпий при среднеобъемных температурах тела в начале и конце рассчитываемого процесса, если только неравномерность температурного поля тел сколько-нибудь значима.

Существуют описанные в специальных руководствах и другие, более полные и строгие пути определения тепла, отводимого при замораживании. Применение их становится оправданным при точном задании условий задачи, подлежащей решению, и при стремлении к большей точности искомого результата.

В решении технических задач холодильной технологии достаточными признаны средства вычисления тепла, отводимого при замораживании, которые были здесь изложены.

Все названные здесь способы вычисления тепла, отводимого при замораживании, не включают, тепло, проникающее в морозильные устройства, от других источников, кроме замораживаемого продукта.

Замораживание продукта в воздухе применяется издавна, что обусловлено главным достоинством способа, связанным со свойствами воздуха как естественной среды.

Плохие теплопередающие свойства воздуха не без успеха компенсируются значительными скоростями его движения в современных морозильных камерах, что удается сделать благодаря малой его плотности и вязкости, а а термодинамические свойства воздуха допускают практически неограниченное понижение его температуры при атмосферном давлении.

Расход холода на компенсацию тепловыделений при дыхании винограда при охлаждении до 0°C составляет 319 ккал/т.сутки [28]. Всего при предварительном охлаждении 500 т винограда количество тепла, выделяющееся при дыхании, составляет 159500 ккал.

Этот расход холода приведен в разделе 1.2.

1.2. Расчёт расхода холода. Определение теплотерь при охлаждении винограда до 0°C в камере предварительного охлаждения

Таблица 1.1 Расчёт расхода холода

№ п/п	Наименование операции	Расчёт процесса охлаждения	Необходимое количество холода	
			Ккал/год	Г кал/год
	2	3	4	5
Охлаждение винограда				
Камеры (КПО), $V=50$ т (всего 2 шт)				
1	Охлаждение винограда от 20°C до 0°C (50 т/сут), 2,08 т/ч. Загрузка с 15 сентября по 24 сентября	$Q_1 = G \cdot C \cdot (t_k - t_n)$, ккал/ч $Q_1 = 2083 \cdot 0,83 \cdot 20 = 34577$ ккал/ч (max.) $Q_1 = 2083 \cdot 0,83 \cdot 17 = 29391$ ккал/ч (ср. факт.)	$Q_{\text{год (max)}} = 125 \cdot 10^3 \cdot 0,83 \cdot (20-0) = 2075 \cdot 10^3$ ккал/год $Q_{\text{год (ср факт)}} = 125 \cdot 10^3 \cdot 0,83 \cdot (17-0) = 1763 \cdot 10^3$ ккал/год	$Q_{\text{год (max)}} = 2,07$ Г кал/год $Q_{\text{год (ср факт)}} = 1,76$ Г кал/год
2	Охлаждение винограда от 20°C до 0°C (50 т/сутки), 2,08 т/ч Загрузка с 25 сентября по 4 октября	$Q_2 = 2083 \cdot 0,83 \cdot 20 = 34577$ ккал/ч (max.) $Q_2 = 2083 \cdot 0,83 \cdot 17 = 24391$ ккал/ч (ср факт.)	$Q_{\text{год (max)}} = 2075 \cdot 10^3$ ккал/год $Q_{\text{год (ср факт)}} = 1763 \cdot 10^3$ ккал/год	$Q_{\text{год (max)}} = 2,07$ Г кал/год
3	Охлаждение винограда от 20°C до 0°C (max. 50 т/сутки), 2,08 т/ч Загрузка с 5 октября по 14 октября	$Q_3 = 2083 \cdot 0,83 \cdot 20 = 34577$ ккал/ч (max.) $Q_3 = 2083 \cdot 0,83 \cdot 17 = 24391$ ккал/ч (ср факт.)	$Q_{\text{год (max)}} = 2075 \cdot 10^3$ ккал/год $Q_{\text{год (ср факт)}} = 1763 \cdot 10^3$ ккал/год	$Q_{\text{год (max)}} = 2,07$ Г кал/год $Q_{\text{год (ср факт)}} = 1,76$ Г кал/год

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5
4	Охлаждение винограда от 20°C до 0°C (max.50 т/сутки). 2,08 т/ч Загрузка с 15 октября по 25 октября Итого:	$Q_4 = 2083 * 0,83 * 20 = 34577$ ккал/ч (max) $Q_4 = 2083 * 0,83 * 17 = 2439$ ккал/ч (ср. факт.)	$Q_{\text{год(max)}} = 2075 * 10^3$ ккал/год $Q_{\text{год(ср. факт)}} = 1763 * 10^3$ ккал/год	$Q_{\text{год(max)}} = 2,07$ Гкал/год $Q_{\text{год(ср. факт)}} = 1,76$ Гкал/год
5	Расход холода на компенсацию тепловыделений при дыхании винограда в камерах КШО Итого: Всего:	$Q_5 = 319 * 50 * 10 = 159500$ ккал/год	$Q_{\text{год}} = 159,5 * 10^3$ ккал/год	$Q_{\text{год(max)}} = 8,28$ Гкал/год $Q_{\text{год(ср. факт)}} = 7,04$ Гкал/год $Q_{\text{год}} = 0,16$ Гкал/год
				$Q_{\text{год}} = 0,16$ Гкал/год $Q_{\text{год}} = 8,44$ Гкал/год

Таблица 1.2 Температурный график наружного воздуха по месяцам наиболее тёплой метеостанции Крыма в период поступления винограда на базу и его отгрузки. Данные метеостанции «Никитский сад» [27]

Месяц	Наружная максимальная среднегодовая температура воздуха, °C	Наружная среднесуточная температура воздуха, °C	Наружная минимальная среднегодовая температура воздуха, °C
Август	34,6	24,7	13,4
Сентябрь	26,8	19,4	12,0
Октябрь	23,5	15,0	5,0
Ноябрь	19,5	11,3	0,3
Декабрь	16,4	5,8	-6,3
Январь	14,4	4,4	-2,3
Февраль	16,0	3,2	-14,1
Март	19,3	7,9	-2,0

Температура загружаемого в камеры винограда не должна превышать 20°C.

1.3 Определение количества холода на охлаждение винограда от 0°C до криоскопической температуры винограда

Тепло, отводимое от винограда при охлаждении от 0°C до криоскопической температуры Q_1 определяется по формуле [26]:

$$Q_1(\text{год}) = G_{\text{год}} * C_0 * (t_n - t_{\text{кр}}), \text{ ккал/год} \quad (1.3)$$

Криоскопическая температура для винограда $t_{\text{кр}} = \text{минус } 2,7^\circ\text{C}$ [26]

Теплоёмкость $C_0 = 0,84 \text{ ккал/кг}^\circ\text{C}$

G – количество продукта, кг

Для замораживания используются 2 морозильные камеры производительностью 10 т/сутки с единовременной загрузкой ориентировочно 1800 кг в каждую. Время замораживания 10 т – ориентировочно 5 час.

Если надо переработать 500 т (вместимость 10 камер предварительного охлаждения), то расход холода составит:

$$Q_1(\text{год}) = 50000 * 10 * 0,84 * [0 - (-2,7)] = 1134000 \text{ ккал/год}$$

1.4 Определение расхода холода на собственно замораживание (льдообразование) винограда

Количество холода на собственно замораживание винограда (Q_2) определяется по формуле [26]:

$$Q_2(\text{год}) = G * L * W * \omega, \text{ ккал/год} \quad (1.4)$$

где $G_{\text{год}} = 500000 \text{ кг винограда}$

L – теплота таяния замороженного винограда, ккал/т

$L = 49,4 \text{ ккал/кг}$ при температуре минус $2,7^\circ\text{C}$ [25]

W – относительное содержание влаги в винограде, доли единиц [3]

ω – количество вымороженной воды (0,87) доли единицы

$$Q_2(\text{год}) = 500000 * 49,4 * 0,81 * 0,87 = 17406090 \text{ ккал/год}$$

1.5 Определение количества холода на понижение температуры винограда при одновременно происходящем льдообразовании и после его завершения, если оно завершилось при более высокой температуре, чем конечная температура $t_k = \text{минус } 18$

Тепло, которое нужно отвести от продукта для его домораживания от температуры t' , лежащей ниже криоскопической, до конечной температуры t_k определяется по формуле [26]:

$$Q_3 = G_{\text{год}} * C_m * (t' - t_k), \text{ ккал/год} \quad (1.5)$$

где C_m – усреднённая теплоёмкость, являющаяся функцией температуры, $\text{ккал/м}^2 * \text{час}^\circ\text{C}$

В качестве конечной температуры t_2 следует брать среднесобъёмную температуру продукта в конце замораживания.

Теплоёмкость C_m следует вычислять для средней температуры по формуле [26]:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{t_2}{t_1}}, ^\circ\text{C} \quad (1.6)$$

Когда надо определить теплоёмкость продукта при отрицательной температуре, то учитывают, что часть воды ω превратилась в лёд, теплоёмкость которого $C_{\text{л}}$, и тогда:

$$C_m = C_{\omega} * W * (1 - \omega) + C_{\text{л}} * W * \omega + C_{\text{с}} * (1 - W) \quad (1.7), [26]$$

Или $C_m = C_0 - (C_{\omega} - C_{\text{л}}) * W * \omega$

Приняв $C_{\omega} = 1 \text{ ккал/м}^2 * \text{ч}^\circ\text{C}$

$C_{\text{л}} = 0,5 \text{ ккал/м}^2 * \text{ч}^\circ\text{C}$

$$C_m = C_0 - 0,5 W * \omega \text{ ккал/м}^2 * \text{ч}^\circ\text{C}, [26]$$

$C_{\text{с}}$ – теплоёмкость сухих веществ, $\text{ккал/кг}^\circ\text{C}$

При замораживании пищевых продуктов тепло льдообразования принимают в технических расчётах равным 80 ккал/кг . Более точно принимать эту величину, учитывая уменьшение её при понижении температуры можно по формуле [28]

$$L=80+0.5t, \text{ ккал/кг} \quad (1.8), [26]$$

В нашем случае: $L=80+0.5t=80+0.5*(-18)=80+(-9)=71 \text{ ккал/кг}$

Теплоёмкость льда в действительности не является строго постоянной. Она убывает по мере понижения температуры наиболее значительно в интервале от 0 до минус 2°C , а затем медленнее, достигая при минус 200°C приблизительно $0.2 \text{ ккал/кг}^{\circ}\text{C}$. Теплоёмкость сухих веществ большинства растительных продуктов не превышает $0.215 \text{ ккал/кг}^{\circ}\text{C}$ [28].

Начальная теплоёмкость:

$$C_0=C_w*W+C_c(1-W)=1*0.78+0.215*0.22=0.78+0.037=0.817 \text{ ккал/кг}^{\circ}\text{C}$$

Теплоёмкость C_m :

$$C_m=0.817-0.5*0.78*0.85=0.817-0.33=0.487 \text{ ккал/кг}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_3=500000*0.487[(-2.7)-(-18)]=3725550 \text{ ккал/год}=3.72 \text{ Гкал/год}$$

Общая энергетическая оценка процесса замораживания винограда приведена в табл. 1.9.1 (стр.30).

1.6 Схема и ориентировочный график работы приёмно-отгрузочной базы длительного хранения столового винограда в замороженном виде. Единовременная вместимость базы – 500 т.

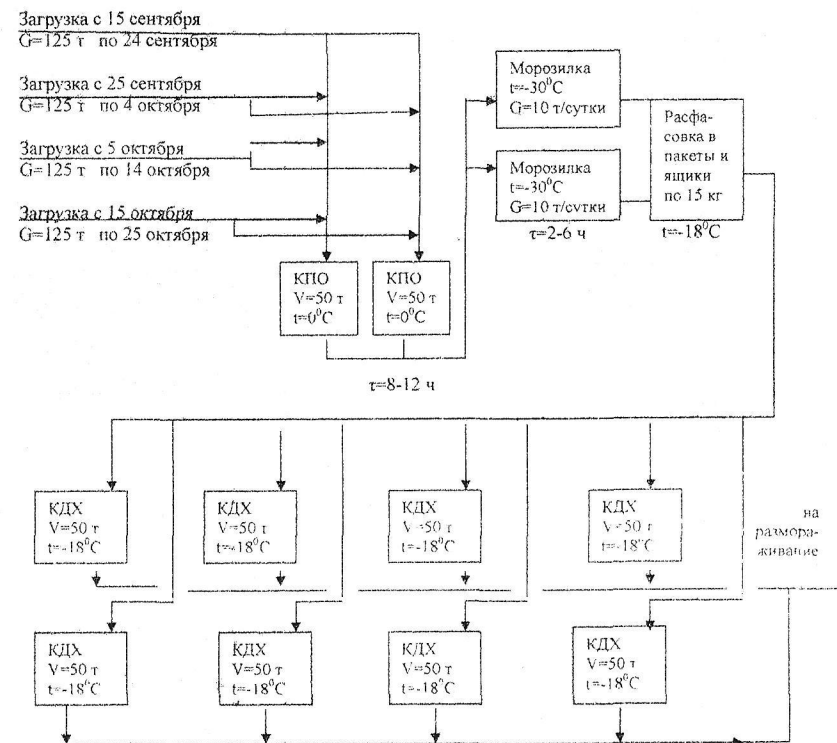


Рис. 1.1 Схема работы базы длительного хранения винограда в замороженном виде

1.7 Определение количества холода, необходимого для охлаждения тары и для поддержания температурного режима в камерах длительного хранения замороженного винограда

Таблица 1.7.1 Определение количества холода, необходимого для охлаждения тары

Охлаждение тары от 20°C до минус 18°C	$Q = G \cdot C \cdot (t_k - t_n)$ ккал/год $Q_1 = \frac{500000}{15} \cdot 2,5 \cdot 0,6 \cdot 38 = 1899999$ ккал/год	$Q_{\text{год(макс)}} = 1,899$ Гкал/год	$Q_{\text{год(макс)}} = 0,0038$ Гкал/т
Охлаждение тары от 17°C до минус 18°C	$Q = G \cdot C \cdot (t_k - t_n)$ ккал/год $Q_1 = \frac{500000}{15} \cdot 2,5 \cdot 0,6 \cdot 35 = 1749999$ ккал/год	$Q_{\text{год ср факт}} = 1,75$ Гкал/год	$Q_{\text{год ср факт}} = 0,0035$ Гкал/т

1.8 Определение количества холода, необходимого для обеспечения оптимального хранения замороженного винограда

Данный расчёт складывается из вычисления притоков тепла через ограждения $Q_{\text{кам}}$, с вентиляцией камер Q_v , а также от притока тепла, связанного с деятельностью людей (освещение, открытие дверей, выделение тепла людьми, находящимися в камере и т.п.), а также эксплуатационного теплопритока Q .

Для выполнения данного расчёта составляют задание, в котором указывают количество и время поступления продуктов на охлаждение и замораживание, а также температуру поступающих продуктов.

Определяют температуру и влажность наружного воздуха и температуру грунта.

Расчёт производят для наиболее тяжёлых условий работы холодильника (наивысшая наружная температура или максимальное поступление продуктов).

За расчётную летнюю температуру наружного воздуха принимают среднюю из четырёх наиболее тёплых пятидневок 25-летнего периода для данного географического пункта, а за расчётную относительную влажность наружного воздуха – среднемесячную самого жаркого месяца для данного населённого пункта в 13 ч. [22].

Исходя из величины поверхности охлаждающих батарей, в камерах производят расчёт холода по каждой камере отдельно. Выбирают также и

коэффициенты теплопередачи ограждений, исходя из толщины изоляционных слоёв и конструкций.

Для внутренних ограждений расчётные разности температур принимают в следующих процентах от расчётной разности температур для наружных стен: для стен и перегородок, отделяющих охлаждаемые помещения от неохлаждаемых (тамбуры, вестибюли), сообщающихся с наружным воздухом – 70%, а несообщающихся с наружным воздухом – 60%, для полов, расположенных над неохлаждаемыми подвалами, не имеющими окон – 50%, имеющими окна – 60%, для полов с шанцами или каналами – 80%, [23].

Определение притока тепла через ограждения камеры $Q_{\text{кам}}$ складывается из теплопередачи через наружные и внутренние стены, через пол и потолок и от солнечной радиации, т.е.

$$Q_{\text{кам}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (1.9), [22]$$

где Q_1 – суммарное количество тепла, поступающее в камеры через стены, перегородки, перекрытие, потолок и кровлю (верхний этаж).

Для каждого ограждения Q подсчитывают по формуле:

$$Q = F \cdot K \cdot (t_n - t_{\text{кам}}) \quad (1.10), [22]$$

где F – поверхность ограждения, м²

K – коэффициент теплопередачи через данное ограждение, ккал/м²·ч·град

t_n – наружная температура (более высокая), °C

$t_{\text{кам}}$ – температура камеры (более низкая), °C

Согласно рекомендации по проектированию холодильных установок расчётные температура и влажность воздуха помещений приняты:

- для камер замораживания (минус 30°C),
- для камер хранения замороженных продуктов (минус 18°C),
- для накопительных камер [0°C-(минус 18°C)] при влажности 90-95%.
- для сортировочных камер и экспедиций 0°C – (минус 12°C) при влажности 85-90%.

Расход холода через полы, лежащие на грунте подвальных камер, определяют по уравнению:

$$Q_2 = \frac{F \cdot t_g}{R_o} \quad (1.11), [22]$$

где F – площадь пола камеры, m^2

$t_в$ – температура воздуха камеры (с обратным знаком), $^{\circ}C$

R_0 – общее сопротивление теплопередачи от нулевой изотермы в грунте к воздуху камеры, $m^2 \cdot ч \cdot град / ккал$.

Величина R_0 включает значения термического сопротивления грунта, термического сопротивления конструкции пола и сопротивления от поверхности пола к воздуху камеры.

Сумма этих сопротивлений равна $0,5 m^2 \cdot ч \cdot град / ккал$.

Следовательно:

$$Q_2 = \frac{1}{0,5} F t_в = 2 F t_в, \text{ ккал/час} \quad (1.12), [22]$$

Температура воздуха подвальных камер, во избежание промерзания грунта, должна быть не ниже (минус $2^{\circ}C$), следовательно

$$Q = 4 F, \text{ ккал/ч}$$

Теплопритоки через заглубленные неизолированные стены подвальных камер рассчитываются по формуле:

$$Q = 0,5 \cdot F (t - t_в), \text{ ккал/ч} \quad (1.13), [23]$$

где F – площадь стены, m^2

t – температура грунта, $^{\circ}C$

$t_в$ – температура воздуха камеры, $^{\circ}C$.

Расход холода на $1 m^2$ пола 1 этажа, расположенного на грунте, при коэффициенте теплопередачи изоляционной конструкции пола $K=0,3 \text{ ккал/} m^2 \cdot ч \cdot град$ и для грунта $K=0,6 \text{ ккал/} m^2 \cdot ч \cdot град$ приведен в таблице 1.8.1.

Величину Q для определения холодопроизводительности компрессора берут только частично, т.к. холодильники максимально загружены не весь год, а только сезонно.

От Q камер с температурой (минус $18^{\circ}C$) для определения холодопроизводительности компрессора берут 80%, от Q камер с нулевой температурой – 60%, от Q камер с температурой $5^{\circ}C$ – 50%, а от Q камер с температурой $12^{\circ}C$ – 30%.

Таблица 1.8.1 Расход холода на $1 m^2$ пола первого этажа

Температура грунта, $^{\circ}C$	Расход холода ккал/ч при температуре камеры, $^{\circ}C$				
	Минус 30	Минус 25	Минус 15-20	Минус 10	Минус 5
1	2	3	4	5	6
Средняя расчётная температура слоя грунта с нагревательными каналами $3^{\circ}C$					
1,5 (северная полоса)	8,5	7,4	5,6	3,8	2,6
3,5 (средняя полоса)	7,3	6,2	4,2	2,7	1,6
8,5 (южная полоса)	4,7	3,5	1,7	0,1	--
Средняя расчётная температура слоя грунта с электронагревателями из стальных прутков $1^{\circ}C$					
1,5 (северная полоса)	9,0	7,5	5,3	3,0	1,5
3,5 (средняя полоса)	7,3	6,3	4,0	1,8	0,3
8,5 (южная полоса)	4,9	3,3	1,1	--	--

При отсутствии защитных устройств количество тепла, вносимое солнечной радиацией, для расчёта холодильного оборудования камеры определяют по формуле:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_c \quad (1.14), [22]$$

где K – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, $ккал/ m^2 \cdot ч \cdot град$,

F – поверхность ограждения, подвергающаяся облучению солнцем, m^2 ,

Δt_c – избыточная, сверх расчётной, разность температур, характеризующаяся в летнее время действием солнечной радиации, $^{\circ}C$.

Для стен и плоских кровель Δt_c вычисляют по формуле:

$$\Delta t_c = 0,75 \cdot J P / \alpha \quad (1.15), [23]$$

где 0,75 – коэффициент, учитывающий влияние тепловой энергии массивной ограждающей конструкции.

J – расчётное напряжение солнечной радиации для летнего периода.

ккал ($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$).

P — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью ограждения в зависимости от состояния её и материала облучаемой поверхности,

α — средний коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху:

25 ккал ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$) — в ветреную погоду;

15 ккал ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$) — при отсутствии ветра.

Расчётное напряжение солнечной радиации J для вертикальной поверхности приводится в табл. 1.8.2.

Таблица 1.8.2 Расчётное напряжение солнечной радиации

Ориентировка	Расчётное напряжение солнечной радиации, ккал/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$)
На юг	240-400
На запад	480
На восток	400
На юго-восток	360
На юго-запад	410
На северо-восток	210
На северо-запад	230

Для горизонтальной поверхности, расположенной в тех же географических широтах J принимают 550 ккал ($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$).

Коэффициент поглощения солнечной радиации P для асфальта — 0,89, бетона — 0,65, битума (гудрона) — 0,9, земляной насыпки на кровле — 0,8, кирпича красного (0,7-0,77), кирпича глазированного белого — 0,26, рубероида светлого — 0,72, рубероида тёмного — 0,86, толя — 0,91, штукатурки светлой — 0,4, штукатурки на тёмном песке — 0,57, известковой побелки — 0,4.

Для расчёта производительности компрессора по холоду количество тепла, вносимое солнечной радиацией, определяют суммируя количество тепла, проникающего через всю поверхность одной стены здания, имеющей наибольшую поверхность или наиболее невыгодно ориентированной относительно солнечного облучения, с количеством тепла, проникающего через поверхность кровли.

Расход холода на вентиляцию Q_v камер хранения охлаждённых продуктов определяют по формуле:

$$Q_v = \frac{V \cdot a}{24} \cdot p(i_{\text{нар}} - i_{\text{кам}}), \text{ ккал/ч} \quad (1.16), [22]$$

где V — объём камеры, м^3

a — смена воздуха в объёмах камеры за сутки (обычно $a=3$)

p — плотность воздуха при расчётной температуре и относительной влажности воздуха камеры, кг/м^3

$i_{\text{нар}}$ — теплосодержание наружного воздуха, ккал/кг;

$i_{\text{кам}}$ — теплосодержание воздуха камеры, ккал/кг.

Расход холода на вентиляцию камер хранения замороженных продуктов не учитывают.

Поступление тепла при вентиляции Q_v подсчитывают так же, как и при расчёте для определения холодильного оборудования камер.

Эксплуатационные теплопритоки $Q_{\text{жс}}$ складываются из тепла, выделяемого электролампами (q_1), людьми (q_2), электродвигателями (q_3), [22]:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ ккал/ч} \quad (1.17), [22]$$

где A — количество тепла, выделяемое освещением на 1 м^2 площади камеры, ккал/ч

F — площадь камеры, м^2 .

От эксплуатационного теплопритока, подсчитанного в расчёте для определения холодопроизводительности компрессоров берут величину в размере 50-75% в зависимости от размера и количества камер.

Для производственных камер норма освещения 7,5 Вт на 1 м^2 . При коэффициенте одновременности включения лампочек 0,6 количество выделяемого тепла

$$A = 7,5 \cdot 0,6 \cdot 0,86 = 3,9 \text{ ккал/ч} \cdot \text{м}^2$$

Для складских помещений норма освещения 3 Вт/м². При коэффициенте одновременности 0,35 количество выделяемого тепла:

$$A = 3 \cdot 0,35 \cdot 0,86 = 0,9 \text{ ккал/ч} \cdot \text{м}^2$$

Тепло, выделяемое людьми, находящимися в камере (q_2), [22]:

$$q_2 = 300 \cdot n, \text{ ккал/ч} \quad (1.18)$$

где 300 – тепло, выделяемое одним человеком, ккал/ч

n- число работающих в данном помещении.

Тепло, выделяемое работающими электродвигателями при расположении электродвигателей внутри охлаждаемого контура (q_3), [22]:

$$q_3 = 860 * N_{эл} * \sigma, \text{ ккал/ч} \quad (1.19)$$

где: $N_{эл}$ – мощность электродвигателей, кВт

σ - коэффициент рабочего времени (количество часов его работы в сутки, делённое на 24).

При расположении электродвигателей вне охлаждаемого помещения, в приводимых ими машин внутри его, с превращением всей полезной работы в тепло трения внутри охлаждаемого контура

$$q_3 = 860 * N_{эл} * \eta_{эл}, \text{ ккал/ч} \quad (1.20), [22]$$

где: $\eta_{эл}$ – КПД электродвигателей.

Тепло, поступающее в камеру при открывании дверей ориентировочно равно:

В камерах замораживания в помещениях вместимостью

до 50 м² – 16 ккал/ч,

до 150 м² – 8 ккал/ч,

свыше 150 м² – 6 ккал/ч.

В камерах хранения замороженных продуктов вместимостью

до 50 м² – 6 ккал/ч,

до 150 м² – 3 ккал/ч,

свыше 150 м² – 2 ккал/ч.

После окончания расчёта все величины, определённые по статьям $Q_{кам}$, $Q_{вент}$, $Q_{экс}$ заносят в таблицу, распределяя по температурам кипения холодильного агента. Сюда же добавляют расход холода ($Q_{техн}$) на технологические нужды: на охлаждение винограда, тары, на замораживание.

На основании полученных результатов подбирают по каталогам заводов холодильного машиностроения необходимые компрессоры, с учётом потерь в трубопроводах при системе непосредственного охлаждения – 10-12%. Если компрессоры существующие, то, сложив все нагрузки по холоду ($Q = Q_{кам} + Q_{вент} + Q_{экс} + Q_{техн}$) определить, достаточна ли мощность

установленных компрессоров по холодопроизводительности. В соответствии с данной методикой проведены расчёты.

Определение количества холода на поддержание температурного режима в камерах длительного хранения (КДХ) винограда приведено в табл. 1.8.3.

Таблица 1.8.3 Определение количества холода на поддержание температурного режима в камерах хранения КДХ

№ п/п	Наименование операции	Расчёт процесса охлаждения	Камеры КДХ, V=50 т, 10 шт	Необходимое количество холода
1	2	3	4	5
1	Отвод тепла, поступающего в камеры через наружные стены КДХ (3 шт) $t_{\text{max, в}} = 27^{\circ}\text{C}$ - сентябрь $t_{\text{факт. в. ср. сут.}} = 19,5^{\circ}\text{C}$	$Q_1 = F \cdot K(t_{\text{в}} - t_{\text{ком}}), \text{ ккал/ч}$ $Q_1^{\text{max}} = 205,6 \cdot 0,28 [27 - (-18)] = 2590 \text{ ккал/ч}$ $Q_1^{\text{max}} = \frac{2590 \cdot 3}{10} = 777 \text{ ккал/ч}$ (для 3-х камер) $Q_1^{\text{ср. факт}} = 205,6 \cdot 0,28 [19,5 - (-18)] = 2158 \text{ ккал/ч}$ $Q_1^{\text{ср. факт}} = \frac{2158 \cdot 3}{10} = 647 \text{ ккал/ч}$ (для 3-х камер)	$Q_1^{\text{max}} = 777 \cdot 90 \cdot 24 = 1678 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$ $Q_1^{\text{ср. факт}} = 647 \cdot 90 \cdot 24 = 1397 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$	$Q_{1\text{тод}}^{\text{max}} = 1,67 \text{ Гкал/год}$ $Q_{1\text{тод}}^{\text{ср. факт}} = 1,39 \text{ Гкал/год}$
1	Отвод тепла, поступающего в камеры через наружные стены (КДХ), (3 шт) $t_{\text{max. н. в.}} = 26^{\circ}\text{C}$ (сентябрь-октябрь) $t_{\text{факт. в. ср. сут.}} = 18^{\circ}\text{C}$	$Q_2 = F \cdot K(t_{\text{в}} - t_{\text{ком}}), \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{max}} = 205,6 \cdot 0,28 [26 - (-18)] = 2532 \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{max}} = \frac{2532 \cdot 3}{10} = 759 \text{ ккал/ч}$ (для 3-х камер) $Q_2^{\text{ср. факт}} = 205,6 \cdot 0,28 [18 - (-18)] = 2072 \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = \frac{2072 \cdot 3}{10} = 621 \text{ ккал/ч}$	$Q_2^{\text{max}} = 759 \cdot 24 \cdot 150 = 2732 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = 621 \cdot 24 \cdot 150 = 2235 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$	$Q_{2\text{тод}}^{\text{max}} = 2,73 \text{ Гкал/год}$ $Q_{2\text{тод}}^{\text{ср. факт}} = 2,23 \text{ Гкал/год}$

Продолжение таблицы 1.8.3

1	Отвод тепла, поступающего в камеры через наружные стены КДХ, (4 шт) $t_{\text{max}} = 24^{\circ}\text{C}$ октябрь $t_{\text{ср. факт}} = 15^{\circ}\text{C}$	$Q_3 = F \cdot K(t_{\text{в}} - t_{\text{ком}}), \text{ ккал/ч}$ $Q_3^{\text{max}} = 205,6 \cdot 0,28 [24 - (-18)] = 2417 \text{ ккал/ч}$ $Q_3^{\text{max}} = \frac{2417 \cdot 4}{10} = 967 \text{ ккал/ч}$ (для 4-х камер) $Q_3^{\text{ср. факт}} = 205,6 \cdot 0,28 [15 - (-18)] = 1899 \text{ ккал/ч}$ $Q_3^{\text{ср. факт}} = \frac{1899 \cdot 4}{10} = 759,0 \text{ ккал/ч}$	$Q_3^{\text{max}} = 967 \cdot 24 \cdot 210 = 4873 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$ $Q_3^{\text{ср. факт}} = 759 \cdot 24 \cdot 210 = 3825 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$	$Q_{\text{тод}}^{\text{max}} = 4,87 \text{ Гкал/год}$ $Q_{\text{тод}}^{\text{ср. факт}} = 3,82 \text{ Гкал/год}$	
Итого (отвод тепла через наружные стены):					
2	Отвод тепла, поступающего в камеры через перегородки (внутренние стены)	$Q_2 = F \cdot K(t_{\text{в}} - t_{\text{ком}}), \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{max}} = 207,7 \cdot 0,45 [10 - (-18)] = 1682 \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{max}} = \frac{1682 \cdot 3}{10} = 504,6 \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{max}} = \frac{1682 \cdot 3}{10} = 504,6 \text{ ккал/ч}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = \frac{1682 \cdot 4}{10} = 672 \text{ ккал/ч}$	$Q_2^{\text{max}} = 504,6 \cdot 24 \cdot 90 = 1089 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = 504,6 \cdot 24 \cdot 150 = 1816 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = 672 \cdot 24 \cdot 210 = 2543 \cdot 10^3 \text{ ккал/год}$	$Q_{\text{тод}}^{\text{max}} = 9,27 \text{ Гкал/год}$ $Q_{\text{тод}}^{\text{ср. факт}} = 7,44 \text{ Гкал/год}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = 1,09 \text{ Гкал/год}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = 1,81 \text{ Гкал/год}$ $Q_2^{\text{ср. факт}} = 2,54 \text{ Гкал/год}$	
Итого:					
					5,44 Гкал/год

Продолжение таблицы 1.8.3

1	2	3	4	5
3	Отвод тепла, поступающего в камеры через перегородки между отделениями камер	$Q_3 = F \cdot K(t_p - t_{\text{кал}}), \text{ ккал/ч}$ $Q_3 = 138,4 \cdot 0,5[0 - (-18)] = 1245 \text{ ккал/ч}$ $Q_3^1 = \frac{1245 \cdot 3}{10} = 373 \text{ ккал/ч}$ $Q_3^2 = \frac{1245 \cdot 3}{10} = 373 \text{ ккал/ч}$ $Q_3^3 = \frac{1245 \cdot 4}{10} = 498 \text{ ккал/ч}$	$Q_3^1 (3 \text{ кам}) = 373 \cdot 24 \cdot 90 = 805 \cdot 10^3$ $Q_3^2 (3 \text{ кам}) = 373 \cdot 24 \cdot 150 = 1342 \cdot 10^3$ $Q_3^3 (4 \text{ кам}) = 498 \cdot 24 \cdot 210 = 2509 \cdot 10^3$	$Q_3^1_{\text{год}} = 0,8 \text{ Гкал/год}$ $Q_3^2_{\text{год}} = 1,34 \text{ Гкал/год}$ $Q_3^3_{\text{год}} = 2,51 \text{ Гкал/год}$
Итого:				
4	Уход тепла через полы	$Q_4 = F \cdot q, \text{ ккал/ч}$ $Q_{4\text{общ}} = 737 \cdot 1,7 = 1253 \text{ ккал/ч}$ $Q_{4\text{(одна камера)}} = \frac{1253}{10} = 125,3 \text{ ккал/ч}$	$Q_4^1 = 125,3 \cdot 24 \cdot 90 \cdot 3 = 812 \cdot 10^3$ $Q_4^2 = 125,3 \cdot 24 \cdot 150 = 1353 \cdot 10^3$ $Q_4^3 = 125,3 \cdot 24 \cdot 210 \cdot 4 = 2526 \cdot 10^3$	$Q_{4\text{год}} = 4,02 \text{ Гкал/год}$ $Q_4^1 = -0,81$ $Q_4^2 = -1,35$ $Q_4^3 = -2,52$
Итого:				
5	Компенсация тепла, вносимого солнечной радиацией кровлю	$Q_5 = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{с}}, \text{ ккал/ч}$ $Q_5 = 0,24 \cdot 725,8 \cdot 8,64 = 1505 \text{ ккал/ч}$ $Q_5^1 = \frac{1505 \cdot 3}{10} = 451 \text{ ккал/ч}$ $Q_5^2 = \frac{1505 \cdot 3}{10} = 451 \text{ ккал/ч}$ $Q_5^3 = \frac{1505 \cdot 4}{10} = 602 \text{ ккал/ч}$	$Q_5^1 = 451 \cdot 24 \cdot 90 = 974 \cdot 10^3$ $Q_5^2 = 451 \cdot 24 \cdot 150 = 1623 \cdot 10^3$ $Q_5^3 = 602 \cdot 24 \cdot 210 = 3034 \cdot 10^3$	$Q_5^1_{\text{год}} = 0,97$ $Q_5^2_{\text{год}} = 1,62$ $Q_5^3_{\text{год}} = 3,03$
Итого:				5,62 Гкал/год

Продолжение таблицы 1.8.3

1	2	3	4	5
6	Компенсация тепла, вносимого солнечной радиацией стены	$Q_6 = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{с}}, \text{ ккал/ч}$ $Q_6 = 0,28 \cdot 69,2 \cdot 7,8 = 151,1$ $Q_6^1 = \frac{151,1 \cdot 3}{10} = 45,3$ $Q_6^2 = \frac{151,1 \cdot 3}{10} = 45,3$ $Q_6^3 = \frac{151,1 \cdot 4}{10} = 60,4$	$Q_6^1 = 45,3 \cdot 24 \cdot 90 = 97,8 \cdot 10^3$ $Q_6^2 = 45,3 \cdot 24 \cdot 150 = 163 \cdot 10^3$ $Q_6^3 = 60,4 \cdot 24 \cdot 210 = 304 \cdot 10^3$	$Q_6^1_{\text{год}} = 0,098$ $Q_6^2_{\text{год}} = 0,16$ $Q_6^3_{\text{год}} = 0,30$
Итого:				
7	Компенсация тепла при открывании дверей в камерах хранения мороженных продуктов до 50 м ² - 6 ккал/ч, до 150 м ² - 3 ккал/ч, свыше 150 м ² - 2 ккал/ч	$Q_7 = 3 \text{ ккал/ч} \cdot F_{\text{кам}}, \text{ ккал/ч}$ $Q_7 = 3 \cdot 457/6,2 = 221 \text{ ккал/ч}$ $Q_7^1 = 221 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 90 = 1432 \cdot 10^3$ $Q_7^2 = 221 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 150 = 2386 \cdot 10^3$ $Q_7^3 = 221 \cdot 4 \cdot 24 \cdot 210 = 4455 \cdot 10^3$	$Q_7^1 = 221 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 90 = 1432 \cdot 10^3$ $Q_7^2 = 221 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 150 = 2386 \cdot 10^3$ $Q_7^3 = 221 \cdot 4 \cdot 24 \cdot 210 = 4455 \cdot 10^3$	$Q_7^1_{\text{год}} = 1,43$ $Q_7^2_{\text{год}} = 2,38$ $Q_7^3_{\text{год}} = 4,45$
Итого:				8,26 Гкал/год

Продолжение таблицы 1.8.3

1	2	3	4	5
8	Компенсация тепла при работе электроподогревателей -холодильной камеры -холодильно-компрессорной станции, морозилки -вентиляции (холодильных камер) -вентиляции (холодильно-компрессорной станции)	$Q_8 = 860 N_{эл} \cdot \eta_{эл} \cdot \eta_{вс} \text{ ккал/ч}$ $Q_{8 \text{ общ}} = 860 \cdot 27 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 11145 \text{ ккал/ч}$ $Q_8^1 = 860 \cdot 70 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 28896 \text{ ккал/ч}$ $Q_8^2 = 860 \cdot 22 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 9081 \text{ ккал/ч}$ $Q_8^3 = 860 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1 = 215 \text{ ккал/ч}$ $Q_8^4 = 860 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1 = 344 \text{ ккал/ч}$	$Q_{8 \text{ год}} = 11145 \cdot 1980 = 22067100 \text{ ккал/год}$ $Q_8^1 \text{ год} = 28896 \cdot 2400 = 69350400 \text{ ккал/год}$ $Q_8^2 \text{ год} = 9081 \cdot 300 = 2724300 \text{ ккал/год}$ $Q_8^3 \text{ год} = 215 \cdot 1000 = 215000 \text{ ккал/год}$ $Q_8^4 \text{ год} = 344 \cdot 1920 = 660480 \text{ ккал/год}$	$Q_8^1 \text{ год} = 22,067$ $Q_8^2 \text{ год} = 69,35$ $Q_8^3 \text{ год} = 2,7$ $Q_8^4 \text{ год} = 0,875$
Итого:				
9	Компенсация тепла, выделяющегося при дыхании людей -в камерах -в холодильной компрессорной станции	$Q_9 = 175 \cdot n, \text{ ккал/ч}$ $Q_9 (\text{общ}) = 175 \cdot 4 = 700 \text{ ккал/ч}$ $Q_9 (\text{каам}) = 175 \cdot 2 = 350 \text{ ккал/ч}$ $Q_9 (\text{х.к.ст.}) = 175 \cdot 2 = 350 \text{ ккал/ч}$	$Q_9 \text{ год} (\text{каам}) = 350 \cdot 16 \cdot 80 = 448 \cdot 10^3$ $Q_9 \text{ год} (\text{х.к.ст.}) = 350 \cdot 24 \cdot 225 = 1890 \cdot 10^3$	$Q_9 \text{ год} (\text{каам}) = 0,45$ $Q_9 \text{ год} (\text{х.к.ст.}) = 1,89$
Итого:				10,6 Гкал/год

Окончание таблицы 1.8.3

1	2	3	4	5
10	Компенсация тепла, выделяющегося от электроламп. Освещённость камер хранения при лампах накаливания - 20 люкс, проездов - 30 люкс, зон погрузочно-разгрузочных работ - 50 люкс. Все конторские помещения освещаются люминесцентными лампами.	$Q_{10} = A \cdot F, \text{ ккал/ч (камеры)}$ $A = 7,5 \cdot 0,6 \cdot 0,86 = 3,9 \text{ ккал/ккал} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ $F - \text{площадь камер с включенным светом} - 80 \text{ м}^2$ $Q_{10} (\text{каам}) = 3,9 \cdot 80 = 312 \text{ ккал/ч}$ $Q_{10} (\text{х.к.ст.}) = 3,9 \cdot 510 = 1989 \text{ ккал/ч}$	$Q_{10} \text{ год} (\text{каам}) = 312 \cdot 16 \cdot 80 = 399 \cdot 10^3$ $Q_{10} \text{ год} (\text{х.к.ст.}) = 1989 \cdot 2400 = 4773 \cdot 10^3$	$Q_{10} \text{ год} (\text{каам}) = 0,39$ $Q_{10} \text{ год} (\text{х.к.ст.}) = 4,7$
Итого:				5,09 Гкал/год
Всего:				139,18 (год макс) Гкал/год

1.9 Определение общего расхода холода при замораживании и хранении винограда в замороженном виде (единовременная вместимость базы – 500 т)

Таблица 1.9.1 Расчёт расхода холода, Гкал/год

№ п/п	Статьи расхода	Фактический расход (при среднесуточной температуре воздуха)	Максимальный расход (при максимальной температуре воздуха)	Фактический расход холода		Максимальный расход холода	
		3	4	Тыс. ккал/т	Гкал/т	Тыс. ккал/т	Гкал/т
1	2						8
1	Охлаждение винограда в камерах предварительного охлаждения (КПО) до 0°C	(7,04+0,16)	(8,28+0,16)	14,4	0,014	16,88	0,016
	Итого:	7,2	8,44	14,40	0,014	16,88	0,016
2	Расход холода при замораживании винограда: -на охлаждение винограда от 0°C до криоскопической t _{кр} (минус 2,7°C); -на собственно замораживание (льдообразование); -на понижение температуры винограда при одновременно происхождении льдообразования и после завершения льдообразования, если оно завершилось при более высокой температуре, чем конечная температура t _к (минус 18°C)	1,13	1,13	2,27	0,002	2,27	0,002
		17,40	17,40	34,8	0,034	34,1	0,034
		3,72	3,72	7,45	0,007	7,45	0,007
	Итого:	22,25	22,25	44,5	0,044	44,5	0,044

Окончание таблицы 1.9.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Расход холода на охлаждение тары для расфасовки винограда	1,75	1,899	3,5	0,0035	3,78	0,038
	Итого:	1,75	1,899	3,5	0,0035	3,78	0,038
4	Поддержание температурного режима в камерах для длительного хранения (компенсация тепла, поступающего): -через наружные стены	7,44	9,27	14,9	0,015	18,54	0,018
	-через внутренние стены, перегородки	5,44	5,44	10,9	0,01	10,9	0,01
	-через перегородки (между отделениями камер)	4,02	4,02	8,04	0,008	8,04	0,008
	-через полы	- 4,68	- 4,68	- 9,36	- 0,009	- 9,36	- 0,009
	-солнечная радиация (через кровлю)	5,62	5,62	11,24	0,011	11,24	0,011
	-солнечная радиация (через стены)	0,57	0,57	1,14	0,001	1,14	0,001
	-при открывании дверей	8,26	8,26	16,52	0,16	16,52	0,16
	-при работе эл. двигателей						
	А) холодильные камеры	22,06	22,06	44,12	0,044	44,24	0,044
	Б) холодильно-компрессорная станция, морозилка	(69,35+2,7)	(69,35+2,7)	144,1	0,144	144,1	0,144
	-при вентиляции камер	0,21	0,21				
	-при вентиляции холодильно-компрессорной станции	0,66	0,66	33,12	0,033	33,12	0,033
	-при дыхании людей	10,6	10,6				
	-при освещении камер и холодильно-компрессорной станции	5,09	5,09				
	Итого:	137,34	139,18	275,7	0,275	279,4	0,279
	Всего (общий расход)	168,54	171,77	337,12	0,337	344,5	0,344

2. Методические подходы к оценке холодоснабжения предприятий

Холодоснабжение приёмно-отгрузочной базы длительного хранения столового винограда в замороженном виде может осуществляться от аммиачной холодильно-компрессорной станции.

Холодопроизводительность станции определена на основании технологических данных при двух режимах:

- 1) при температуре кипения аммиака $t_0 = \text{минус } 8^\circ\text{C}$ и температуре конденсации $t_k = 35^\circ\text{C}$.
- 2) при температуре кипения аммиака $t_0 = (\text{минус } 30^\circ\text{C})$ и температуре конденсации 30°C .

При этом учитывается расход холода на охлаждение винограда и тары, на замораживание винограда, на поддержание температурного режима в камерах длительного хранения замороженного винограда.

Холодопроизводительность станции определена на основании технологических данных (при $t_0 = \text{минус } 8^\circ\text{C}$ испарение NH_3 , $t_k = 35^\circ\text{C}$ конденсация NH_3) и (при $t_0 = \text{минус } 30^\circ\text{C}$ испарение NH_3 , $t_k = 35^\circ\text{C}$)

- расхода холода на охлаждение винограда и тары;
- расхода холода на замораживание винограда;
- расхода холода на охлаждение камер;
- графика работы базы.

2.1 Удельный расход электроэнергии на производство холода

Для расчёта выработанного холода и расхода электроэнергии на привод электродвигателя компрессора можно пользоваться соответствующими диаграммами и таблицами.

В соответствии с табл. 2.3 при температуре конденсации аммиака $t_k = 30^\circ\text{C}$ и температуре кипения аммиака $t_0 = \text{минус } 30^\circ\text{C}$ удельный расход электроэнергии на производство тыс. ккал холода составляет 0,472 кВт*ч.

Исходя из этого, далее приводятся расчётные расходы электроэнергии на производство холода, потребляемого при замораживании и хранении винограда в замороженном виде на базе хранения вместимостью 500 т.

Таблица 2.1.1 Расход электроэнергии на производство холода

№ п/п	Стадии расхода	Фактический расход (при среднесуточной температуре воздуха), тыс*кВт*ч/год	Максимальный расход (при максимальной температуре воздуха), тыс*кВт*ч/год	Фактический расход тыс.кВт*ч/ (при среднесуточной температуре воздуха)	Максимальный расход Эл.энергии тыс.кВт*ч/ тыс.т.год (при максимальной температуре воздуха)
1	2	3	4	5	6
1	Охлаждение винограда в камерах предварительного охлаждения КПО до 0°C	2,66	3,12	5,32	6,24
	Итого:	2,66	3,12	5,32	6,24
2	Замораживание винограда: -охлаждение от 0°C до $(\text{минус } 2,7^\circ\text{C})$ -собственно замораживание при $t = (-30^\circ\text{C})$	0,53	0,53	1,06	1,06
	-понижение температуры до $(\text{минус } 18^\circ\text{C})$	8,25	8,25	16,1	16,1
	Итого:	1,76	1,76	3,51	3,51
		10,54	10,54	20,67	20,67

Продолжение таблицы 2.1.1

1	2	3	4	5	6
3	Охлаждение тары для расфасовки винограда до (минус 18°C)	0,83	0,89	1,66	1,78
	Итого:	0,83	0,89	1,66	1,78
4	Поддержание температурного режима в камерах хранения:				
	-через наружные стены	2,75	3,43	5,5	6,85
	-через внутренние стены, перегородки	2,01	2,01	4,02	4,02
	-через перегородки (между отделениями камер)	1,49	1,49	2,98	2,98
	-через полы	-1,73	-1,73	-3,46	-3,46
	-солнечная радиация (через кровлю)	2,08	2,08	4,16	4,16
	-солнечная радиация (через стены)	0,21	0,21	0,42	0,42
	-при открывании дверей	3,05	3,05	6,1	6,1
	-при работе Эл/двигателей				
	А)холодильные камеры	8,16	8,16	16,32	16,32
	Б)холодильно-компрессорная станция и морозилка	26,65	26,65	53,31	53,31
	-при вентиляции камер	0,078	0,078	0,156	0,156

Окончание таблицы 2.1.1

1	2	3	4	5	6
	-при вентиляции холодильно-компрессорной станции	0,24	0,24	0,48	0,48
	-при дыхании людей	3,92	3,92	7,84	7,84
	-при освещении камер и холодильно-компрессорной станции	1,9	1,9	3,8	3,8
	Итого:	50,81	51,54	101,72	103,08
	Всего:	64,83	65,83	129,22	131,66

2.2 Расчёт выработки холода аммиачными компрессорами АУ-45

Холодильная установка служит для охлаждения помещений холодильников и др. объектов. Тепло охлаждаемых тел отводится в окружающую среду.

Холодильная машина забирает тепло от тела с низкой температурой и переводит его на более высокий температурный уровень. Понижение температуры охлаждаемой среды создаёт условия для попадания к ней тепла из окружающей среды. Для уменьшения попадания тепла стенки камер покрывают тепловой изоляцией. Вот почему холодильную установку называют тепловым насосом, в котором согласно второму закону термодинамики для перевода тепла с низшего на более высокий уровень требуется затрата энергии.

В большинстве холодильных машин для охлаждения используют теплоту испарения легкокипящих жидкостей. В качестве холодильных агентов применяют аммиак и фреоны.

Экономичность холодильной установки зависит от температурного режима. При понижении температуры кипения снижается холодопроизводительность установки, увеличивается расход электроэнергии. Следует избегать повышения давления конденсации.

При повышении температуры конденсации на 1°C расход электроэнергии увеличивается на 3-4%. Понижение температуры переохлаждения повышает холодопроизводительность установки примерно на 0,04% на каждый градус.

В табл. 2.2, 2.3 приведена характеристика холодильных компрессоров АУ-45, компрессорно-конденсаторных агрегатов АК-АУ-45/А-1. Дан удельный расход электроэнергии на производство тыс. ккал холода.

Таблица 2.2 Компрессорно-конденсаторные агрегаты аммиачные

Марка агрегата	Характеристика	Температура охлаждающей воды $t_{w1}, ^{\circ}\text{C}$	Удельный расход электроэнергии Нто, кВт*ч/тыс. ккал									
			Температура кипения $t_0, ^{\circ}\text{C}$									
			0	Минус 5	Минус 10	Минус 15	Минус 20	Минус 25	Минус 30			
1 АК-АУ 45/А-1	2 $Q_0 = 53000$ ккал/ч $n = 1440$ мин ⁻¹ $t_0 = 15^{\circ}\text{C}$ $t_{w1} = 22^{\circ}\text{C}$	3	4	5	6	7	8	9	10			
		22	0,243	0,286	0,337	0,4	0,475	0,555	0,600			
		28	0,297	0,354	0,418	0,489	0,593	0,686	0,753			

Таблица 2.3 - Компрессоры аммиачные одноступенчатые

Марка	Характеристика	Температура конденсации, °C	Температура переохлаждения, °C	Удельный расход электроэнергии Н _{тп} , кВт*ч/тыс. ккал									
				Температура кипения t ₀ , °C									
				5	0	Минус 5	Минус 10	Минус 15	Минус 20	Минус 25	Минус 30		
АУ-45	2 Q ₀ =53000 ккал/ч; n=1440 мин. t ₀ =15°C; t _{в1} =22°C	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
			20	0,227	0,262	--	--	--	--	--	--		
			25	0,235	0,266	--	--	--	--	--	--		
			30	0,24	0,272	--	--	--	--	--	--		
		40	35	0,245	0,277	--	--	--	--	--	--		
			40	0,249	0,283	--	--	--	--	--	--		
			20	0,18	0,200	0,933	0,264	0,327	0,387	0,423	0,454		
			25	0,183	0,205	0,347	0,269	0,334	0,395	0,431	0,463		
			30	0,187	0,209	0,242	0,279	0,343	0,403	0,44	0,472		
		35	20	0,204	0,266	0,265	0,309	0,363	0,423	--	--		
			25	0,208	0,271	0,271	0,315	0,365	0,431	--	--		
			30	0,212	0,277	0,276	0,322	0,373	0,44	--	--		
			35	0,216	0,282	0,281	0,328	0,38	0,449	--	--		

Кроме вышеприведенных методов расчёта удельного расхода электроэнергии на производство одной тыс.ккал холода по графикам и таблицам можно пользоваться аналитическим методом расчёта с использованием данных конкретного компрессора.

Ниже приводится методика определения удельного расхода электроэнергии на производство холода и расчёт на примере компрессора МКТ-280 при температурах кипения t₀= минус 15°C и t₀ = минус 5°C и температуре конденсации NH₃ (+35°C). Холодопроизводительность компрессора – 450 тыс.ккал/ч. Общий удельный расход электроэнергии Э_{хол}^{уд} в кВт*ч/тыс.ккал, необходимой для выработки холода, определяется по формуле [28]:

$$\mathcal{E}_{\text{хол}}^{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{компр}}^{\text{уд}} + \mathcal{E}_{\text{нас}}^{\text{уд}} + \mathcal{E}_{\text{вент}}^{\text{уд}} + \mathcal{E}_{\text{рас}}^{\text{уд}}, \text{ кВт*ч/тыс.ккал} \quad (2.1)$$

где Э_{компр}^{уд} – удельный расход электроэнергии на привод компрессора, кВт*ч/тыс.ккал;

Э_{нас}^{уд} – удельный расход электроэнергии на привод насосов охлаждения, кВт*ч/тыс.ккал;

Э_{вент}^{уд} – удельный расход электроэнергии на привод вентиляторов циркуляции и вентиляции воздуха в закрытых камерах холодильников, кВт*ч/тыс.ккал;

Э_{рас}^{уд} – удельный расход электроэнергии на привод рассольной системы и мешалок в испарителях, кВт*ч/тыс.ккал.

Определим составляющие (для МКТ-280) удельного расхода электроэнергии на работу холодильных компрессоров при системе t₀= -15°C.

Удельный расход электроэнергии на работу компрессора Н_{тп} кВт*ч/тыс.ккал определяем по формуле:

$$N_{\text{тп}} = \frac{H_{\text{м.о}}}{\eta_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad \text{кВт*ч/тыс.ккал} \quad (2.2)$$

где H_{м.о} – удельный расход электроэнергии на сжатие хладагента в компрессоре, определяется в зависимости от типа компрессора и режима его работы, кВт*ч/тыс.ккал;

η_э – КПД электродвигателя компрессора;

η_п – КПД передачи.

Удельный расход электроэнергии на привод компрессора Э_{компр}^{уд} в кВт*ч/тыс.ккал определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{компр}}^{\text{уд}} = \frac{10^3}{K_{\text{теор}} \cdot \eta_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{д}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал} \quad (2.3)$$

$$\mathcal{E}_{\text{компр}}^{\text{уд}} = \frac{10^3}{4274 \cdot 0.91 \cdot 0.92 \cdot 0.9 \cdot 0.875} = 0.37 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал}$$

Удельный расход электроэнергии на привод насосов охлаждения $\mathcal{E}_{\text{охл}}^{\text{уд}}$ в кВт·ч/тыс.ккал определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{охл}}^{\text{уд}} = \frac{(K_e + 860 \cdot \eta_{\text{м}}) \cdot H}{367 \cdot K_e \cdot \Delta t \eta_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{д}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал} \quad (2.4)$$

где $K_e = K_{\text{теор}} \cdot \eta_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{м}}$ — эффективная удельная холодопроизводительность аммиачного компрессора, ккал/кВт·ч.

$$\mathcal{E}_{\text{охл}}^{\text{уд}} = \frac{(3234 + 860 \cdot 0.87) \cdot 40}{367 \cdot 3234 \cdot 0.73 \cdot 0.92 \cdot 0.91} = 0.044 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал}$$

Удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_{\text{рас}}^{\text{уд}}$ в кВт·ч/тыс.ккал на привод рассольной системы

$$\mathcal{E}_{\text{рас}}^{\text{уд}} = \frac{0.0027H}{C(t_2 - t_1) \eta_{\text{с}} \eta_{\text{м}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал} \quad (2.5)$$

где: H — фактический напор насоса, м. в. ст.*

C — удельная теплоемкость рассола на ходе и выходе соответственно, ккал/кг·°С;

t_2 и t_1 — температура рассола на входе и выходе соответственно, °С;

$\eta_{\text{с}}$ — номинальный КПД насоса;

$\eta_{\text{м}}$ — номинальный КПД электродвигателя

$$\mathcal{E}_{\text{рас}}^{\text{уд}} = \frac{0.0027 \cdot 40}{0.69 \cdot 0.62 \cdot 4 \cdot 0.88 \cdot 0.87} = 84 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал}$$

* — метров водяного столба

Удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_{\text{вент}}^{\text{уд}}$ кВт·ч/тыс.ккал на привод вентиляторов циркуляции и вентиляции воздуха в камерах холодильника определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{вент}}^{\text{уд}} = \frac{1,2H}{367 \cdot q_{\text{хол}} \cdot \eta_{\text{вент}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{д}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал} \quad (2.6)$$

где: H — давление газа;

$\eta_{\text{вент}}$ — номинальное КПД вентилятора;

$\eta_{\text{п}}$ — КПД передачи между электродвигателем и вентилятором;

$q_{\text{хол}}$ — расход холода на охлаждение 1 м³ воздуха, ккал/ м³ (по нормативным данным).

Характеристика вентилятора приведена в табл. 2.4.

Таблица 2.4 Характеристика вентилятора

Наименование показателя	Условные обозначения	Ед. измерения	Величина
Расход холода на охлаждение и перемещение 1 м ³ воздуха	q	Ккал/ м ³	0.2
напор вентилятора	H	м.в.ст.	9.0
КПД вентилятора	$\eta_{\text{вент}}$	-	0.35

$$\mathcal{E} = \frac{1,2 \cdot 9}{367,2 \cdot 0,35 \cdot 0,99 \cdot 0,86} = 0.05 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал}$$

Общий удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_{\text{рас}}^{\text{уд}}$ кВт·ч/тыс.ккал с учетом потерь в цеховых сетях при работе одного компрессора при системе t_0 = минус 15 °С определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{хол}}^{\text{уд}} = 1.026 \cdot (0.370 + 0.044 + 0.084 + 0.05) = 0.562 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал}$$

Определим составляющие для компрессора на систему t_0 = минус 5 °С по формулам (2.3; 2.4):

$$1) \quad \mathcal{E}_{\text{компр}}^{\text{уд}} = \frac{10^3}{5968 \cdot 0.92 \cdot 0.92 \cdot 0.9 \cdot 0.875} = \frac{10^3}{3976} = 0.251 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. ккал}$$

$$2) \quad \varnothing_{\text{охл}} = \frac{(K_e + 860 \cdot \eta_n) \cdot H}{367 \cdot K_e \cdot M \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{д}}} = \frac{(4803 + 860 + 0,87) \cdot 30}{367 \cdot 4803 \cdot 5 \cdot 0,73 \cdot 0,92} = 0,03098 \text{ кВт.ч./тыс.ккал}$$

где $K_e = K_{\text{мотор}}$, η_n , $\eta_{\text{д}}$ - эффективная удельная холодопроизводительность аммиачного компрессора ккал/(Вт.ч).

$$K_e = 5968 \cdot 0,92 \cdot 0,875 - 4803$$

удельный расход электроэнергии при работе компрессоров на систему t_0 = минус 5 °С

$$\varnothing_{\text{хол}} = 1,026 \cdot (0,251 + 0,031 + 0,084 + 0,05) = 0,426 \text{ кВт.ч./тыс.ккал}$$

3. Анализ использования холода по приемно-отгрузочной базе длительного хранения замороженного винограда единовременной вместимостью 500 т.

С целью анализа использования холода и электроэнергии на базе хранения замороженного винограда нами рассчитаны удельные нормы расхода холода по отдельным технологическим операциям в соответствии с Методикой нормирования энергопотребления в виноградарстве, разработанной НИВиВ «Магарач» [21; 28].

В табл. 1.8 приведены статьи расхода холода: на охлаждение винограда в камерах предварительного охлаждения КПО до 0°С и охлаждение тары, что составляет около 5% от общего расхода холода, на замораживание винограда (охлаждение винограда от 0°С до криоскопической, собственно замораживание и понижение температуры до минус 18°С) -- 12% и на поддержание температурного режима в камерах длительного хранения винограда при минус 18°С -- около 83%.

Из приведенных данных табл. 1.9.1 видно, что самая большая доля тепловыделений приходится на работу электродвигателей в холодильных камерах и особенно в холодильно-компрессорной станции.

Так, например, если компрессоры работают при неполной загрузке хранилища хотя бы на 30%, то перерасход холода составит 0,078 Гкал на 1 т хранимого винограда. При этом перерасход электроэнергии на производство холода составит 28,8 кВт*ч на 1 т винограда. Поэтому большое значение имеет рациональное использование полезной вместимости хранилищ.

Во многих хозяйствах после реализации винограда камеры пустуют или используются как склады для материалов, не требующих охлаждения. Простой дорогостоящего оборудования и помещений -- недопустимая бесхозяйственность. Видимо, надо использовать освободившиеся помещения после реализации винограда для хранения других культур.

Всякое отклонение технологического режима от нормы и недостаточный контроль за качеством винограда, поступающего в хранилище, резко снижают экономическую эффективность хранения.

В холодильниках даже небольшое ухудшение качества винограда влечёт значительные потери.

Снижение температуры загружаемого винограда в количестве 50 т на 3°С позволит снизить нагрузку по холоду на 124 тыс. ккал.

Чем скорее происходит охлаждение винограда, тем меньше потери и больше срок хранения.

В технологической практике большое значение имеет организация и техника эффективной уборки урожая, транспортировка винограда и его немедленная загрузка в камеры предварительного охлаждения. Задержка переработки даже на несколько часов вызывает ухудшение качества, а также значительные потери массы продукта. Деформация и потери в результате неправильного обращения с ягодами чаще всего являются необратимыми.

Лучшими для хранения в замороженном виде в условиях АР Крым являются сорта винограда Асма чёрная, Мускат гамбургский, Молдова.

При замораживании и последующем хранении грозди винограда практически не теряют своей пищевой ценности.

3.1 Выбор рациональных условий замораживания

Рациональные условия замораживания -- это условия, которые обеспечивают высокое качество продукта при автоматизации производственного процесса, простоте, надёжности и максимальном экономическом эффекте его выполнения.

В современной технике для ускорения процесса при замораживании пищевых продуктов наиболее часто пользуются увеличением коэффициента теплоотдачи. Однако, эффективность этого приёма также ограничена. Увеличение коэффициента теплоотдачи достигается в морозильных устройствах разными способами.

Часто в воздушных морозильных камерах увеличивают скорость движения воздуха, однако, при этом коэффициент теплоотдачи возрастает нелинейно. Наиболее эффективно возрастание скорости движения воздуха до 4-5 м/с, дальнейшее её увеличение уже менее значительно влияет на коэффициент теплоотдачи [26].

Следует также учесть, что очень большой коэффициент теплоотдачи не способствует сокращению продолжительности замораживания. С другой стороны, возрастает мощность электродвигателей вентиляторов, которые нужны для достижения больших скоростей движения воздуха, и в морозильной камере должна осуществляться тепловая компенсация работы вентиляторов. Расчёты и испытания показывают, что в некоторых типах воздушных морозильных камер эта компенсация составляет до 40-50% общей их холодопроизводительности, поэтому нет причин считать удачными морозильные камеры, в которых воздух движется со скоростью 10 м/с и более [26].

Внедрение эффективных морозильных камер и автоматизированных холодильных установок с понижением температур в морозилках до минус 30°C и камерах хранения до минус 18±минус 23°C позволит сохранить качество винограда, уменьшить его усушку и, таким образом, сберечь продукт для потребителя.

Для упорядочения расхода холода на действующих базах по хранению замороженного винограда необходимо разработать научно-обоснованные нормы расхода холода и электроэнергии, вести учёт и контроль за оптимальным расходом холодоресурсов и электроэнергии. Для этого в первую очередь необходимо наладить учёт расходования энергоресурсов.

Последующим этапом работ на предприятии должна быть разработка рекомендаций и мероприятий по экономии холода и электроэнергии.

4. Рекомендации по совершенствованию работы холодильно-компрессорного цеха на базах хранения винограда

4.1 Усиление контроля температурного режима холодильных установок

Реальными резервами в экономии топливно-энергетических ресурсов является широкое внедрение средств и систем автоматизации контроля и управления холодильной установкой.

Для экономии расхода электроэнергии необходим прежде всего строгий учёт объёма производства холода и расхода электроэнергии.

Экономии электроэнергии можно добиться, главным образом, за счёт соблюдения оптимального температурного режима установки, который должен соответствовать заданному технологическому процессу производства.

Перерасход холода обычно обусловлен излишним потреблением его производственными цехами, нерациональной эксплуатацией холодильной установки.

Основной причиной, вызывающей перерасход электроэнергии, является излишнее понижение температуры кипения хладагента по сравнению с заданной, которое возникает в результате загрязнения и обмерзания теплопередающих поверхностей, недостаточной нагрузки компрессоров и недостатка хладагента.

Исследования показали, что при понижении температуры кипения хладагента на 1°C холодопроизводительность установки снижается на 4-5 %, а перерасход электроэнергии достигает 5% [22].

При понижении температуры кипения хладагента до 5°C холодопроизводительность установки сокращается на 20%, а перерасход электроэнергии возрастает на 25 %.

При повышении температуры конденсации хладагента на 1°C холодопроизводительность установки понижается на 3-4 %, или на 7500 ккал в час (для установки АУ-200), а перерасход электроэнергии увеличивается на 4%, или 3 кВт*ч.

При повышении температуры перегрева на 1°C на нагнетательной стороне компрессора холодопроизводительность установки понижается на 0,5°C.

Неудовлетворительное техническое состояние компрессоров и недоброкачественная смазка повышают расход электроэнергии на 10-15% [22]. В целях соблюдения оптимального температурного режима холодильных установок, широко используемых в технологических процессах виноделия, необходимо усиление контроля температурного режима и соответствие его заданным теплотехническим параметрам.

Экономия электроэнергии от осуществления контроля за температурным режимом холодильных установок во многом зависит от полной автоматизации их работ, что позволяет экономить до 20% электроэнергии.

4.2. Внедрение пассивирования рассола

Оборудование и теплообменная аппаратура холодильных установок в результате коррозии в относительно короткий срок приходит в негодность.

Коррозия металлических поверхностей, соприкасающихся с жидкими средствами, протекает как электротехнический процесс на анодных участках поверхности. И так как рассол представляет собой раствор с кислой средой, то ионы железа, соединяясь с ионами воды, в начальный период образуют на поверхности металла гидрат закиси железа.

Кроме того, растворы хлористого натрия и хлористого кальция, применяемые в холодильной установке, в качестве промежуточного холодоносителя также являются агрессивной средой, т.к. ионы хлора способны проникать сквозь металл. В результате металлические поверхности корродируют.

При коррозии металла уменьшается коэффициент теплопередачи, что приводит к перерасходу электроэнергии.

Для рассольных систем холодильных установок применяют анодные ингибиторы – хроматы калия ($K_2Cr_2O_4$) из расчёта 1,6-2 кг на $1m^3$ раствора хлористого кальция.

Можно использовать бихроматы калия ($K_2Cr_2O_7$), к которым добавляют 0,5-1 кг каустической соды. Применение хроматов в качестве ингибиторов снижает интенсивность коррозии углеродистых сталей примерно в 5 раз.

Ежемесячная контрольная проверка состояния рассола позволяет регулировать количество пассиватора в системе и поддерживать его в оптимальных пределах (концентрация водородных ионов pH должна быть не ниже 8,2-8,6).

Во время ремонта кожухотрубных испарителей и осмотра рассольных трубопроводов на ряде предприятий, где было проведено пассивирование рассола, установлено, что трубки испарителей не подвержены коррозии и не требуют механической чистки, что свидетельствует о снижении скорости коррозии.

Вследствие этого повысился коэффициент теплопередачи, что даёт экономию электроэнергии около 4-5% на каждые 1000 ккал выработанного холода.

4.3. Регулирование температуры в холодильной камере

В процессе автоматизации холодильной установки регулированию подвергаются следующие теплотехнические параметры: температура и влажность воздуха в холодильных камерах, холодопроизводительность компрессоров; температура рассола; заполнение испарителей холодильным агентом и давление конденсации.

Кроме того, применяемые средства автоматизации холодильной установки должны обеспечивать удаление смазочного масла из маслоотделителя в картер компрессора, иней – с охлаждающих батарей, воздуха – из емкостей, заполненных холодильным агентом.

На рис. 4.1 показано как производится регулирование температуры в холодильной камере при помощи реле температуры (РТ) и медленно открывающегося соленоидного вентиля (СВ).

Пределы регулирования температуры находятся в зависимости от вида хранящейся в камере продукции и обычно составляет от ± 1 до минус $18^\circ C$ и ниже. Если отклонение температуры превышает заданное значение, то реле РТ включает питание катушки вентили СВ. В результате этого открывается доступ рассолу в рассольную батарею. При снижении температуры по сравнению с заданной происходит обратное действие системы регулирования.

Более надёжное регулирование температуры в холодильной камере осуществляется с помощью статического регулятора температуры прямого действия.

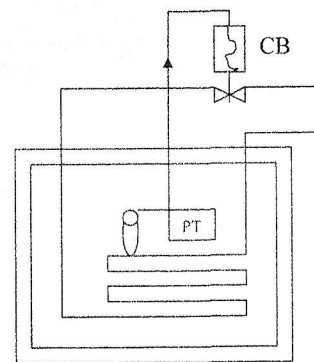


Рис. 4.1 Регулирование температуры в холодильной камере

4.3. Регулирование холодопроизводительности холодильных установок

Холодопроизводительность регулируется в целях экономии электрической энергии. С уменьшением тепловой нагрузки испарителей холодопроизводительность компрессоров уменьшается.

Регулирование холодопроизводительности осуществляется двумя способами: плавно; периодическим пуском и остановкой компрессоров.

Регулирование по первому способу осуществляется путём плавного изменения частоты вращения. Для этого используются автоматически регулируемые электроприводы, работающие асинхронно с муфтой скольжения. Однако перечисленные схемы плавного изменения производительности компрессоров сравнительно сложные. Поэтому та же самая задача иногда решается более простым путём, например, дросселированием всасываемого пара с помощью статического регулятора давления прямого действия.

Регулятор давления (РД) настраивается для поддержания определённого и постоянного давления паров аммиака в линии до соответствующего клапана. При уменьшении тепловой нагрузки испарителей давление на мембрану регулятора уменьшается и он плавно восстанавливает давление в линии близко к заданному значению уменьшением степени открытия клапана, вследствие этого холодопроизводительность компрессора тоже плавно уменьшается.

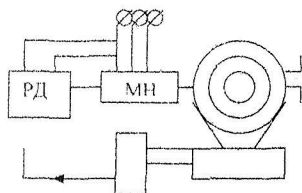


Рис. 4.2 Регулирование холодопроизводительности

В результате регулирования производительности холодильных установок устраняются непроизводительные расходы энергетических ресурсов.

4.5 Регулирование давления конденсации в конденсаторе

В целях уменьшения потребления электрической энергии компрессорами, а также уменьшения расхода охлаждающей воды необходимо регулировать давление конденсации в конденсаторе.

Заданное давление конденсации паров аммиака поддерживается при помощи статического мембранного регулятора (Р) давления прямого действия. Когда давление конденсации отклоняется от заданного, усилие, развиваемое мембраной (М) регулятора, соответственно изменяет открытие клапана (К) на впуск охлаждающей воды в конденсатор. Благодаря этому, регулируемый параметр восстанавливается в заданные пределы, и нагрузка на компрессор (противодавление) тоже стабилизируется (рис. 4.3):

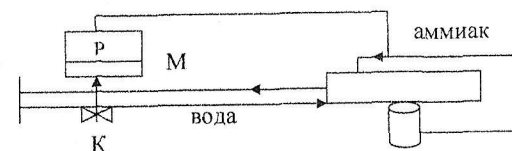


Рис. 4.3 Регулирование давления конденсации в конденсаторе

4.6 Удаление инея с поверхности холодильных батарей

Иней с поверхности холодильных батарей удаляют для увеличения коэффициента теплопередачи. При диапазоне регулирования температуры холодильной установки от $+1$ до минус 18°C иней обычно удаляют без применения дополнительных устройств автоматики, в диапазоне температур от 0 до 1°C успевает растаять. При диапазоне регулирования температуры холодильной установки ниже нуля широко применяется наружный обогрев испарителей с использованием электрических проволочных нагревателей. Командный электропневматический прибор (КЭП) периодически отключает сеть питания компрессоров, вентилятора и включает нагреватели.

4.7 Внедрение системы автоматического управления с разделным контролем обеих ступеней холодильной установки

Следует отметить, что при современном уровне автоматизации холодильных установок существует много разных варианты схем

автоматического регулирования теплотехнических параметров, которые приводят к экономии энергетических ресурсов.

Для рациональной эксплуатации холодильно-компрессорной установки в холодное время года с целью экономии электроэнергии на винодельческих предприятиях предлагается внедрить систему автоматического управления с разделным контролем обеих ступеней холодильной установки по следующим параметрам: давление и температура на линии нагнетания, контроль наличия смазки, контроль воды на охлаждение компрессоров, давление и температура на линии всасывания.

Контроль этих параметров осуществляется с помощью приборов автоматики, смонтированных на обеих ступенях установки. Для удобства обслуживания и ремонта установлены местные пульта управления.

При нарушении одного из контролируемых параметров установка автоматически отключается и даёт звуковой сигнал.

Опыт эксплуатации установки на отдельных предприятиях показал, что в холодное время года можно использовать компрессорную установку частично, не снижая необходимых параметров в камере.

Таким образом, при строительстве новых и реконструкции старых хранилищ винограда необходимо применять прогрессивные и экономичные решения, делающие работу хранилищ эффективной.

Технологические схемы и оборудование должны соответствовать передовым направлениям науки и техники и обеспечивать получение продукции высокого качества.

Охлаждение транспортных коридоров и экспедиции во время загрузки винограда в рефрижераторные вагоны сохраняет качество продукции.

Установка ворот с механическим приводом в холодильных камерах позволяет вести автоматизированный контроль за заполнением и освобождением камер.

Для экономии холода в коридорах должны быть воздушные завесы от проникновения тёплого воздуха.

Для создания в камерах необходимой температуры необходимо применять прогрессивное холодильное оборудование и предусматривать автоматическую оттайку воздухоохладителей.

Необходимо предусмотреть эффективный контроль, автоматическое регулирование процессов хранения винограда в камерах и в производстве холода.

Приёмно-отгрузочная база длительного хранения винограда не должна иметь вредных по составу сточных вод, сбрасываемых в канализацию, и вредных выбросов в атмосферу.

Таким образом, необходимо: внедрять на предприятии научно-технические достижения, направленные на повышение эффективности использования холода, создание хладоэкономичных технологических процессов и максимальную утилизацию вторичных энергоресурсов; установить контроль за соблюдением норм расхода холода, а также необходимую периодичность пересмотра действующих норм на единицу выпускаемой продукции, требование периодического пересмотра норм вызвано тем, что, с одной стороны, на базе постоянно должен вестись процесс совершенствования технологии, модернизации оборудования, автоматизации производственных процессов, а с другой стороны, в связи с актуальностью проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов необходимо постоянно изыскивать возможности снижения расхода энергетических ресурсов при хранении винограда.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований по хранению винограда в замороженном виде впервые разработан новый методологический подход к научно обоснованной регламентации технологического холодопотребления в условиях дефицита энергоресурсов.

В данной работе отражены основные этапы методики нормирования расхода холода и электроэнергии на 1 тыс. т при хранении замороженного винограда, разработанной институтом «Магарач».

На основе предложенных методологических подходов разработаны удельные расходы холода и электроэнергии на хранение 1 тыс. т винограда в замороженном виде.

Разработанную базу данных энергоёмкостей по хранению замороженного винограда рекомендуется использовать для энергетической оценки существующих и вновь разрабатываемых технологий (или отдельных операций) по хранению винограда с точки зрения наибольшего энергосбережения, а также для контроля за рациональным потреблением энергоресурсов.

Дан анализ использования холода и электроэнергии по приёмно-отгрузочной базе длительного хранения замороженного винограда единовременной вместимостью 500 тонн и предложены мероприятия и рекомендации по улучшению работы базы хранения и сокращению расходов энергоресурсов.

Реализация задач по энергосбережению возможна за счёт:

- создания энергосберегающих технологий производства;
- модернизации существующего и создания нового энергосберегающего оборудования;

- внедрения научно обоснованных нормативов по хранению винограда.

Развитие и совершенствование процессов и технических средств холодильной технологии не могут быть реализованы без результатов дальнейших исследований о свойствах винограда, о влиянии на него внешних воздействий и о возможных методах создания максимально благоприятных условий, способствующих сохранению питательной ценности винограда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алямовский И.Г. зависимость интенсивности дыхания и тепловыделение плодов и овощей от температуры// Холодильная техника.- №6.-1967.-С.41-42.
2. Герасимов М.А. Технология вина.-М.: Пищевая промышленность, 1964.-64 с.
3. Джениев С.Ю. Длительное хранение винограда.-Симферополь: Крым, -1966.-99 с.
4. Джениев С.Ю. Рекомендации по длительному хранению столового винограда.-М.: Колос, 1970.-16 с.
5. Джениев С.Ю. Хранение столового винограда в хозяйствах.-М.: Колос, 1978.-128 с.
6. Джениев С.Ю., Рыбинцев В.А., Грибанов В.В., Чепурко В.В., Антипов В.П. Методические рекомендации по разработке моделей хозяйств, специализирующихся на производстве столового винограда.-Ялта: ВНИИВиПП «Магарач», 1989.-51 с
7. Джениев С.Ю., Иванченко В.И., Турбин В.А. Рекомендации по хранению столового винограда в совхозах и колхозах.-Ялта: ВНИИВиПП «Магарач», -1984.-22 с.
8. Джениев С.Ю., Курцман Е., Беренштейн И. Хранение и транспортировка плодов и винограда.-Симферополь: Таврия, 1973.-96 с.
9. Джениев С.Ю., Иванченко В.И., Рыбинцев В.А., Модонкаева А.Э. Технология длительного хранения столового винограда.-Ялта: ВНИИВиПП «Магарач», 1986.-34 с.
10. Джениев С.Ю., Иванченко В.И., Модонкаева А.Э. Технология длительного хранения винограда с применением искусственного охлаждения, регулируемой газовой среды и низкотемпературного замораживания.-Ялта: ВНИИВиПП «Магарач», 1988.-41 с.
11. Джениев С.Ю. Рекомендации по хранению столового винограда в совхозах и колхозах.-Ялта: ВНИИВиПП «Магарач», 1984.-22 с.
12. Матчина И.Г., Бузни А.Н. Экономика виноделия.-Симферополь: Таврида, 2003.-256 с.
13. Джениев С.Ю. Транспортирование столового винограда.-Симферополь: Крым, 1969.-46 с.
14. Жадан В.З., Дидык Н. Как снизить потери продуктов при хранении.-М.: Техника АПК, 1994.-с.9-10.

15. Жалан В.З. Теоретические основы кондиционирования воздуха при хранении сочного растительного сырья.-М.: Пищевая промышленность, 1972.-154 с.

16. Жалан В.З. Влияние теплопритоков на усушку пищевых продуктов при холодильном хранении// Холодильная техника.-№2.-1975.-С.40-45.

17. Инструкция по нормированию расхода электрической энергии на производство холода. МПП СССР. Харьковский проектно-конструкторский и технологический институт пищевой промышленности.-Харьков, 1981.

18. Иванченко В.И., Канцасва У.И., Рутковская И.Л. Дыхательный газообмен в ягодах винограда при длительном хранении// Магарац. Виноградарство и виноделие.-№1.-1994.-С.69-72.

19. Игнатюк М.С., Передерий В.П. Рекомендации по оптимизации теплотехнических схем с целью экономии топливно-энергетических ресурсов в винодельческой отрасли.-Ялта: ВНИИВиПП «Магарац»-1983, 108 с.

20. Краткая химическая энциклопедия.-М.: Советская энциклопедия, т.1, 1961.

21. Разработать рекомендации по снижению затрат энергии (холода, тепла, электроэнергии) при производстве, хранении и переработке винограда. Отчёт.-Ялта: НИВиВ «Магарац», 2005.-220 с.

22. Покровский Н.К. Холодильные машины и установки.-М.: Пищевая промышленность, 1969.-324 с.

23. Комаров Н.С. Справочник для холодильщика.-М.: Госиздат,- 1960.-620 с.

24. Субботин В.А., Тюрин С.Т., Валушко Г.Г. Физико-химические показатели вина и виноматериалов.-М.: Пищевая промышленность, 1972.-161 с.

25. Фурса Д.И., Корсакова С.П., Амирджанов А.Г., Фурса В.П. Радиационный и гидротермический режим Южного берега Крыма по данным агрометеостанции «Никитский сад» за 1930-2004 гг и его учёт в практике виноградарства., Ялта.- НИВиВ «Магарац», 2006.-54 с.

26. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1979.-272 с.

27. Холодильная техника (Энциклопедический справочник), т.2.-М.: Госгоргиздат, 1961.-575 с.

28. Иванченко В.И., Модонкаева А.Э., Антипов В.П., Передерий В.П. Энергопотребление при хранении винограда/ Ялта, НИВиВ «Магарац»,- 2006.-67 с

Енергопостачання при заморожуванні
винограду та його зберіганні

(російською мовою)

Науково-технічне видання

Відповідальний за випуск Клепайло Г.І.

Підписано до друку «___»_____.2007 р. Формат 84х108^{1/32}
Умовн.-друк. арк. 3. Наклад 100 прим.

Національний інститут винограду і вина «Магарац»
Кірова, 31, Ялта, 98600
Друкарня НІВіВ «Магарац»