

Нет автора

Журнал Холодильная техника 1958 года №6

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Н57

Н57 **Нет автора**
Журнал Холодильная техника 1958 года №6 / Нет автора – М.: Книга по Требованию, 2021. – 79 с.

ISBN 978-5-458-64568-3

ISBN 978-5-458-64568-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

для равномерного оседания снеговой шубы на оребренных трубах. Это позволяет удалять снеговую шубу с батареей только один раз после 5—7-дневной непрерывной работы аппарата.

Три вентилятора реверсивного действия смонтированы в верхней части аппарата и снабжены выносными электродвигателями мощностью по 2,8 квт. С целью улучшения аэродинамических показателей к кожухам вентиляторов присоединены цилиндрические каналы диаметром

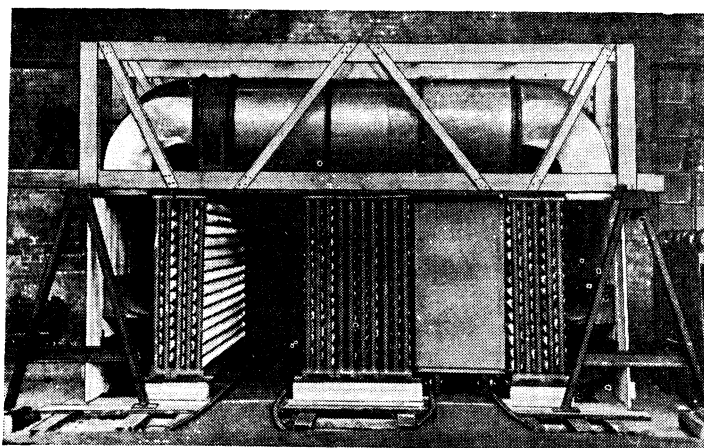


Рис. 2. Скороморозильный аппарат СА-1 в процессе монтажа на рыбокомбинате в г. Пярну.

800 мм, равным диаметру колеса вентилятора. Количество воздуха, подаваемого каждым вентилятором, составляет $10000 \text{ м}^3/\text{час}$.

На рис. 2 показан скороморозильный аппарат СА-1 в процессе монтажа на рыбокомбинате в г. Пярну.

Для равномерного замораживания пищевых продуктов большое значение имеет одинаковая скорость воздуха по всему сечению туннелей. Это обеспечивается устройством по одной направляющей воздуха вдоль внешних батарей на высоте пятого ряда труб снизу и наличием боковых батарей у туннелей.

Средняя скорость воздуха в живом сечении (заполненном тележками с продуктами) составляет 4—4,5 м/сек.

Равномерность замораживания продуктов на верхней, средней и нижней полках тележек видна на рис. 3.

Скороморозильный аппарат производительностью 10 т в сутки имеет два туннеля, в которых размещается по три тележки.

Размеры тележки — $1070 \times 780 \times 1645 \text{ мм}$. Тележка разделена на две части, в каждой из них устанавливается по 13 противней ($750 \times 480 \times 60 \text{ мм}$).

Единовременная емкость каждой тележки при загрузке противней мелкой рыбой, предназначенной для замораживания в блоках, составляет 400 кг, а частиковой рыбой толщиной 60—70 мм — 275 кг.

Туннели с обоих концов снабжены дверьми прислонного типа. Тележки загружаются в аппарат с одной стороны, а выгружаются с другой.

Загрузка туннелей тележками и их выгрузка осуществляются поочередно через равные промежутки времени.

Применение стандартных деталей и узлов заводского изготовления обеспечивает градацию аппаратов в широком диапазоне производительности (см. таблицу).

Скороморозильные аппараты указанной конструкции благодаря своей универсальности получили широкое распространение прежде всего в рыбной промышленности и частично — в мясной, птицеперерабатывающей и консервной промышленности. За истекшие 3—4 года вступило в эксплуатацию и успешно работает свыше 250 таких аппаратов с общей суточной производительностью более 2500 т.

Ниже приведена продолжительность замораживания пищевых продуктов от $7 \div 10$ до -18°

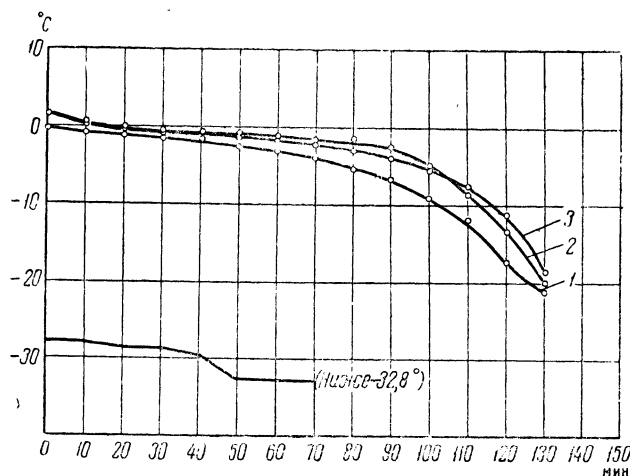


Рис. 3. График зависимости продолжительности замораживания рыбы в блоках на тележке № 1 от температуры:
1 — средняя полка; 2 — верхняя полка; 3 — нижняя полка.

Скороморо- зильный аппарат	Прод. води- тельность, т/сутки	Толщина про- дукта, мм	Единоремен- ная загрузка про- дуктом, кг	Количество тележек в ап- парате	Количество противней размером 700 X 480 X 60 мм	Поверхность охлаждающих батарей, м ²	Количество электропита- тельных центри- яторов	Общая мош- ность элект- родвигате- лей, кВт	Потребная мощность при —20°, кВт	Габаритные размеры аппарата, м			Общий вес металличес- ких частей, кг
										длина	шири- на	высо- та	
СА-3													
СА-4	3,3	50—70	560	2	52	190	1	2,8	1,6	4,71	1,52	3,0	2500
СА-1	6,6	50—70	1120	4	104	380	2	5,6	3,2	4,71	2,04	3,0	4500
СА-5	10	50—70	1680	6	156	644	3	8,4	4,8	4,71	3,77	3,0	6120
СА-2	13,3	50—70	2240	8	208	811	4	11,2	6,4	4,71	4,90	3,0	8120
	20	50—70	2800	12	312	1242	6	16,8	9,6	4,71	7,15	3,0	11980

в скороморозильных аппаратах с интенсивным поперечно-точным движением воздуха (системы ВНИХИ) при его температуре $-30 \div -32^\circ$.

Продукты

Продолжи-
тельность
заморажи-
вания
в часах

Рыба толщиной 60—70 мм (в раскладку)	2,5
Рыба в блоках толщиной 60—65 мм . .	4,0
Куры непотрошенные	4,0
Гуси непотрошенные	4,5
Утки потрошенные	2,5
Субпродукты в блоках толщиной 150 мм .	7—8
Салака в блоках толщиной 60 мм . . .	4,0

Оттаивание снеговой шубы производится аммиачными парами, отбираемыми после маслоотделителя (перед конденсатором) при одновременном удалении жидкого аммиака из аппарата в дренажный ресивер. По опытным данным, продолжительность оттаивания снеговой шубы с оребренных батарей не превышает 30—40 минут при температуре паров аммиака не ниже 20° .

Отличительной особенностью данной конструкции скороморозильного аппарата является: сравнительно малый подогрев воздуха (в пределах $1,5-2^\circ$) благодаря ступенчатому охлаждению его;

равномерное движение воздуха по всему сечению туннелей, создающее наиболее благоприятные условия для равномерного замораживания продуктов и уменьшения усушки;

малое сопротивление движению воздуха, позволяющее до минимума снизить расход электроэнергии;

внутренняя самоциркуляция жидкого аммиака в батареях, обеспечивающая эффективное использование всей их охлаждающей поверхности.

В получивших наибольшее распространение (особенно в рыбной промышленности) скороморозильных аппаратах тележного типа не механизированы такие операции, как укладка продуктов на противни, установка их на полки те-

лежек и снятие с полок, загрузка тележек в аппарат и выгрузка из него. Вследствие этого обслуживание их является трудоемким.

Кроме того, аппараты тележного типа имеют еще ряд существенных недостатков:

цикличность действия, приводящая к значительной неравномерности тепловой нагрузки аппарата и холодильной машины в момент загрузки и выгрузки тележек с продуктами;

необходимость в дополнительных площадях для загрузки тележек противнями и их разгрузки.

На основании опыта эксплуатации скороморозильных аппаратов тележного типа с учетом достоинств отдельных элементов (конструкции охлаждающих приборов, системы воздухо-распределения при поперечно-точном движении воздуха), а также недостатков (отсутствие механизации загрузки и выгрузки тележек) во ВНИХИ разработан конвейерный скороморозильный агрегат (рис. 4) с интенсивным поперечно-точным движением воздуха как в пучке оребренных труб воздухоохладителя, так и в грузовом пространстве.

Производительность агрегата 50 т рыбы в сутки, габаритные размеры $13,0 \times 6,0 \times 3,0$ м.

Скороморозильный аппарат включает два цепных конвейера с горизонтальными ветвями, несущими шарнирно связанные с ними блок-формы, размеры которых ($875 \times 485 \times 60$ мм) обеспечивают получение блоков весом по 18 кг каждый.

Блок-формы загружаются рыбой при помощи транспортера-питателя. Разгрузка их и глазировка блоков двойным погружением в воду полностью механизированы. Скорость движения воздуха между продуктами составляет 7 м/сек.

Морозилку обслуживают двое рабочих: один загружает блок-формы рыбой, а другой упаковывает глазированные блоки в ящики. Цикл работы морозилки — один блок за 30 секунд.

Используя принцип работы конвейерной механизированной морозилки стационарного типа, ВНИХИ разработал аппарат судового типа с

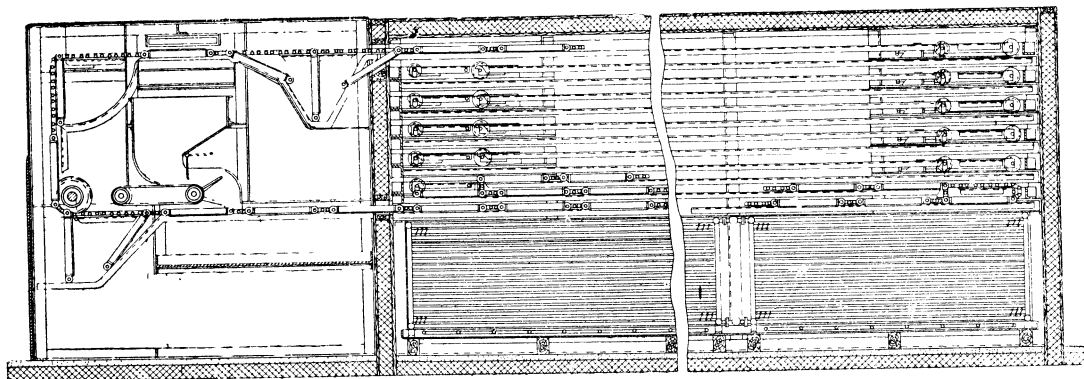


Рис. 4. Конвейерный скороморозильный аппарат с интенсивным поперечно-точным движением воздуха.

суточной производительностью 25 т замороженной рыбы в блоках.

Ограниченные размеры судна (по ширине) исключают возможность использования поперечно-точного движения воздуха в грузовом пространстве и обуславливают необходимость в движении воздуха вдоль туннеля.

С целью создания полностью механизированных скороморозильных аппаратов во ВНИИХИ в 1956 г. была разработана конструкция гравитационного конвейерного скороморозильного аппарата для замораживания пищевых продуктов (рис. 5).

Производительность аппарата при толщине рыбы 50—70 мм составляет 12 т в сутки, удельная производительность—850 кг/м² занимаемой площади. Габаритные размеры 6,0×2,1×2,9 м.

Конструкция охлаждающих батарей в этом аппарате аналогична прежним конструкциям аппаратов тележечного типа.

Общая поверхность охлаждения оребренных батарей 690 м². Оребрение труб выполнено с шагом 30, 20, 14 и 10 мм. Батареи с наименьшим шагом оребрения установлены в средней части, так как на них оседает меньше влаги.

Вентилятор реверсивного действия 7, производительностью 22000 м³/час, обеспечивает скорость движения воздуха в живом сечении грузового пространства 6 м/сек. В установке предусмотрен электродвигатель 8 мощностью 7 квт.

Гравитационный конвейерный скороморозильный аппарат ГКА-1 (ВНИИХИ) представляет собой тупиковую камеру I, снабженную с одной стороны загрузочно-разгрузочным устройством,

а с другой—вентилятором для циркуляции воздуха. Горизонтальной перегородкой 2 камера разделена на две части. В нижней части установлены охлаждающие батареи 3, а в верхней находится грузовой отсек с направляющими полками 4, по которым перемещаются каретки 5, груженные противнями с продуктом. Каретки перемещаются в грузовом отсеке при помощи толкающего механизма 6. В одном направлении они движутся по нечетным полкам, а в другом — по четным. При этом крайние каретки плавно опускаются на нижерасположенные полки, что достигается соответствующим смещением нечетных и четных полок (с учетом ширины кареток).

Таким образом, загружаемые на верхнюю (первую) полку каретки с противнями проходят весь грузовой отсек зигзагообразно — по нечетным полкам влево, а по четным вправо, последовательно перемещаясь вниз с одной полки на другую.

Конвейерный механизм аппарата, перемеща-

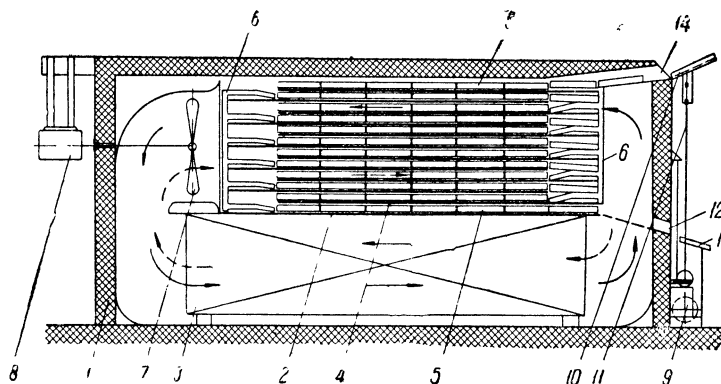


Рис. 5. Гравитационный скороморозильный аппарат ГКА-1.

ющий каретки по полкам, снабжен вариатором и коробкой скоростей 9, с помощью которых точно регулируется продолжительность пребывания продукта в аппарате — от 34 до 400 минут, в зависимости от времени цикла его замораживания.

В аппарате находится 80 кареток с противнями, заполненными продуктом. Следовательно, при продолжительности замораживания продукта 34 минуты каретки загружаются в аппарат и выгружаются из него через каждые $(34:80) 60 = 25,5$ секунды, а при продолжительности 400 минут — через каждые 5 минут.

Загрузка продуктов в аппарат и выгрузка из него производятся с одной торцевой стороны с помощью непрерывно движущегося вверх и вниз стола 10. При движении стола вниз по винтам 11 передний край его платформы открывает поворотную заслонку нижнего окна 12 аппарата, при этом каретка с замороженным продуктом попадает на опускающийся стол и вместе с ним движется вниз. При дальнейшем опускании стола противни с продуктом задерживаются на наклонной неподвижной площадке 13, с которой они соскальзывают на ленту выносного транспортера или разгрузочное устройство, а стол с оставшейся на нем пустой кареткой продолжает двигаться вниз.

В крайнем нижнем положении автоматически изменяется направление движения стола, и он начинает подниматься.

При подходе стола к загрузочной площадке работница сдвигает противни со свежим продуктом в находящуюся на столе пустую каретку. Приближаясь к верхней части аппарата, стол открывает поворотную заслонку верхнего загрузочного окна 14 и подает каретку с продуктом на первую (верхнюю) полку аппарата. Каретка перемещается по всем полкам аппарата и выходит из него (с последней нижней полки) на опускающийся вниз стол.

Опытный образец аппарата изготовлен заводом «Прогресс» в 1957 г., а в текущем году был смонтирован на Крымском консервном комбинате.

На рис. 6 показан аппарат в процессе монтажа. С мая 1958 г. аппарат находится в эксплуатации. В нем замораживался зеленый горошек в парафинированных картонных коробках с целлофановой обкладкой внутри и оберткой снаружи. Продолжительность замораживания горошка в такой упаковке от 18 до -18° составляет около 6 часов. Производительность аппарата 5,5—6 т горошка в сутки.

Аппарат обслуживает одна работница. Она сдвигает на загрузочный стол противни с коробками, укладывает коробки с замороженным горошком в гофрированные контейнеры и заклеивает их.

Рассматриваемая конструкция скороморозильного аппарата относится к типу аппаратов с продольным движением воздуха в грузовом пространстве.

К существенным недостаткам таких аппаратов относятся:

значительный подогрев воздуха, в пределах $6-7^{\circ}$ и более (в зависимости от длины туннеля);

неравномерное замораживание продуктов вследствие различной скорости воздуха не только по длине туннеля, но и по его высоте.

Эти недостатки в данной конструкции аппарата полностью устранены благодаря непрерывному перемещению кареток с противнями с места на место как по горизонтали, так и по вертикали всего грузового пространства аппарата.

Применение гравитаци-

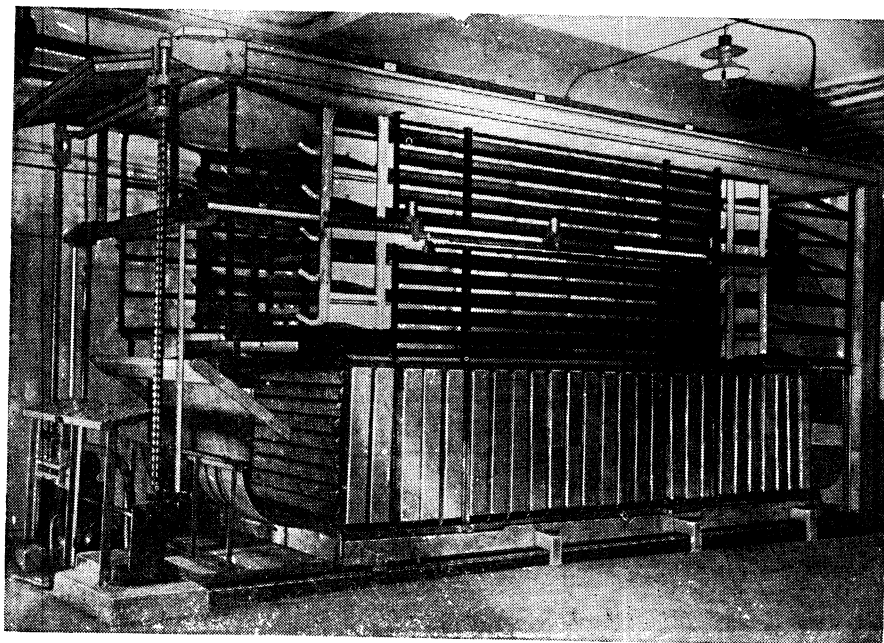


Рис 6 Гравитационный скороморозильный аппарат ГКА-1 в процессе монтажа на Крымском консервном комбинате.

онного способа перемещения противней с продуктами при принятой схеме конвейера обеспечивает максимальное использование грузового пространства (длина которого не больше 3 м). При этом уменьшается подогрев воздуха, не превышающий 2—3°.

Экспериментальная проверка показала, что замораживание продуктов в данном аппарате происходит равномерно во всех каретках и по всей ширине каждой каретки.

Проведенными на Крымском консервном комбинате испытаниями аппарата в эксплуатационных условиях установлена безотказная работа всех механизмов движения, ритмично выполняющих процессы загрузки, перемещения кареток сверху вниз и выгрузки замороженного продукта из аппарата.

К преимуществам конвейерных аппаратов перед скороморозильными аппаратами тележечного типа относятся:

- механизация и автоматизация работы;
- небольшая занимаемая площадь при наилучшем использовании высоты помещения;
- возможность замораживания различных про-

дуктов при непрерывной работе конвейерного механизма аппарата;

равномерная тепловая нагрузка холодильной машины;

простота и надежность устройства конвейера.

Указанные преимущества предопределяют целесообразность широкого применения таких аппаратов для замораживания различных пищевых продуктов в упаковке, в раскладку на противнях и россыпью.

Отсутствие специализированного завода по производству скороморозильных аппаратов значительно тормозит внедрение быстрого способа замораживания, обеспечивающего выпуск при минимальных потерях высококачественной продукции, выдерживающей длительные сроки хранения.

Потребность в скороморозильных аппаратах для различных отраслей промышленности очень велика, поэтому их производство должно быть как можно скорее организовано на одном из машиностроительных заводов с последующей его специализацией в этой области.

MORE ATTENTION TO THE QUICK FREEZING OF FOODS.

SH. KOBULASHVILI, M. ROMANOV, A. ROTENBERG, A. KHACHATUROV.

Summary

The problem of eliminating seasonal fluctuations in the production of food products may be solved best of all through extensive employment of quick freezing. Quick freezing in the USSR has become widespread in the last 5 years in the fisheries industry; in the meat and canning trades it is less widely used.

The rapid spread of quick freezing requires the production of large numbers of completely automatic units for this purpose. In the paper a description is given of the truck and of the belt quick freezers of the VNIKHI type. In recent years VNIKHI has designed a series of five truck type quick freezers of from 3.3 to 20 tons daily capacity. At present over 250 such units are in operation with an over all capacity of 2500 tons per day.

A drawback in the truck models is the absence of mechanization in the loading and unloading operations. This has led to the designing at VNIKHI of the following mechanized quick freezers of the conveyor type:

1. An apparatus for the quick freezing of fish in block-moulds with a daily capacity of 50 tons. The over-all dimensions are 13×6×3m.

2. A marine unit for quick freezing of fish in blocks, with a daily capacity of 25 tons.

3. A gravity conveyor quick freezer with a daily capacity of 12 tons of fish. The over-all dimensions of this machine are 6×2.1×2.9 m. An experimental model has been installed at the Krymskaya Canning Combine in 1958 for freezing peas. The daily capacity of this apparatus for freezing green peas in paraffined packages amounted to 5.5—6 tons. It is operated by one worker.

Owing to the urgent need of mechanized quick freezers their production should be organized at a specialized machine building plant.

Эта страница оригинала содержит
исключительно социалистическую
пропаганду, которая на сегодняшний
день не представляет никакой
научно-практической ценности

Эта страница оригинала содержит
исключительно социалистическую
пропаганду, которая на сегодняшний
день не представляет никакой
научно-практической ценности

Оптимальный режим работы конденсаторов холодильных установок

Канд. техн. наук. В. ЖАДАН — Одесский технологический институт пищевой и холодильной промышленности

Проектирование холодильных установок связано с выбором экономически целесообразного (оптимального) температурного режима работы конденсаторов, а именно: температуры конденсации, перепада температур между холодильным агентом и водой, подогрева воды в конденсаторах. Правильный выбор этих величин предопределяет экономически обоснованный расчет необходимой поверхности теплообмена и расхода охлаждающей воды.

Оптимальным можно считать режим, позволяющий до минимума снизить эксплуатационные расходы.

Условимся все переменные статьи расходов, зависящие от температурного режима работы конденсатора, выражать в рублях и относить к одному часу.

Стоимость воды

$$R_1 = \frac{Q_K S_w}{1000(t_{w_2} - t_{w_1})},$$

где: Q_K — тепловая нагрузка конденсатора, *ккал/час*;

S_w — стоимость 1 m^3 воды, руб.;

t_{w_1} — температура воды, поступающей в конденсатор, °C;

t_{w_2} — температура воды, уходящей из конденсатора, °C;

Амортизационные отчисления на конденсаторы

$$R_2 = \frac{Q_K S_K}{k(t_{w_2} - t_{w_1})\tau_K} \ln \frac{t_K - t_{w_1}}{t_K - t_{w_2}},$$

где: S_K — средняя стоимость 1 m^2 поверхности теплообмена конденсатора, руб.;

k — коэффициент теплопередачи конденсатора, *ккал/м²час град*;

τ_K — срок амортизации конденсатора, час;

t_K — температура конденсации, °C.

Расход энергии (в *квт-ч* на 1000 *ккал* холода) средними и крупными аммиачными компрессорами типа ВП и УП можно определить по выведенному нами [1] приближенному уравнению

$$N_{ys} = \frac{t_K - 1,1t_0}{157 - 0,5t_K + 1,5t_0},$$

где t_0 — температура испарения, °C.

Это уравнение хорошо согласуется с соответствующими данными, приведенными в литературе [2].

Расход энергии (в *квт-ч* на 1000 *ккал* холода) компрессорами типа ГД достаточно точно выражается уравнением

$$N_{y2} = \frac{t_K - 1,1t_0}{159 - 0,7t_K + 1,7t_0}.$$

Учитывая возможность работы одной конденсационной установки с компрессорами разных типов, а также принимая во внимание приближенность конечной расчетной формулы, рекомендуем для расчета формулу

$$N_y = \frac{t_K - 1,1t_0}{158 - 0,6t_K + 1,6t_0}.$$

Стоимость электроэнергии

$$R_3 = \frac{Q_0(t_K - 1,1t_0) S_э}{1000(158 - 0,6t_K + 1,6t_0)},$$

где: Q_0 — холодопроизводительность холодильной установки, рабочие *ккал/час*;

$S_э$ — стоимость 1 *квт-ч* электроэнергии, руб.

Сумма переменных статей эксплуатационных расходов

$$R = R_1 + R_2 + R_3,$$

или в развернутом виде

$$R = \frac{Q_K S_w}{1000(t_{w_2} - t_{w_1})} + \frac{Q_K S_K}{k(t_{w_2} - t_{w_1})\tau_K} \cdot \ln \frac{t_K - t_{w_1}}{t_K - t_{w_2}} + \frac{Q_0(t_K - 1,1t_0) S_э}{1000(158 - 0,6t_K + 1,6t_0)}.$$

Переменными величинами, выбор которых необходимо обосновать, являются конечная температура воды t_{w_2} и температура конденсации t_K .

Для определения t_{w_2} и t_K необходимо найти частные производные $\frac{\partial R}{\partial t_{w_2}}$ и $\frac{\partial R}{\partial t_K}$, приравнять их нулю и решить полученную систему уравнений

$$\frac{\partial R}{\partial t_{w_2}} = - \frac{Q_K S_w}{1000(t_{w_2} - t_{w_1})^2} - \frac{Q_K S_K}{k\tau_K(t_{w_2} - t_{w_1})^2} \cdot \ln \frac{t_K - t_{w_1}}{t_K - t_{w_2}} + \frac{Q_K S_K}{k\tau_K(t_{w_2} - t_{w_1})(t_K - t_{w_2})} = 0.$$

После несложных преобразований, в процессе которых надо прибавить и вычесть величину $\frac{t_k}{t_k - t_{w_2}}$, получим

$$\frac{t_k - t_{w_1}}{t_k - t_{w_2}} + \ln(t_k - t_{w_2}) = \frac{S_w k \tau_k}{1000 S_k} + \ln(t_k - t_{w_1}) + 1.$$

Величиной $\ln(t_k - t_{w_2})$, как очень малой, можно пренебречь, тогда

$$\frac{t_k - t_{w_1}}{t_k - t_{w_2}} = \frac{S_w k \tau_k}{1000 S_k} + \ln(t_k - t_{w_1}) + 1. \quad (1)$$

Решим уравнение (1) относительно t_{w_2}

$$t_{w_2} = \frac{\left[\frac{S_w k \tau_k}{1000 S_k} + 2,3 \lg(t_k - t_{w_1}) \right] t_k + t_{w_1}}{\frac{S_w k \tau_k}{1000 S_k} + 2,3 \lg(t_k - t_{w_1}) + 1}. \quad (2)$$

В уравнении (2) неизвестны две величины t_{w_2} и t_k , поэтому необходимо решить второе уравнение. Его можно получить, приравняв нулю вторую частную производную $\frac{\partial Q_k}{\partial t_k}$.

При этом тепловую нагрузку конденсатора Q_k следует выразить через холодопроизводительность Q_0 и температуру испарения.

Нами выведено [1] следующее приближенное уравнение для аммиачных компрессорных машин

$$Q_k = \frac{(160 + t_0)}{161 - 0,6 t_k + 1,7 t_0} \text{ ккал/час.}$$

Знаменатель без большой погрешности можно считать постоянной величиной. Как показывает анализ, даже при изменении t_k на 5° , Q_k изменяется всего на 3%. Максимальная ошибка в конечном расчетном уравнении, связанная с указанным допущением, будет приблизительно такой же.

$$\frac{\partial R}{\partial t_k} = - \frac{(160 + t_0) Q_0 S_k}{(161 - 0,6 t_k + 1,7 t_0) k \tau_k (t_k - t_{w_1}) (t_k - t_{w_2})} + \frac{Q_0 S_w}{1000 (158 - 0,6 t_k + 1,6 t_0)} = 0.$$

После некоторых преобразований и упрощений

$$k \tau_k S_w (t_k - t_{w_1}) (t_k - t_{w_2}) = 1000 S_k (160 + t_0). \quad (3)$$

В результате совместного решения уравнений (1) и (3) получим следующую расчетную формулу для определения оптимальной температуры конденсации:

$$t_k = t_{w_1} + \sqrt{\frac{160 + t_0}{S_w} \left\{ S_w + \frac{1000 S_k}{k \tau_k} [1 + 2,3 \lg(t_k - t_{w_1})] \right\}}. \quad (4)$$

Уравнение (4) решают методом последовательных приближений. При $\frac{S_w}{S_k} > 1,5$ оно может быть представлено в более простом виде

$$t_k = t_{w_1} + \sqrt{(164 + t_0) \frac{S_w}{S_k}}. \quad (5)$$

Уравнения (2) и (5) позволяют определить при проектировании оптимальные условия эксплуатации конденсаторов холодильной установки. Расчет проводят в следующем порядке.

По уравнению (5) или (4) вычисляют оптимальную температуру конденсации t_k , ориентируясь на преобладающее значение t_{w_1} в период пиковой нагрузки установки. Подставляя t_k в уравнение (2), находят оптимальное значение конечной температуры воды t_{w_2} . Далее можно определить экономически целесообразный перепад температур в конденсаторах

$$\Delta t_k = \frac{t_{w_2} - t_{w_1}}{2,3 \lg \frac{t_k - t_{w_1}}{t_k - t_{w_2}}}.$$

Зная Δt_k , вычисляют потребную поверхность теплообмена конденсаторов

$$F = \frac{Q_k}{k \Delta t_k} \text{ м}^2.$$

Оптимальный подогрев воды в конденсаторах

$$\Delta t_w = t_{w_2} - t_{w_1}.$$

Экономически обоснованный расход охлаждающей воды

$$W = \frac{Q_k}{\Delta t_w 1030} \text{ м}^3/\text{час.}$$

Ниже приведены примерные расчеты по полученным формулам.

1. Компрессор ЗАГ холодопроизводительностью $Q_0 = 600000 \text{ ккал/час}$ работает при

температуре испарения $t'_0 = -15^\circ$; агрегат АДС-150 холодопроизводительностью $Q''_0 = 150000 \text{ ккал/час}$ — при температуре испарения $t''_0 = -30^\circ$. Конденсатор кожухотрубный горизонтальный марки 150 КТГ. Коэффициент теплопередачи конденсатора $k = 700 \text{ ккал/м}^2 \text{ час град}$. Температура воды, поступающей в конденсатор, $t_{w_1} = 18^\circ$. Расчетная (средневзвешенная) температура испарения $t_0 = -18^\circ$.

Стоимость 1 м^2 поверхности теплообмена конденсатора с учетом расходов на монтажные работы $S_k = 130 \text{ руб.}$ [3]. Срок службы конденсатора 10 лет при среднем числе часов работы в год 5000.

Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии $0,2 \text{ руб.}$. Стоимость воды, перекачиваемой из близрасположенного естественного водоема, $S_w = 0,1 \text{ руб. за } 1 \text{ м}^3$.

В результате расчета установлен следующий оптимальный режим работы конденсатора: температура конденсации $t_k = 26,9^\circ$, температура воды на выходе из конденсатора $t_{w_2} = 26,6^\circ$, подогрев воды в конденсаторе $\Delta t_w = 8,6^\circ$, расход воды $W = 108 \text{ м}^3/\text{час}$, перепад температур в конденсаторе $\Delta t_k = 2,5^\circ$, поверхность теплообмена конденсаторов $F = 530 \text{ м}^2$.

2. Стоимость 1 м^3 воды $S_w = 0,35 \text{ руб.}$. Остальные условия те же, что и в предыдущем расчете.

В результате расчета получены: температура конденсации $t_k = 34,1^\circ$; подогрев воды в конденсаторах $\Delta t_w = 14,9^\circ$; перепад температур в конденсаторах $\Delta t_k = 3,6^\circ$.

Если бы рассматриваемая холодильная установка работала при подогреве воды в конденсаторах $\Delta t_w = 4^\circ$ и перепаде температур $\Delta t_k = 5^\circ$ (условия, близкие к обычным), то убыток по сравнению с работой при оптимальном режиме (см. пример 1) составил бы около 50000 руб. в год.

Изложенная методика расчета конденсационной установки относится к случаю, когда не

предусмотрено испарительного охлаждения циркуляционной воды и конденсаторы работают на свежей проточной воде (при наличии, например, речной или морской воды).

В малых холодильных установках часто используют проточную водопроводную воду. Как показывает расчет, оптимальная температура конденсации при работе на проточной воде иногда оказывается высокой ($35-37^\circ$), поэтому выбор ее не может основываться только на технико-экономическом расчете (следует также учитывать условия безопасной нормальной работы).

При испарительном охлаждении воды устанавливается равновесная температура конденсации в зависимости от климатических условий и характеристики водоохладителя, что усложняет расчет. Вопрос этот заслуживает специального рассмотрения.

Выводы

1. Разработана методика выбора оптимального режима работы проточных конденсаторов холодильных установок, которая может быть использована проектными организациями и инженерами-эксплуатационниками.

2. Примерные расчеты показывают, что при использовании свежей проточной воды ее нужно подогревать до более высокой температуры, а перепад температур в конденсаторах снижать по сравнению со значениями, обычно принимаемыми при проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Жадан. Действительный холодильный коэффициент аммиачных компрессорных холодильных машин. Сборник трудов Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности, том VIII, вып. 2, 1958.
2. Н. Комаров. Холод. Пищепромиздат, 1953.
3. Министерство машиностроения и приборостроения СССР. Прейскурант оптовых цен 14-02. Холодильное и компрессорное оборудование. Машгиз. 1955.

OPTIMUM OPERATING CONDITIONS FOR REFRIGERATING PLANT CONDENSERS

V. ZHADAN, *Cand. Techn. Sci.*

Summary

A method is proposed for the approximate calculation of the cooling water consumption in circulating condensers of large refrigerating machines. In the calculation account has been made of the depreciation of the condenser and of the cost of the water, empirical equations being used for the relationship between the refrigerating capacity per unit power consumption of the motor and the condensation and boiling temperatures. An example has been given of the calculation showing the feasibility of considerably augmenting the now accepted temperature rise of the condenser water.