

УДК 641.528

## **Влияние теплообмена на выбор толщины теплоизоляции холодильных ларей.**

*Канд. техн. наук Цуранов О.А., канд. техн. наук Крысин А.Г. jol9912@yandex.ru  
Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет.*

*д-р техн. наук Вороненко Б.А. voronenkoboris@yandex.ru  
Университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий  
921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*В работе установлена связь между толщиной теплоизоляции ларя с испарителем и конденсатором на его внутренней и внешней поверхностях с условиями теплообмена по обе стороны стенки.*

*Ключевые слова:* морозильный ларь, теплоизоляция, теплообмен.

---

## **Influence of heat exchange on thickness choice thermal insulations of refrigerating chests.**

*Tsuranov O. A. Krysin A.G. jol9912@yandex.ru  
St. Petersburg state trade and economic university.*

*Voronenko B. A. voronenkoboris@yandex.ru  
St. Petersburg national research university information technologies,  
mechanics and optics.  
Institute of cold and biotechnologies.*

*In work connection between thickness of thermal insulation of a chest is established with the evaporator and the condenser on its internal and external surfaces with heat exchange conditions on both sides of a wall.*

*Keywords:* freezing chest, thermal insulation, heat exchange.

---

При значительном многообразии торгового холодильного оборудования и технических решений его исполнения имеется оборудование, например, холодильные лари, в которых теплоотвод от конденсатора холодильной машины отличается от большинства типов торгового холодильного оборудования.

Техническое воплощение идеи одновременного размещения в теплоизоляции ларей конденсатора и испарителя в виде сэндвич - панели находит практическое применение. Толщину теплоизоляции для большинства ларей принимают равной 0.06...0.08 м. Выбор толщины изоляции опирается большей частью на практический опыт эксплуатации торгового холодильного оборудования подобного типа.

В технической литературе нет четкого указания на методику расчета толщины изоляции подобных конструкций, что ограничивает возможность использования широкого ассортимента теплоизоляционного материала.

Чаще всего для оценки толщины теплоизоляции прибегают к математическому моделированию нестационарных температурных полей [1, 2].

Наиболее простой путь решения задачи состоит в оценке тепловой нагрузки на испа-

ритель при стационарных условиях теплообмена. В настоящей работе, в силу его относительной простоты, выбран именно этот путь.

Своеобразие технического решения теплоотвода от конденсатора холодильной машины и восприятие тепла охлаждаемого объема испарителем состоит в том, что испаритель, в котором кипит жидкий хладагент, прилегает к внутренней стенке корпуса, а конденсатор, где происходит конденсация горячих паров хладагента, - к наружной.

Управление компрессором холодильной машины производится с помощью термостата, включающего или выключающего компрессор при достижении установленных значений температуры внутри охлаждаемого объема.

Отмеченная конструктивная особенность ларей предполагает необходимость оценки связи толщины теплоизоляции с параметрами воздуха внутри и вне охлаждаемого объема. При этом площадь поверхности конденсатора должна быть увязана с площадью поверхности испарителя и холодопроизводительностью холодильной машины.

Площадь поверхности конденсатора холодильной машины ларя определяется холодопроизводительностью холодильной машины. Она может быть установлена на основе стандартного теплового расчета, учитывающего основные параметры работы холодильной машины. К ним обычно относят технологически заданную температуру воздуха в охлаждаемом объеме и холодопроизводительность холодильной машины при определенной температуре воздуха, омывающей внешнюю поверхность ларя.

### ***Цель исследования.***

Целью настоящей работы является установление взаимосвязи между параметрами работы холодильной машины, - ее холодопроизводительностью, температурами кипения и конденсации, площадями поверхности испарителя и конденсатора и параметрами внешней среды, омывающей прилавок, и воздухом внутри охлаждаемого объема.

### ***Модель.***

В качестве модели выбран холодильный ларь DK450 фирмы Danfoss.

Технические характеристики ларя:

- температура воздуха внутри ларя (-18...-24°C),
- габаритные размеры 1410×665×994мм,
- холодильный коэффициент R404a,
- холодопроизводительность 231 Вт,
- толщина теплоизоляции 80 мм.

### ***Методика расчета основных параметров работы холодильной машины.***

Как правило, в перечне технических характеристик холодильного оборудования отсутствуют данные, касающиеся площади поверхности испарителя и конденсатора. Эти данные принято считать не представляющими интереса для покупателей и пользователей холодильного оборудования. Поэтому в настоящей работе отмеченные параметры установлены на основе стандартной методики расчета технических характеристик холодильной машины.

При холодопроизводительности ларя 231 Вт приближенно тепловыделение на конденсаторе составляет  $Q_k = Q_o + Q_o \cdot 0,3 = 300$  Вт.

Площадь поверхности конденсатора устанавливается на основе соотношения

$$Q_k = k \cdot F_k \cdot (t_n - t_{ок}), \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи конденсатора,  $\frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ ,

$F_k$  – площадь поверхности конденсатора,  $m^2$ ,  
 $t_n, t_{вк}$  – температуры наружного воздуха и воздуха камеры,  $^{\circ}C$ .  
Соответственно площадь поверхности конденсатора

$$F_k = \frac{Q_k}{k \cdot (t_k - t_n)}, \quad (2)$$

$k = 4 \dots 6 \text{ Bm}/(m^2 \cdot K)$ . Температура внешней поверхности ларя практически равна температуре конденсации ( $t_k$ ). Поэтому в расчете ее с достаточной мерой достоверности можно принять равной температуре конденсации ( $t_k$ ).

$t_k = 35^{\circ}C$  и  $t_n = 20^{\circ}C$  – температуры конденсации и воздуха омывающего ларь.

$$F_k = \frac{Q_k}{k \cdot (t_k - t_n)} = \frac{300}{6 \cdot (35 - 20)} = 3,3 \text{ м}^2 \quad (3)$$

При уменьшении коэффициента теплопередачи с  $k = 6 \text{ Bm}/(m^2 \cdot K)$  до  $k = 4 \text{ Bm}/(m^2 \cdot K)$  площадь поверхности конденсатора увеличивается до  $5 \text{ м}^2$ .

Таким образом, граница изменения площади поверхности конденсатора заключена в интервале  $3.3 \dots 5.0 \text{ м}^2$ .

Установленный интервал принят за основу в определении толщины слоя теплоизоляции ларя.

### **Влияние параметров эксплуатации ларя на величину его теплоизоляции.**

В основу положены представления о переносе тепла через плоскую теплоизолированную стенку ларя с конденсатором и испарителем холодильной машины на каждой из

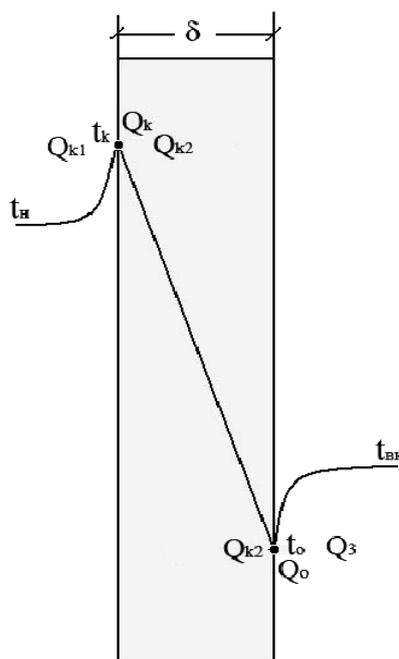


Рис. 1. Иллюстрация к определению толщины теплоизоляции.

его поверхностей.

Проблема теплообмена сводится к следующему. Испаритель холодильной машины осуществляет отвод тепла охлаждаемого объема  $Q_3$ . Теплообмен между поверхностью

испарителя и воздухом ларя осуществляется конвективно.

**Зависимость толщины теплоизоляции от площади поверхности конденсатора при различной скорости движения в воздухе у наружной поверхности ларя**

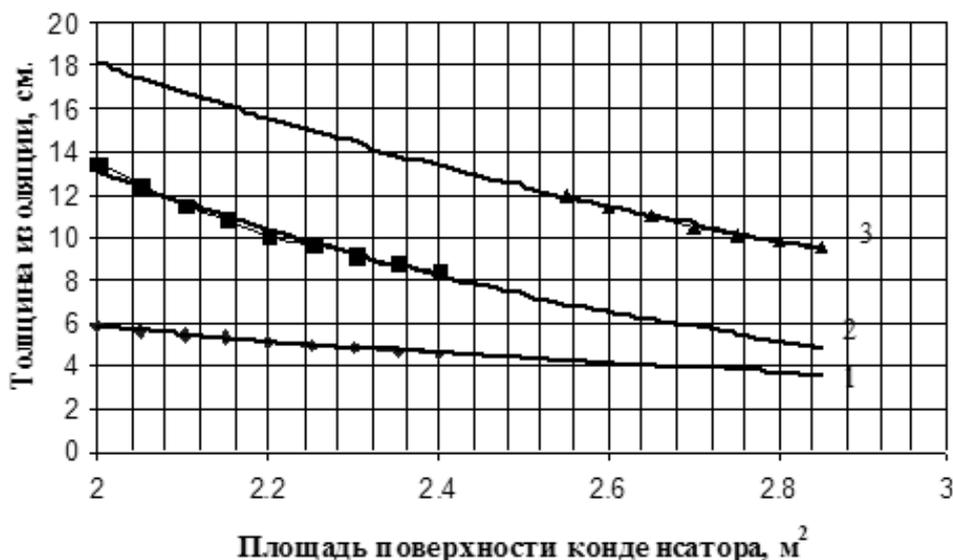


Рис. 2. График зависимости толщины теплоизоляции ларя от площади поверхности конденсатора при скорости движения воздуха у наружной поверхности ларя 1 – 0.5 м/с; 2 – 0.3 м/с; 3 – 0.2 м/с. (На графике представлены линии тренда)

На внешней поверхности ларя конденсатор отводит тепло, заимствованное испарителем от воздуха ларя, с учетом работы компрессора холодильной машины, т.е. в полном объеме выполняется второй закон термодинамики:

$$Q_k = Q_o + L, \quad (4)$$

$L$  – тепловой эквивалент работы холодильной машины.

Тепло на внешней поверхности ларя ( $Q_k$ ) отводится воздухом ( $Q_{k1}$ ) и путем переноса его посредством теплопроводности через теплоизоляцию в направлении испарителя ( $Q_{k2}$ ).

Испаритель, в свою очередь, воспринимает тепло от воздуха охлаждаемого объема ( $Q_3$ ) и той части тепловыделения конденсатора ( $Q_{k2}$ ), которая достигает испарителя несмотря на слой теплоизоляции.

Таким образом, балансовое соотношение тепла конденсатора и испарителя определяет, в конечном итоге, толщину теплоизоляции (при выбранной теплопроводности материала изоляции).

Для решения поставленной задачи подготовлена компьютерная программа, обеспечивающая возможность моделирования влияния многообразных параметров процесса на толщину теплоизоляции холодильного ларя.

Результаты расчетов для скоростей движения воздуха  $v = 0.5; 0.3; 0.2$  м/с в графической форме представлены на рисунке 2.

### **Анализ полученных результатов.**

Представленный графический материал отражает следующую суть теплообмена. При увеличении скорости движения воздуха около наружной поверхности ларя интенсифи-

### **Влияние температуры наружного воздуха на толщину теплоизоляции**



Рис. 3. График зависимости толщины теплоизоляции ларя от площади поверхности конденсатора при скорости движения воздуха у наружной поверхности ларя 0,05 м/с и различной температуре наружного воздуха.

- 1 – температура воздуха 20°C,
- 2 – температура воздуха 30°C.

цируется теплосъем с его поверхности. При этом большая часть тепла переносится не через теплоизоляцию на испаритель, а в окружающую ларь среду. Это же означает, что интенсификация движения воздуха в торговом зале способствует уменьшению энергетических затрат на работу холодильной машины.

С возрастанием площади поверхности конденсатора при любой скорости движения воздуха у наружной поверхности ларя необходимая толщина теплоизоляции уменьшается. Причем, при меньших значениях скоростей движения воздуха заметно более отчетливое уменьшение необходимой толщины теплоизоляции.

С возрастанием температуры воздуха, окружающего ларь, требуется большая толщина теплоизоляции. Последнее является логичным, поскольку возрастание температуры воздуха приводит к уменьшению теплосъема с поверхности конденсатора.

### **Выводы.**

1. При эксплуатации холодильных ларей, в которых совмещаются испаритель и конденсатор на обеих поверхностях теплоизоляции, большое влияние оказывает температура окружающего воздуха и скорость его движения.

2. Отмеченные параметры являются функцией условий эксплуатации оборудования и в малой степени могут быть изменены произвольно, по желанию сотрудников торговли.

3. При фиксированных условиях температурно – влажностного режима толщина теплоизоляции является фиксированной. На практике она составляет 0.06...0.08м.

4. Толщина теплоизоляции существенно зависит от площади поверхности конденсатора, связанной с холодопроизводительностью холодильной машины и размерами ларя.

#### **Литература:**

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600с.
2. Михайлов М.Д. Нестационарные температурные поля в оболочках. – М.: Энергия, 1967. – 120с.