

УДК 631.24

**ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПРОДУКТОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ  
ХЛАДАГЕНТА**

**Сергей Алексеевич Бредихин**

доктор технических наук, профессор

sbredihin\_kpia@rgau-msha.ru

**Нурсултан Эсенбекович Алдаматов**

аспирант

Status\_Diamond@bk.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.

Тимирязева

г. Москва, Россия

**Аннотация.** В данной статье представлена технология охлаждения пищевых продуктов, принцип действия которой отличается от принципа действия традиционных холодильных машин, осуществляющих свою работу на углекислом газу в качестве рабочего вещества. Описана работа испарителя холодильной установки при нулевом значении перегретого газа на выходе из аппарата. Дано описание способа как одного из методов повышения энергоэффективности установки для поддержания температур в помещении, подвергающемуся термической обработке.

**Ключевые слова:** охлаждение, углекислый газ, замораживание, термическая обработка, CO<sub>2</sub>, холодильная машина.

Большинство продуктов питания, предназначенных для потребления человеком, после первичной обработки хранятся в специальных складских помещениях со стандартными параметрами температуры и относительной влажности. Часто эти параметры составляют температуру от  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $+6^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность от 75% до 95% [1].

Цель хранения - задержать биохимические процессы, происходящие внутри продукта и негативно влияющие на потребительские свойства пищевого ингредиента. При хранении продуктов в холодильных камерах, несмотря на низкие температуры, происходит интенсивная усушка. Чтобы предотвратить увядание или "высыхание" продуктов, в складских помещениях поддерживается описанный выше уровень относительной влажности.

Это достигается с помощью чиллера, который представляет собой теплообменник с "сердцем" - устройством для транспортировки хладагента от теплообменника, установленного в хранилище, к теплообменнику, установленному на открытом воздухе.

Важную роль в поддержании требуемой температуры и относительной влажности играет теплообменник, установленный в складском помещении. В холодильной технике это устройство называется воздухоохладителем, а принцип его работы показан на схеме (рисунок 1).

Конструкция и принцип работы воздухоохладителя. Устройство состоит из металлического корпуса 1, внутри которого расположены теплообменные трубки 2 из стали или меди, соединенные между собой по принципу "змеевика". Для увеличения площади поверхности теплообмена к теплообменным трубкам прикреплены тонкостенные оребренные металлические пластины 3. Интенсивность теплообмена достигается за счет принудительной конвекции воздуха вентилятором 4 с электродвигателем, установленным в корпусе аппарата.

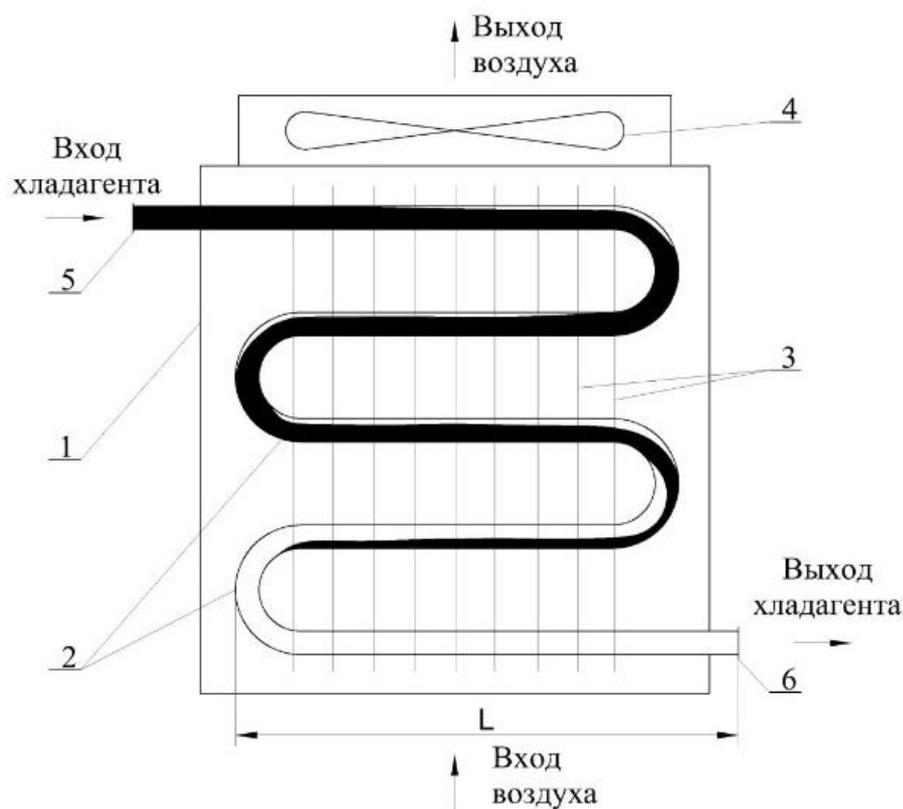


Рисунок 1 - Принцип работы воздухоохладителя

Вдуваемый воздух охлаждается в результате процесса кипения хладагента в трубках теплообменника 2 под пониженным давлением в контуре хладагента. Процесс испарения хладагента обеспечивает отвод тепла из воздуха, подаваемого в агрегат. Хладагент подается в устройство через входной патрубок 5 и выводится через выходной патрубок 6. В процессе испарения жидкая фракция хладагента уменьшается, а газообразная - увеличивается. В конце процесса из сопла выходит только газообразный хладагент. Это диктуется специфическими свойствами самой холодильной установки, в которой в настоящее время в качестве рабочих веществ используются в основном традиционные хладагенты, изготовленные в искусственных условиях, например, фреоны R410a, R404a и R507a. В конструкции теплообменных труб существует запас длины  $L$ , гарантирующий переход хладагента из жидкой фазы в газовую. Отношение этой части к рабочему участку, где хладагент испаряется, может достигать 15-25% от общей длины теплообменника. Это означает, что такая доля всей секции теплообменной трубки расходуется впустую в процессе теплообмена между хладагентом и охлажденным воздухом. Чем больше эта

"бесполезная" часть, тем ниже интенсивность процесса охлаждения. Снижение интенсивности сопровождается снижением относительной влажности воздуха в камере хранения и точности определения его температуры.

Одним из решений этой проблемы является использование двуокиси углерода - "природного" хладагента. Особенностью конструкций чиллеров, разработанных в последнее десятилетие, является отсутствие вышеупомянутых "неработающих" участков теплообменных труб. Процесс отвода тепла от воздуха происходит по всей длине теплообменника, и интенсивность теплообмена возрастает пропорционально процентному содержанию вышеуказанных "нерабочих" зон. Это повышает точность контроля влажности и температуры в помещении и оказывает положительное влияние на хранящиеся продукты, так как динамические изменения параметров тепла и влажности оказывают негативное воздействие на пищевые продукты. Чем стабильнее температура и относительная влажность в складском помещении, тем меньше биохимических реакций происходит внутри продукта, тем меньше усушка продукта и больше срок хранения.

Использование углекислого газа в качестве рабочей среды также обусловлено глобальной технологической тенденцией к большей экологичности. Углекислый газ не повреждает озоновый слой атмосферы Земли, как это делают искусственные охлаждающие жидкости. Углекислый газ - одна из современных тенденций в пищевой и сельскохозяйственной холодильной промышленности, которая процветает во всем мире.

### **Список литературы:**

1. Хранение пищевых продуктов / Электронный ресурс. Режим доступа: <https://friax.ru/stati/hranenie-pishchevykh-produktov/>

UDC 631.24

## FROZEN FOOD STORAGE TECHNOLOGY USING CARBON DIOXIDE AS A REFRIGERANT

**Sergey A. Bredihin**

doctor of technical sciences, professor

sbredihin\_kpia@rgau-msha.ru

**Nursultan E. Aldamatov**

post graduate student

Status\_Diamond@bk.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University – Moscow Timiryazev

Agricultural Academy

Moscow, Russia

**Abstract.** This article presents the technology of food cooling, the principle of operation of which differs from the principle of operation of traditional refrigerating machines that operate on carbon dioxide as a working substance. The operation of the evaporator of the refrigeration unit at zero value of superheated gas at the outlet of the apparatus is described. The method is described as one of the methods of increasing the energy efficiency of the installation to maintain temperatures in a room undergoing heat treatment.

**Key words:** cooling, carbon dioxide, freezing, thermal treatment, CO<sub>2</sub>, cooling machine.

Статья поступила в редакцию 30.03.2023; одобрена после рецензирования 30.05.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 30.03.2023; approved after reviewing 30.05.2022; accepted for publication 30.06.2023.