

УДК 67.05

## Рассмотрение процесса хранения продуктов, разработка и расчет аппарата кратковременного хранения плодов и овощей сферической формы

Минаева Т.В., minaeva\_tanya@list.ru

Проф., д-р техн. наук Алексеев Г.В., gva2003@rambler.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*В статье рассмотрены основы процесса охлаждения и хранения пищевых продуктов, рассмотрены режимы и аппараты для хранения и сделан вывод об необходимости разработки нового оборудования, сочетающее в себе компактную конструкцию и позволяющее минимизировать потери продукта хранения. Описана конструкция аппарата, реализующего кратковременное хранение плодов и овощей сферической формы реализует данные задачи путем усовершенствования конструкции аппарата. Также проведен расчет теплоизоляции, необходимой для поддержания определенных условий удельной влажности и температуры в рабочей камере. Во время хранения происходит непрерывный теплоприток в аппарате от различных источников теплоты. Расчет холодопроизводительности аппарата позволяет определить количество теплоты, которое необходимо отвести из аппарата при хранении плодов и овощей. На основе всех расчетов подбираются размеры разрабатываемого аппарата и подбор основного и вспомогательного оборудования.*

*Ключевые слова:* хранение; хранение плодов и овощей; охлаждение; усушка; расчет теплоизоляции; расчет теплопритоков.

---

## Consideration of storage products and design and dimensioning machine short-time storage of fruits and vegetables a spherical shape

Minaeva T.V. minaeva\_tanya@list.ru, Prof. D.Sc Alexeev G.V.

University ITMO

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*This article covers the basics of process cooling and storage of food, considered modes and apparatus for storing and concluded that the need to develop new equipment that combines compact design allows tion and minimize the loss of product storage. Described the construction of the apparatus that implements short-term storage of fruits and vegetables a spherical shape implements the problem by improving the design of the machine. Also calculated the thermal insulation required to maintain certain specific conditions of humidity and temperature in the chamber. During storage, there is a continuous heat leakage in the apparatus from various heat sources. Calculation of cooling capacity of the device allows to determine the amount of*

*heat necessary to withdraw from the unit during storage of fruits and vegetables. On the basis of all calculations are selected dimensions of the developed system and the selection of the main and auxiliary equipment.*

**Keywords:** storage; storage of fruits and vegetables; cooling; shrinkage; calculation of the thermal insulation; calculation of the heat leakage.

---

Охлаждение - отвод тепла от продуктов, в результате которого снижается их температура. Выделяют естественный и искусственный способ охлаждения. При необходимости понижения температуры до температуры окружающей среды, можно говорить о естественном охлаждении. Если нужно охлаждать до температур ниже окружающей среды, пользуются искусственным охлаждением [1].

Практически все отрасли производства применяют искусственное охлаждение, которое является необходимым для сохранения качества продукции долгое время.

Фрукты и овощи содержат комплекс полезных веществ, такие как углеводы, энзимы, витамины, минеральные вещества и другие вещества, необходимые человеку.

В настоящее время в России выращивают примерно 4 млн. тонн овощей и фруктов, 30% которых портятся в процессе хранения, что является большим показателем потерь данной продукции. Следовательно, остро встает вопрос длительного хранения овощей и фруктов.

Наиболее явной причиной потерь продукции является применение устаревших технологий при хранении в холодильных установках.

При хранении плодов и овощей необходимо соблюдение технических условий, которые обеспечивают хорошую сохранность продуктов.

Обеспечение оптимальных условий охлаждения при минимальных потерях и поддержание хорошего качества продуктов – основная задача холодильной техники.

В основном, промышленные холодильные установки используются для обеспечения параметров хранения больших объемов продуктов. Но в настоящее время, возрастает интерес к относительно небольшим установкам, предназначенным для автономной работы в устройствах, которые можно использовать и как составные узлы более сложного оборудования.

В пищевой промышленности разработано много способов сохранения продуктов, но наибольшее распространение получил способ с использованием холодильных установок с искусственным охлаждением, поддерживающих температуру, являющуюся оптимальной и близкой к температуре, удовлетворяющей биологические потребности плодов. Такие температурные условия препятствуют биологическим заболеваниям, обеспечивают сохранность и уменьшение потерь охлаждаемых продуктов.

Нельзя не заметить, что при хранении плодов и овощей в холодильных камерах большое значение имеет величина потерь продуктов, в результате которой ухудшается

качество продуктов и уменьшается их масса. Таким образом, необходимо применять способы, при которых потеря влаги незначительна либо отсутствует.

При рассмотрении рынка плодовоовощной продукции, было выявлено, что для обеспечения максимальной лежкости продуктов необходимо хранить продукты только в хранилищах, загружаемых только плодовоовощной продукцией.

Целью работы является теоретическое исследование процессов и аппаратов охлаждения и кратковременного хранения продуктов, позволяющих целенаправленно рассчитывать их конструктивные параметры, определить области применения и требования, предъявляемые для безотказной работы охлаждающих устройств, и разработка и расчет новой конструкции охлаждающего аппарата кратковременного хранения плодов и овощей.

Сохранность продуктов обеспечивается поддержанием необходимого климатического режима, способов обработки и размещения охлаждаемых продуктов. Данные условия могут создаваться с использованием различных методов хранения, основным показателем которых является сохранение качества пищевых продуктов и минимизация потерь на протяжении всего срока хранения [2].

Каждый продукт имеет свои температурные режимы хранения, зависящие от состояния продукта. Время, после которого продукты приобретают несвойственные им запахи и привкус и сопровождается ухудшением внешнего вида и изменением цвета является предельным сроком хранения.

Уменьшение в продукте содержания влаги за счет испарения ее в воздух с поверхности продукта называют усушкой. Усушка неблагоприятно сказывается на качестве продукта, также происходит уменьшение массы в следствии выделения влаги их продукта. Кроме того, может быть приобретен несвойственный продукту запах и вкус и изменение его естественной окраски.

Несмотря на многочисленные факторы, влияющие на параметр усушки, наибольшее воздействие проявляет количество тепла, передаваемого в аппарат в единицу времени. Также на величину усушки оказывают способ укладки продуктов, относительная влажность воздуха в камере и температура и т.д.

При хранении надлежит четко следовать нормам и правилам укладки продуктов. Следует размещать поступающие на хранение продукты так, чтобы их со всех сторон омывал воздух и только в аппарате хранились только подобные продукты. Нужно предотвращать плотную укладку охлаждаемых продуктов друг к другу [3].

Рассматривая конструкции охлаждающего оборудования, отметим высокую заинтересованность в производстве охлаждающего оборудования, имеющего меньшие потери, высокую надежность и долговечность аппаратов. Развитие охлаждающего оборудования, является актуальным вопросом по сей день [4].

Наиболее перспективно проектирование оборудования для охлаждения и хранения плодов и овощей, небольшого объема и уменьшающего величину потерь.

Это связано с разработкой нового принципа построения охлаждающих аппаратов, наиболее всего отвечающих требованиям пищевой промышленности.

В разрабатываемом устройстве для кратковременного хранения фруктов и овощей, представленном на рис. 1, включающем рабочую камеру с подающей винтовой спиралью и охлаждающую рубашку, рабочая камера выполнена в виде тора, а подающая винтовая спираль установлена внутри него между его внешней и внутренней стенками, при этом охлаждающая рубашка выполнена из U-образных трубчатых элементов, установленных последовательно с чередованием по наружным поверхностям внешней и внутренней стенок тороидальной рабочей камеры по ее образующей, причем отдельные трубчатые элементы установлены так, что относительно продольной оси рабочей камеры их наиболее продолжительные участки имеют одинаковое угловое смещение друг относительно друга.

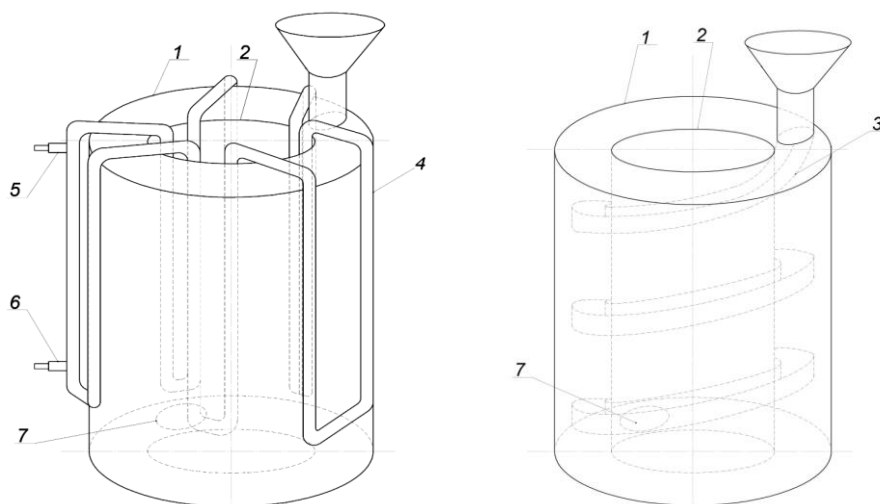


Рис. 1 Устройство для кратковременного хранения фруктов и овощей, общий вид и рабочая камера аппарата без охлаждающей рубашки

1 - внешняя стенка камеры; 2 - внутренняя стенка камеры; 3 - винтовая спираль; 4 - охлаждающая рубашка; 5 - штуцер подачи хладагента; 6 - штуцер отвода хладагента; 7 - разгрузочное отверстие.

Техническим результатом является повышение эффективности кратковременного хранения фруктов и овощей и сокращение энергозатрат за счет того, что рабочая камера выполнена в виде тора, а подающая винтовая спираль установлена внутри него между его внешней и внутренней стенками. Тороидальная форма корпуса обеспечивает съем тепла равномерно с обеих сторон от хранящихся фруктов и овощей обеспечивая минимизацию энергозатрат. Охлаждающая рубашка огибает внутренние и внешние стенки камеры. Такая конструкция обеспечивает более равномерное охлаждение продукта с двух сторон, предотвращая подмораживание и порчу продукта при длительном хранении. Подвод хладагента в змеевик осуществляется с помощью штуцера, расположенного в верхней

части конструкции, а его отвод – с помощью штуцера, расположенного в нижней части. Охлаждаемый продукт проходит по винтовому спиральному каналу и выводится из аппарата. Такое расположение элементов аппарата позволяет сделать конструкцию более компактной. За счет спиралеобразной направляющей обеспечивается последовательная подача продукта, предотвращающая его слеживание и заторы при дозировании [5].

Охлаждающее оборудование имеет теплоизоляцию, позволяющую поддерживать определенные требуемые условия.

Наличие в аппарате разности температур и разности давлений не позволяет полностью удалить потоки тепла и влаги, т.к. при этом необходимо изготовление ограждающих поверхностей, поддерживающих условия  $R_n \rightarrow \infty$  и  $H_n \rightarrow \infty$ , (где  $R_n$  - термическое сопротивление наружного ограждения,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $H_n$  - сопротивление ограждения паропроницаемости,  $\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па}/\text{кг}$ ) но, существуют изоляционные материалы с хорошими свойствами сопротивления тепло- и влагопроницаемости. Их использование позволяет значительно уменьшить выделение влаги и теплоты через стенки охлаждающего аппарата.

Основой проектирования теплоизоляции является подбор конструкции и материала теплоизоляции, а также расчет и подбор толщины материалов, входящих в конструкцию теплоизоляции.

Толщина теплоизоляционного слоя подбирается по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[ \frac{1}{k_0} - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v} \right) \right], \text{ м.} \quad (1)$$

где  $k_0$  - общий коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$\alpha_n$ ,  $\alpha_v$  - коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$\delta_i$  - толщина строительных слоев конструкции, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности материала строительных слоев конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$\delta_{из}$  - толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_{из}$  - коэффициент теплопроводности изоляционного слоя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

На основании данной формулы подбирается необходимая толщина теплоизоляционного слоя разрабатываемого аппарата для кратковременного хранения плодов и овощей.

Расчет теплопотоков разрабатываемого аппарата сводится к определению количества теплоты всех источников теплоты, поступающих в холодильное оборудование и влияющих на поддержание требуемых показателей температуры и относительной влажности воздуха в аппарате [6].

Поступающие в аппарат и образующиеся внутри рабочей камеры теплопритоки можно выделить на следующие виды [7]:

- теплоприток от окружающей среды через ограждения;
- теплоприток от продуктов при холодильной обработке;
- приток теплоты, поступающий с наружным воздухом при вентиляции (в нашем случае равен 0);
- эксплуатационный теплоприток;
- теплоприток от «дыхания» овощей и фруктов.

При проектировании установки, необходимо учитывать холодопроизводительность по самым неблагоприятным факторам работы оборудования.

Далее производятся расчеты и подбор основного и вспомогательного оборудования, подбор диаметров трубопроводов и основных размеров разрабатываемого аппарата длительного хранения плодов и овощей.

Общим итогом работы является создание конструкции охлаждающего аппарата для кратковременного хранения плодов и овощей нового типа, проведен расчет теплоизоляции устройства и определены теплопритоки, действующие на охлаждающий аппарат, которые необходимо компенсировать. Данные теплопритоки являются холодопроизводительностью аппарата. Рассчитаны основной и вспомогательное оборудование аппарата. Разработанная конструкция повышает эффективность охлаждения продукта без подмораживания и имеет конструкцию, предотвращающую слеживание продукта в процессе хранения.

### Список литературы:

1. Пастухов А.С., Данин В.Б. Процесс конвективного охлаждения хлебобулочных изделий как объект исследования // Известия СПбГУНиПТ. – 2008. – № 2. – С. 17–18.
2. Минаева Т.В., Минаева Л.В. Проектирование аппарата длительного хранения овощей и фруктов // III Международная научно-техническая конференция «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» -2013. - № 1 (13) ISBN 978-5-00032-021-1. С. 298-299.
3. Минаева Т.В., Алексеев Г.В. Разработка аппарата длительного хранения цитрусовых плодов путем минимизации потерь при охлаждении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия "Процессы и аппараты пищевых производств". 2013. №2.
4. Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья. // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. № 3. С. 52.

5. Алексеев Г.В. Основы теории решения изобретательских задач учеб. пособие / Г. В. Алексеев, Н. Б. Жарикова ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования С.-Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий. СПб., 2004.

6. Минаева Т.В., Алексеев Г.В., Синявский Ю.В. Разработка аппарата для охлаждения и длительного хранения плодов и овощей // VI Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» - 2013. - № 1(13) ISBN 978-5-7577-0443-2 . - С. 333-336

7. Минаева Т.В., Минаева Л.В. Разработка оборудования длительного хранения плодов и овощей сферической формы //I студенческий инновационный форум с международным участием «ПОТЕНЦИАЛ» - 2013. - С. 90-92.

### References

1. Pastukhov A.S., Danin V.B. Process of convective cooling of bakery products as object of research. *Izvestiya SPbGUNIPT*. 2008. № 2. p. 17–18.

2. Minaeva T.V., Minaeva L.V. Design of the device of long storage of vegetables and fruit. III Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Novoe v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii». 2013. № 1 (13) ISBN 978-5-00032-021-1. p. 298-299.

3. Minaeva T.V., Alekseev G.V. Development of the device of long storage of citrus fruits by minimization of losses when cooling. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"*. 2013. № 2.

4. Alekseev G.V., Golovatskii G.A., Krasnov I.V. Some directions of increase of efficiency of processing equipment for processing of food raw materials. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta nizkotemperaturnykh i pishchevykh tekhnologii*. 2007. № 3. p. 52.

5. Alekseev G.V. Bases of the theory of the solution of inventive problems of studies. Grant. G. V. Alekseev, N. B. Zharikova ; Feder. agentstvo po obrazovaniyu, Gos. obrazovat. uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya S.-Peterb. gos. un-t nizkotemperatur. i pishchevykh tekhnologii. SPb., 2004.

6. Minaeva T.V., Alekseev G.V., Sinyavskii Yu.V. Development of the device for cooling and long storage of fruits and vegetables. The VI International scientific and technical conference "Low-temperature and food technologies in XXI an eyelid ». 2013. № 1(13) ISBN 978-5-7577-0443-2 . p. 333-336

7. Minaeva T.V., Minaeva L.V. Development of the equipment of long storage of fruits and vegetables of a spherical form. I studencheskii innovatsionnyi forum s mezhdunarodnym uchastiem «POTENTsIAL». 2013. p. 90-92.