УДК621.56/59

Особенности технологии замораживания нежных ягод

Проф. Филипов В. И., проф. Эглит А. Я., инж. Шилкин А.С.
shilkin@ok-ref.ru
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

В настоящее время в мире существует тенденция приближения объектов переработки сельскохозяйственной продукции к местам её выращивания. Одной из болевых точек этой системы является подготовка к длительному хранению таких нежных садовых ягод как, клубника и малина. Минимальный срок их хранения при температурах воздуха близких к 0 °С, усугубляется потерей товарного вида при транспортировании.
Серьезным минусом при традиционном способе замораживания этих ягод в скороморозильном флюидизационном аппарате является энергоёмкость. Это особенно заметно для передвижных участков замораживания.
Заметное снижение энергозатрат возможно при изменении технологии замораживания путем реализации его в две стадии: замораживание поверхностного слоя в аппарате с домораживанием в объеме хранения.
Для поиска рациональных вариантов системы холодоснабжения такого участка необходима информация о температурном поле ягоды на первой стадии замораживания, что возможно лишь на основе численного метода решения задачи нестационарной теплопроводности.
Ключевые слова: хранение, снижение энергозатрат, температурное поле.

Features of technology freezings of gentle berries

The prof**. V. I. FILIPOV**, prof. **A. J. EGLIT**, eng. **A. S. SHILKIN**

St. Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics

Now in the world there is a tendency of approximation of objects of processing of agricultural production to seats of its cultivation. One of painful points of this system is preparation for long-time storage of such gentle garden berries as, a strawberry and a raspberry. Minimal timeframe of their storage at temperatures of air close to 0 °C, is aggravated with loss of a packaging at transportation.
Serious minus at a traditional way of freezing of these berries in freezers fluidizing the device is power consumption. It is especially appreciable for mobile sites of freezing.
Appreciable decrease in power inputs probably at variation of technology of freezing by its realization in two stages: freezing of a superficial layer in the device with further freezing in volume of storage.
The information on a temperature floor of a berry is necessary for search of rational versions of system cooling supply such site at the first stage of freezing that is possible only on the basis of a numerical method of the solution to the problem of non-stationary heat conductivity.
Keywords: storage, decrease in power inputs, a temperature field.

По действующей технологии такую садовую ягоду, как земляника и малина замораживают во флюидизационных аппаратах при температуре воздуха минус 30… минус 35°С и скорости в 5…7 м/с. Это гарантирует быстрое замораживание и даже позволяет частично восстановить форму нежного плода после транспортирования. Минусом такой технологии является значительный расход электроэнергии на работу вентилятора аппарата и системы холодоснабжения, что особенно неблагоприятно для передвижных охлаждаемых объектов.

Для снижения энергозатрат предлагается “двухстадийная” технология замораживания нежных ягод. На первой стадии замораживается верхний слой, чем обеспечивается сохранность формы ягоды. Технологические параметры процесса: температура воздуха минус 20°С и скорость не более, чем на 0,5 м/с превышающая скорость флюидизации. Как показывают результаты предварительных расчетов времени замораживания земляники садовой (рис. 1), за период равный времени полного замораживания в обычных условиях удается проморозить слой в 3,5 мм. Шарообразная форма ягоды определяет то обстоятельство, что при этом температура ниже криоскопической создается в 60 % объема ягоды.

Тепловая нагрузка на систему холодоснабжения аппарата снижается по трем причинам:

1) от плода отводится 60 % всей теплоты замораживания;

2) резко в 10 раз уменьшается энергопотребление вентиляторов аппарата, как в виду уменьшения напора, так и расхода воздуха

3) настолько же уменьшается тепловой эквивалент работы этих вентиляторов.

Работа системы холодоснабжения аппарата на более высокой
энергопотребления компрессорной группы.

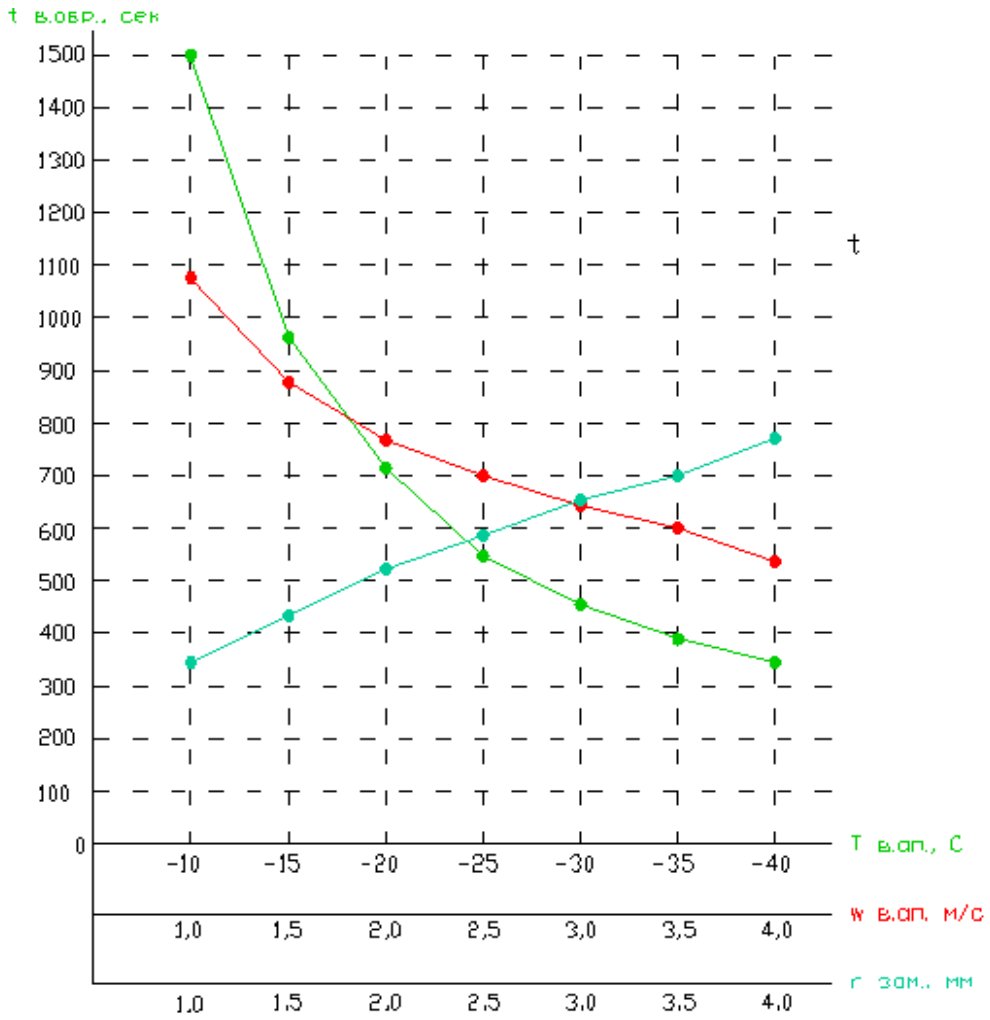


Рис. 1 График изменения времени обработки продукта в аппарате, в зависимости от температуры воздуха в аппарате, скорости движения воздуха в аппарате, глубины промерзания мякоти ягоды.

На второй стадии предлагается домораживание ягоды, уложенной в полиэтиленовые мешки массой блока 10 кг, непосредственно в камере хранения при температуре воздуха минус 20 °С. Для определенной интенсификации процесса необходимо на период загрузки выделение участка камеры, где продукция размещается на подвижных стеллажах с разреженным шагом. Иными словами, создается временно действующее подобие туннельного скороморозильного аппарата. Время домораживания (рис. 2) зависит от скорости движения воздуха и лимитируется интенсивностью приема ягоды на предприятии и общей площадью хранения.

Необходимость отвода теплоты домораживания в камере хранения увеличивает тепловую нагрузку на её систему холодоснабжения. Однако значительное время домораживания приводит к тому, что это составляет не более 50% от общей нагрузки. Разумеется, что необходимость создания пусть

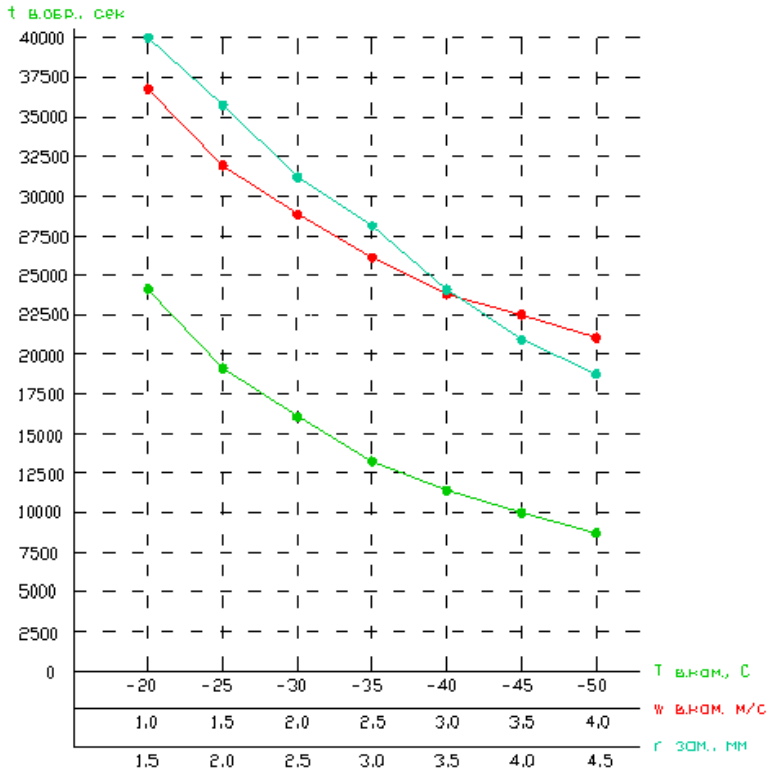


Рис. 2 График изменения времени домораживания в камере в зависимости от температуры воздуха в камере, скорости движения воздуха в камере, глубины промерзания мякоти ягоды при поступлении в камеру.

незначительной скорости воздуха, но в жестких конкретных точках камеры требует создания специальной системы воздухораспределения. Подобная задача с минимальными капитальными затратами просто решается в технологических цехах по переработке мяса где воздухораспределение организовано посредством тканевых воздуховодов.

Предварительные расчеты показывают, что для передвижного участка по замораживанию земляники садовой, расположенного в контейнере в объеме сбора 3-х тонн за 6 суток имеет место:

1) снижение энергозатрат на общую для аппарата и камеры домараживания хранения систему холодоснабжения составляет до 45 %

2) стоимость холодильного оборудования общей системы уменьшается на 40 % за счет комплексности и уменьшения мощности единиц оборудования.

Определенным минусом предлагаемой технологии является необходимость второй перегрузки ящиков с продукцией массой 10 кг из стеллажей домораживанияна стеллажи хранения, собственно в объеме хранения. В передвижных объектах, где весь персонал состоит из экспедитора, совмещающего функции приёмщика и технолога, и шофера, владеющего начальными навыками обслуживающего персонала холодильной установки, проблема практически отсутствует, так как имеется около часа времени на

перекладку 50 ящиков. На стационарном предприятии для этой операции потребуется 1…2 сезонных работника-грузчика, которые могут быть использованы. Эта социальная задача требует определенного анализа, хотя общая численность штатных сотрудников участка замораживания колеблется в пределах 1-2 человек, при производительности в 40 кг/ч.

Перед постановкой оптимизационной задачи снижения энергозатрат на базе предлагаемой технологии следует обратиться к её теплофизическим корням. Аналитическое решение задачи промораживания слоя шара, предложенное{2}

$$\tau = \frac{\Phi \cdot q \cdot \rho \cdot R^2 \cdot w}{\lambda \cdot (T_{кр} - T_{хл})} \left\{ \left(\frac{1}{Bi} + \frac{\Phi}{2 \cdot \Phi - 1} \right) \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)^{\frac{1}{\Phi}} \right) - \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)^2}{2 \cdot (2 \cdot \Phi - 1)} \right\}$$

не дает численного представления о температурном поле ягоды в конкретный момент времени. Для получения подобной картины следует обратится к численным методам, например, методу элементарных тепловых балансов А. П. Ваничева. Это позволит более точно оценить тепловую нагрузку на разные составляющие системы холодоснабжения и определить экономическую выгоду от внедрения предлагаемой технологии.

Список литературы

1. Постольски Я., Груда З., Замораживание пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1978. 607 с.
2. Фролов С. В., Куцакова В. С., Кипнис В. А. Тепло- и массообмен в расчетах процессов холодильной технологии пищевых продуктов. – М.: Колос – Пресс, 2001. 144 с.