

## Исследование температурного поля штабеля продукции

Шеремето Ю.А.  
yustassopromat@mail.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики  
Институт холода и биотехнологий*

**Время охлаждения штабеля продукта для расчета теплопритока принимают 24 часа. Исследование на основе метода регулярного режима показывает, что оно может достигать 800 часов.**

**Ключевые слова:** время охлаждения, регулярный режим, штабель.

При расчете теплопритока от продукта в камере хранения согласно [1] принимают время охлаждения штабеля продукции 24 часа. Для камер хранения охлажденной продукции температура поступающего груза либо не ограничивается, либо, как во фруктохранилищах, полагается  $25^{\circ}\text{C}$  для южных районов России [2]. Между тем, многочисленные исследования как отечественных [3], так и зарубежных [4] авторов свидетельствуют о том, что этот процесс занимает недели.

Исследования температурного поля штабеля продукции при ее охлаждении (или доохлаждении) в камере хранения проводились по зависимости, полученной на основе метода регулярного режима Г.М. Кондратьева [5]

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \left\{ A_{об} \frac{t_{нач} - t_{xl}}{t_{кон} - t_{xl}} \right\}, \quad (1)$$

где  $m$  – темп охлаждения,  $\text{с}^{-1}$ ;  $A_{об}$  – безразмерный коэффициент;  $t_{нач}$  – начальная среднеобъемная температура продукта,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{кон}$  – конечная среднеобъемная температура продукта,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{xl}$  – температура среды, в которую погружен продукт,  $^{\circ}\text{C}$ .

Расчеты проведены для штабеля яблок, исходя из особенности загрузки плодоовощехранилищ. В них [2] через каждые два контейнера необходимо оставлять боковые проходы шириной 600...700мм и между смежными контейнерами в штабеле промежутки в 50...100мм. Это позволяет рассматривать единичный штабель параллелепипедом жестких размеров. Рассмотрены три варианта: блок из 16 контейнеров в плане, 4х4,8х4,8м; блок из 4 контейнеров в плане, 2х2,4х2м; и единичный контейнер 1х1,2х4,8 м.

Определялось время охлаждения середины штабеля до  $6^{\circ}\text{C}$  при: различной температуре поступающего продукта; диапазоне изменения эффективной теплопроводности штабеля 0,2...0,4 Вт/(м·К); коэффициентах теплоотдачи от продукта 1...5 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Учитывая неоднородность условий теплообмена поверхностей штабеля, (особенно у потолка и пола), были приняты усредненные значения.

На рис.1 показано влияние температуры яблок при поступлении в камеру на время охлаждения штабеля. Очевидно, что рекомендуемая [2] блочность контейнеров является рациональной. Для поступающей в магазин продукции из овощехранилищ ( $t_{нач} < 8^{\circ}\text{C}$ ) штабель в 16 рядов в плане явно не характерен, а разница двух других вариантов загрузки находится в пределах точности расчета.

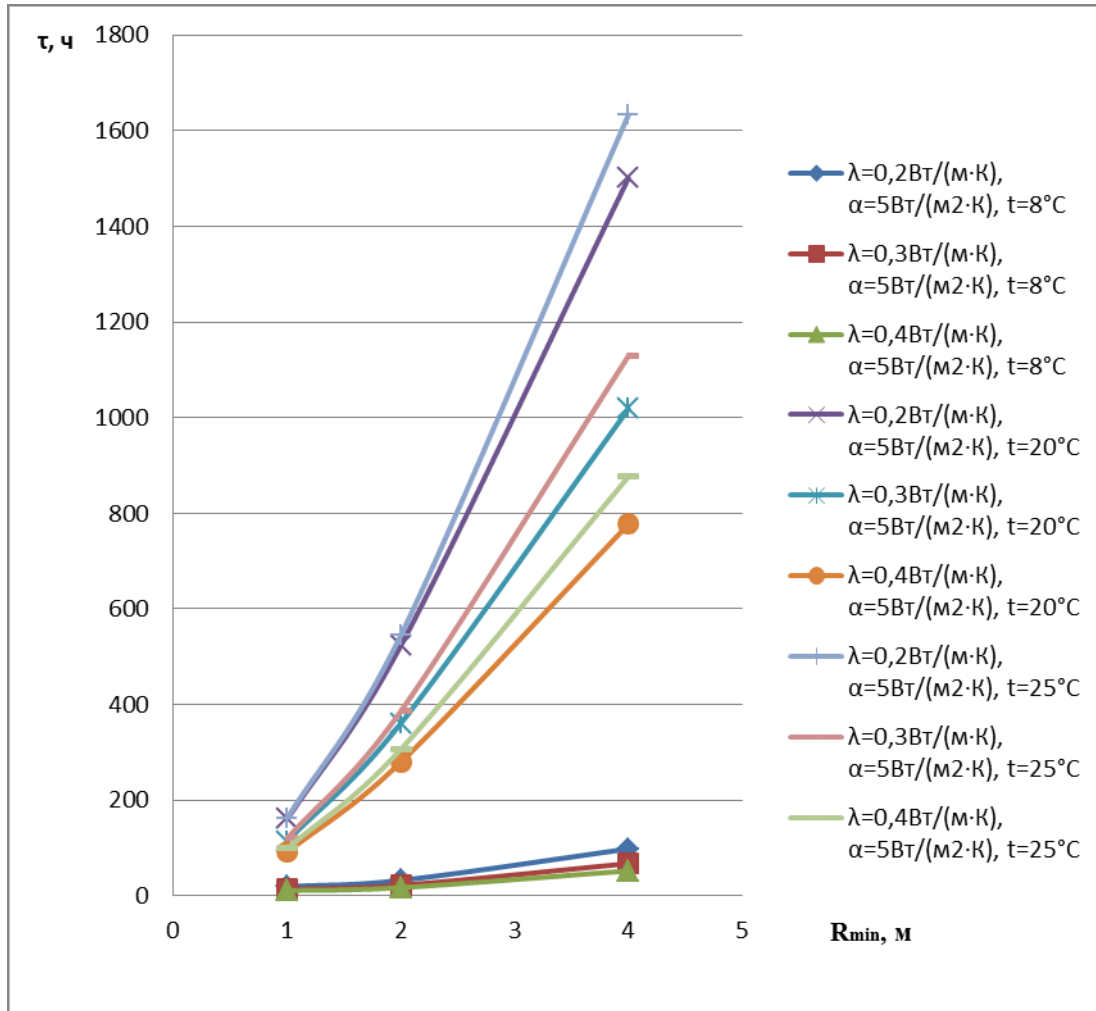


Рис. 1 Влияние начальной температуры продукции на время охлаждения

На рис.2 представлена зависимость времени охлаждения от минимального размера штабеля  $R_1$  (формула 1) при одинаковой их высоте, и начальной температуре продукта  $25^{\circ}\text{C}$ . Можно отметить, что изменение интенсивности теплообмена на поверхности штабеля в 5 раз сказывается на времени процесса незначительно, и то при небольших габаритах.

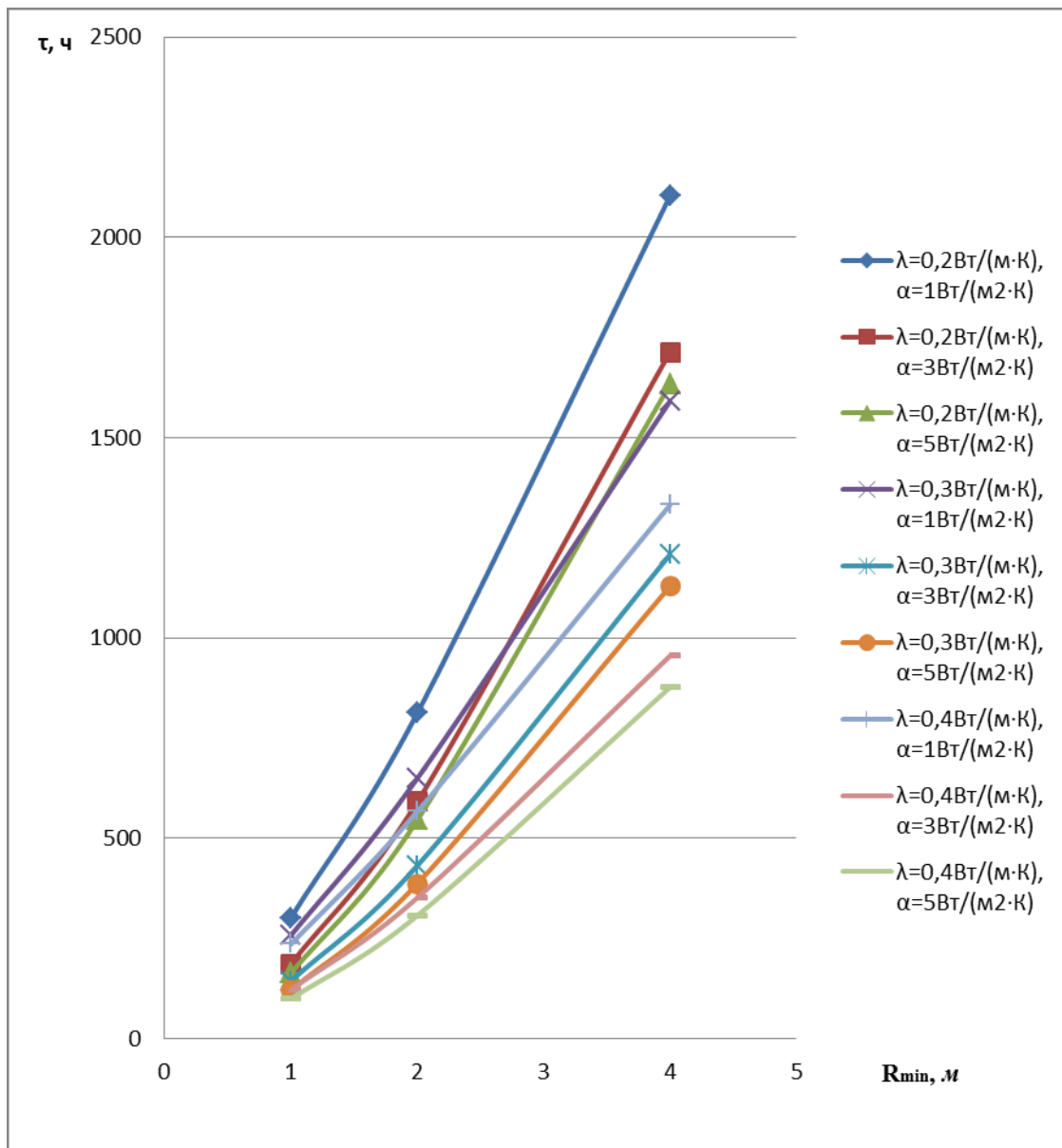


Рис. 2 Влияние габаритов штабеля в плане на время охлаждения при  $t_{нач}=25^{\circ}\text{C}$

На рис.3 отражено влияние эффективной теплопроводности штабеля на время его охлаждения. Следует указать, что теплопроводность собственно продукта составляет  $0,35...0,45 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , эффективная теплопроводность насыпного слоя  $0,25...0,35 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  [5], а эффективная теплопроводность штабеля продукции может доходить до  $0,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .

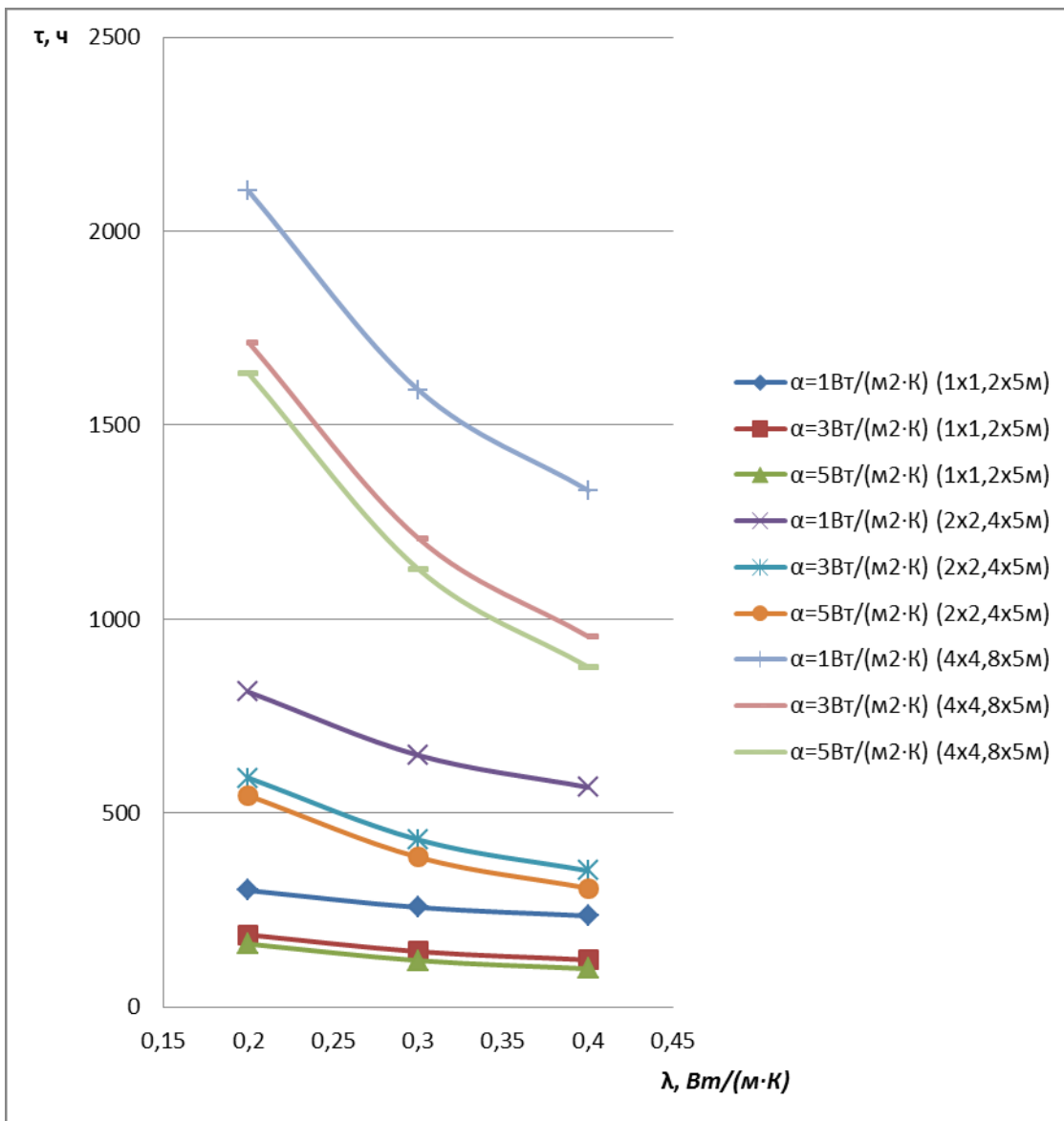


Рис. 3 Влияние эффективной теплопроводности штабеля на время охлаждения

По результатам расчетов можно сделать выводы:

1. Время охлаждения середины штабеля до  $6^{\circ}\text{C}$  при рекомендуемой загрузке достигает месяца.
2. Коэффициенты теплоотдачи с поверхности штабеля выше  $3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  и менее  $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  не оказывают существенного влияния на время полного охлаждения до технологически требуемой температуры.

## Список литературы

1. Рекомендации по проектированию холодильных установок в мясной и молочной промышленности. – М.: ВНИКТИ холодпром, 1987, - 115 с.
2. Рекомендации по проектированию фруктовых распределительных холодильников. – М.: ВНИХИ, 1969, - 40 с.
3. Куприн Д.А., Евреинова В.С., Сергеев А.М. Влияние воздухораспределения на температурно-влажностный режим в камерах хранения растительных продуктов. – Холодильная техника, 1978, №4, с. 37-42.
4. Rostos G.M. Surway of fruit cool stores. Bulletin №282. Australia, 1960.-76p.
5. Бараненко А.В., Куцакова В.Е., Борзенко Е.И., Фролов С.В. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов. – М. Колос, 2004, - 255с.

## Research of the temperature field's stack

Sheremeto U.A.

*Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics*

***To calculate heatflow cooling time stack of production takes 24 hours. Reseach on based non-stationary method shows, that it may de 800 hours.***

***Keywords:*** cooling; non-stationary regime; stack.