

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛОДОВ В ХОЛОДИЛЬНОЙ КАМЕРЕ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОТДАЧИ

Ялпачик В.Ф., к.т.н., докторант, Стручаев Н.И. – к.т.н, доцент
Таврический государственный агротехнологический университет
Тел.(0619) 42-13-06

Аннотация – в статье рассмотрены случаи изменения коэффициента теплоотдачи для горизонтального и вертикального расположения плодов имеющих цилиндрическую, коническую и плоскую форму в зависимости от изменения температуры.

Ключевые слова – коэффициент теплоотдачи, критерий Нуссельта, критерий Грасгофа, горизонтальное и вертикальное расположение плода, температура.

Постановка проблемы и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами. Проблема сохранения сельскохозяйственного сырья в настоящее время еще далека от своего разрешения. Одним из перспективных способов консервирования растительных продуктов является замораживание, технологические режимы и условия которого постоянно совершенствуются.

Теплофизические характеристики продуктов растительного происхождения играют существенную роль при расчете процессов холодильной обработки. Известно, что скорость охлаждения существенно зависит от величины коэффициента теплоотдачи [1, 2].

Целью данной работы явилось исследование влияния способа расположения плодов (горизонтально или вертикально), имеющих цилиндрическую, коническую и плоскую форму на изменение коэффициента теплоотдачи.

Изложение основного материала исследований. Объектами исследований являлись плоды баклажан, перца сладкого, початков кукурузы молочно-восковой спелости и фрагменты кабачков.

Нами рассмотрены случаи изменения коэффициента теплоотдачи α для горизонтального и вертикального расположений плодов имеющих

цилиндрическую форму (початки кукурузы, баклажаны), коническую (перец сладкий) и плоской пластины (кружочки кабачков) в зависимости от изменения температуры.

Коэффициент α для горизонтального расположения плодов, имеющих цилиндрическую форму определяли по формуле [3,4,6]:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \quad (1)$$

где Nu – критерий Нуссельта;

λ – теплопроводность воздуха, Вт/(м·К);

d – диаметр плода, м.

Критерий Нуссельта определяли по зависимости [3,4,6]:

$$Nu = (Gr \cdot Pr)^{0.25} \cdot \left(\frac{Pr_i}{Pr_A} \right)^{0.25}, \quad (2)$$

где Gr - критерий Грасгофа;

$Pr_{п}$, $Pr_{в}$ – критерий Прандтля соответственно у поверхности плода и воздуха.

Критерий Прандтля определяли по полученным нами эмпирическим зависимостям

$$Pr = 2,3 \cdot 10^{-24} \cdot \dot{O}^3 + 10^{-6} \cdot \dot{O}^2 - 0,0007 \cdot T + 0,83, \quad (3)$$

где T – текущее значение температуры в холодильной камере, К⁰.

Критерий Грасгофа [6]:

$$Gr = \frac{\beta_t \cdot g \cdot d^3 \cdot \Delta t}{\nu^2}, \quad (4)$$

где β_t - коэффициент объемного расширения воздуха, определяемый по формуле $\beta_t = \frac{1}{T}, \frac{1}{K^0}$;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

Δt – разность температур плода и воздуха в холодильной камере, °С;

ν – кинематическая вязкость воздуха, м²/с.

Кинематическая вязкость определялась по полученной нами эмпирической зависимости

$$\nu = (-7,7 \cdot 10^{-7} \cdot \dot{O}^3 + 0,00055 \cdot \dot{O}^2 - 0,053 \cdot T + 2,8) : 10^{-6}. \quad (5)$$

Коэффициент α для вертикального цилиндрического плода определяли по формуле (1) выбрав в качестве линейного размера длину плода h .

Критерий Нуссельта определяли по зависимости [3,4,6]:

$$Nu = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr_i}{Pr_A}\right)^{0,25}. \quad (6)$$

Критерий Грасгофа по формуле (4), также выбрав в качестве линейного размера длину плода h :

$$Gr = \frac{\beta_i \cdot g \cdot h^3 \cdot \Delta t}{\nu^2} \quad (7)$$

Проведенные расчеты показали (рис.1), что коэффициент α при горизонтальном хранении плодов цилиндрической формы имеющих диаметр 0,07 м и длину 0,18 м практически в 2 раза больше чем при вертикальном. Следовательно, при замораживании плодов цилиндрической формы их необходимо располагать горизонтально, чем значительно сокращается расход энергии и время замораживания.

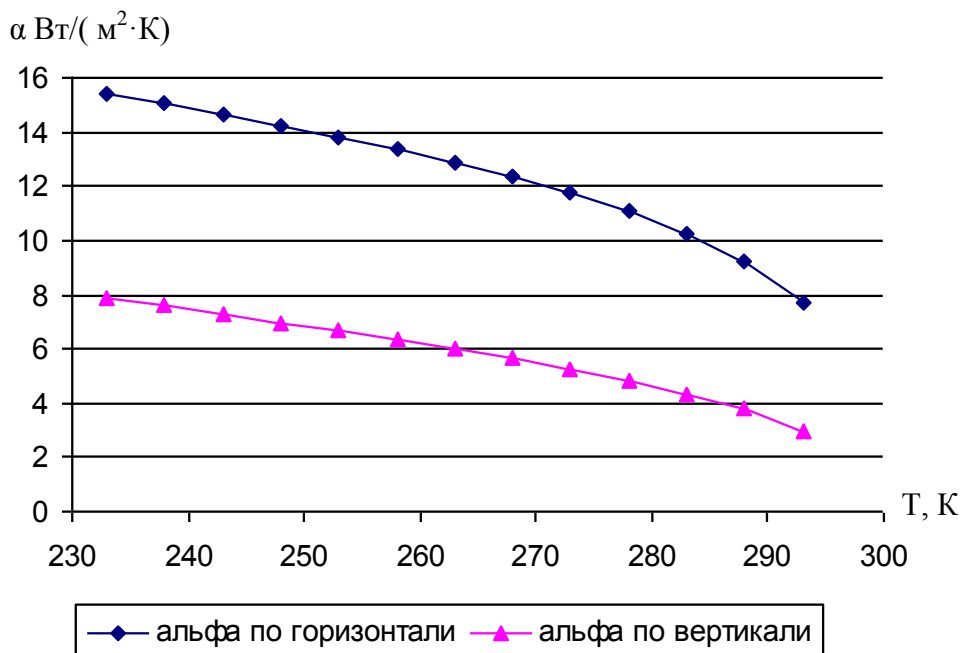


Рис.1 Изменение коэффициента теплоотдачи от температуры для цилиндрических плодов

При определении коэффициента α и критерия Грасгофа для горизонтально расположенной пластины (кружочки кабачков) в формулах (1) и (4), подставляем диаметр пластины.

Критерий Нуссельта определяли по зависимости [4,5]

$$Nu = 0,96 Ra^{\frac{1}{6}}, \quad (7)$$

где Ra - критерий Релея.

$$Ra = Gr \cdot Pr \quad (8)$$

При определении коэффициента α и критерия Грасгофа для вертикально расположенной пластины в формулах (1) и (4), вместо длины плода подставляем толщину.

Критерий Нуссельта определяли по зависимости [4,5]

$$Nu = 0,755(Pr^2 \cdot Gr)^{0,25}, \quad (10)$$

Выполним расчет для пластины размером, толщина 0,02 м, диаметр 0,08 м.

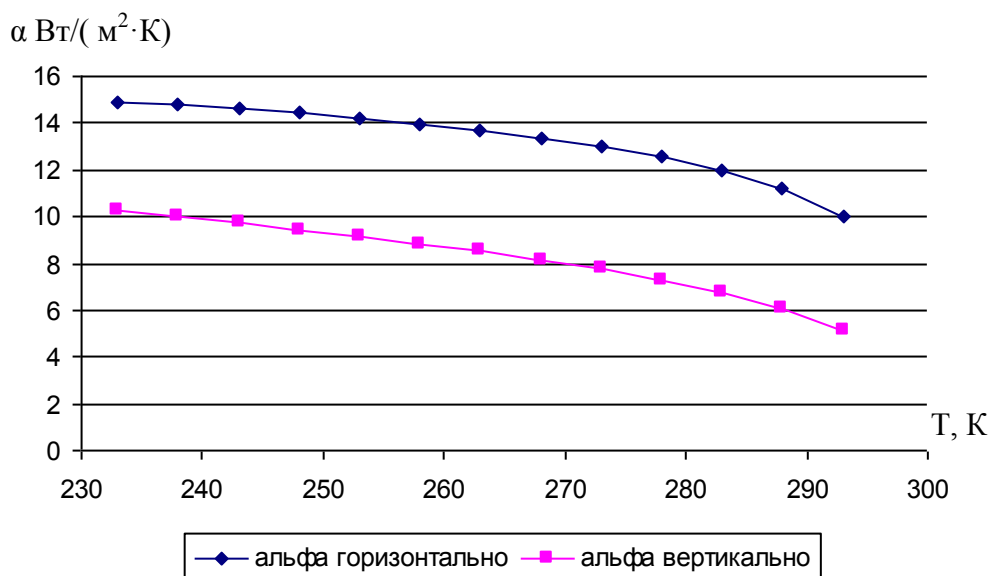


Рис. 2 Изменение коэффициента теплоотдачи от температуры для плодов, имеющих форму пластины.

Проведенные расчеты показали (рис.2), что коэффициент α при горизонтальном хранении плодов в 1,5-2 раза больше чем при вертикальном.

Для плодов, имеющих конусную форму и расположенных горизонтально критерий Нуссельта определяли по зависимости: [3,5,6]

$$Nu = 0,615 Re^{0,486}, \quad (11)$$

где Re - число Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot d_{cp}}{\nu}, \quad (12)$$

где v - скорость движения воздуха, равна 0,6 м/с:

d_{cp} - средний диаметр конуса, равен 0,05 м.

Для вертикально расположенного конуса критерий Нуссельта определяли по зависимости [3,5,6]

$$Nu = 0,664 \cdot Ra^{\frac{1}{2}} \cdot Gr^{\frac{1}{3}}, \quad (13)$$

$$Re = \frac{v \cdot h}{\nu}, \quad (14)$$

где h - высота, равна 0,08 м.

α Вт/(м²·К)

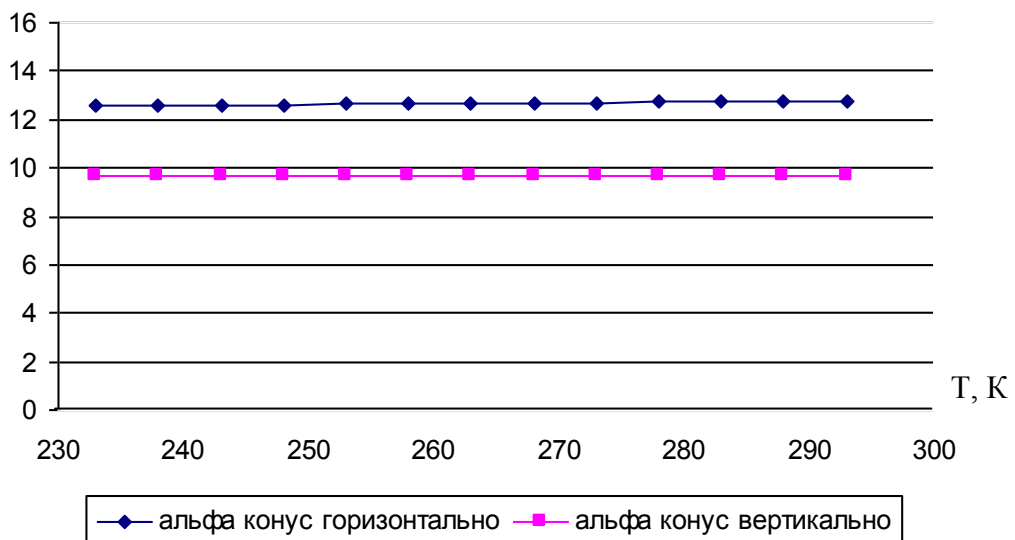


Рис.3 Изменение коэффициента теплоотдачи от температуры для плодов, имеющих коническую форму.

Приведенные расчеты показали (рис.3), что коэффициент теплоотдачи для плодов, имеющих форму конуса в 1,2-1,3 раза больше при горизонтальном расположении, чем при вертикальном

Следовательно при замораживании плодов имеющих цилиндрическую, коническую или плоскую форму их необходимо располагать горизонтально,

что позволит значительно сократить расход электроэнергии и время замораживания.

Литература

1. Буянов О.Н. Совершенствование процесса быстрого замораживания готовых блюд и комбинированных полуфабрикатов.// Автореф. дисс. канд. техн. наук, 1985. – с.17.
2. Венгер К.П., Выгодин В.А. Машинная и безмашинная системы хладоснабжения для быстрого замораживания пищевых продуктов. – Рязань.: “Узоречье”, 1999. – 143 с.
3. Кэйс В.М. Конвективный тепло и массообмен. М., «Энергия», 1972.448с.
4. Антуфьев В.М. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева. М., «Энергия», 1966.184с.
5. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. М., Энергоатомиздат, 1990. 367с.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А, Сукомел А.С. Теплопередача. М., Энергоиздат, 1981. 485с.

INFLUENCING OF FORM AND LOCATION OF GARDEN-STUFFS IN COOLROOM ON COEFFICIENT OF HEAT EMISSION

Yalpachik V.F., Struchaev N.I.

Summary

In the article the cases of change of coefficient of heat emission are considered for the horizontal and vertical location of garden-stuffs of having a, conical and flat cylindricity depending on the change of temperature