

6. Ферару, Г. С. Конкурентоспособность компаний и влияющие на нее факторы / Г. С. Ферару, Д. Г. Плаксина // Современные технологии управления. – 2012. – № 12 (24). – URL: <https://sovman.ru/article/2415/> (дата обращения: 24.09.2023).

7. Философова, Т. Г. Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность : учеб. пособие / Т. Г. Философова, В. А. Быков; под ред. Т. Г. Философовой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 295 с.

8. Юданов, А. Ю. Конкуренция: теория и практика: учеб. пособие / А. Ю. Юданов. – М.: Тандем, 2014. – 457 с.

УДК 621.427

АККУМУЛЯЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Яхшибоев Ш. К., канд. техн. наук, доцент

Садыков Ж. Д., ст. преподаватель

Хидиров М. М., преподаватель

Каршинский инженерно-экономический институт,

Карши, Республика Узбекистан

Ключевые слова: аккумуляция, естественный холод, пассивная система, сельскохозяйственная продукция.

Аннотация. В работе рассматривается вопрос охлаждения грунтового массива с пассивными системами аккумуляции естественного холода для хранения сельскохозяйственной продукции.

ACCUMULATION OF NATURAL COLD FOR STORING AGRICULTURAL PRODUCTS

Yakhshiboev Sh. K., Ph.D., associate professor

Sadykov Zh. D., senior lecturer

Khidirov M. M., lecturer

Karshi Engineering and Economic Institute,

Karshi, Republic of Uzbekistan

Keywords: accumulation, natural cold, passive system, agricultural products.

Summary. The paper deals with the issue of cooling a soil massif with passive systems for accumulating natural cold for storing agricultural products.

Введение. Для длительного хранения сельскохозяйственной продукции в хранилищах обычного типа необходимо поддержание

определенного температурно-влажностного режима. Анализ требований к температурному режиму хранения сельскохозяйственной продукции показывает, что температуру в хранилищах следует обеспечивать в пределах от -1 до $+4$ °С.

Охлаждение естественным холодом будет происходить только в те периоды, когда температура наружного воздуха опускается ниже -2 °С. При этом здесь следует рассматривать влияние теплопроводности грунтового массива в период его активного охлаждения. Особенность этой задачи заключается в том, что промежутки времени между отключениями системы аккумуляции холода сравнительно небольшие [1, 2].

Основная часть. Основные преимущества системы охлаждения, использующей естественный холод, перед традиционными холодильными системами заключаются [1–4]:

- в экономии электроэнергии, воды, расходных материалов и снижении капитальных и эксплуатационных затрат;

- в обеспечении высокой надежности охлаждающих систем вследствие наличия запаса холода в аккумуляторах, простоте обслуживания и ремонта;

- в низкой себестоимости холода за счет уменьшения капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Задачу можно сформулировать следующим образом. Пусть в холодные периоды года с помощью вентиляционных установок в сооружение подается холодный воздух с температурой $t_n \leq 4$ °С. При $t_n > 4$ °С вентиляционные установки отключаются. Начальная температура грунтового массива $t_{гр}$. Будем считать, что имеет место интенсивный воздухообмен и при работе приточно-вытяжной вентиляции температура воздуха в сооружении равна температуре наружного воздуха $t_b = t_n$.

При условии $t_b < t_{гр}$ окружающий сооружение грунтовой массив будет охлаждаться, т. е. происходит аккумуляция холода. Если пренебречь влиянием на температурное поле грунтового массива углов сооружения, то данную задачу можно рассматривать как одномерную с неограниченным по оси x грунтовым массивом. Температура грунта в данной задаче будет функцией двух переменных координат x и времени τ т. е. $t(x, \tau)$ и должна удовлетворять дифференциальному уравнению вида [5, 6]

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где a – температуропроводность грунтового массива.

На поверхности $x = 0$ осуществляется теплообмен

$$-\lambda_{\text{гр}} \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} = \alpha_{\text{в}} [t(0, \tau) - t_{\text{в}}], \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{гр}}$ – коэффициент теплопроводности грунта;

$\alpha_{\text{в}}$ – внутренний коэффициент теплообмена.

Начальные условия при

$$t(x, 0) = t_{\text{гр}}. \quad (3)$$

Решением системы (1–3) для безразмерной температуры

$$\theta(x, \tau) = \frac{t(x, \tau) - t_{\text{в}}}{t_{\text{гр}} - t_{\text{в}}}$$

служит функция [3]

$$\theta(x, \tau) = \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right) + \exp(hx + h^2 a\tau) \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}} - h\sqrt{a\tau}\right), \quad (4)$$

где $\operatorname{erfc} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-\xi^2} d\xi$ – функция ошибок;

$$h = \frac{\alpha_{\text{в}}}{\lambda_{\text{гр}}} - \text{относительный коэффициент теплоотдачи.}$$

Значение внутреннего коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{в}}$ можно представить, как сумму конвективной и лучистой составляющих. Значение конвективной составляющей $\alpha_{\text{к}}$ определяется в зависимости от режима движения воздуха. Если подача воздуха осуществляется в одном торце сооружения, а вытяжка из другого его торца, то $\alpha_{\text{к}}$ можно определить из критериального уравнения вида [4]

$$Nu = 0,0195 Re^{0,8}, \quad (5)$$

где $Nu = \frac{\alpha_{\text{к}} d}{\lambda_{\text{в}}}$ – критерий Нуссельта;

$$Re = \frac{wd}{\nu} - \text{критерий Рейнольдса;}$$

λ_v – теплопроводность воздуха;
 w – скорость движения воздуха;
 ν – кинематическая вязкость воздуха;
 d – характерный линейный размер.

За характерный линейный размер следует принимать эквивалентный диаметр по площади сечения сооружения. Что касается лучистой составляющей внутреннего коэффициента теплообмена, то, как показали исследования, ее значение составляет $4 - 4,4 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$.

Таким образом, при работе приточно-вытяжной системы вентиляции осуществляется охлаждение грунтового массива и распределение температурной функции описывается решением вида (4). При этом температура поверхности определяется из решения (4) путем подстановки $x = 0$.

$$\theta(0, \tau) = \exp(h^2 a \tau) \operatorname{erfc}(h \sqrt{a \tau}). \quad (6)$$

Следовательно, вторым членом в решении (4) при вычислениях можно пренебречь.

При использовании вентиляционных установок для сквозного проветривания хранилища приточный наружный воздух может нагреваться в вентиляторах на 1,5–2 °С. Это значит, что система вентиляции может работать на сквозное проветривание при температурах наружного воздуха от –3 до +2 °С, кроме того, на аккумулируемый холод оказывают влияние теплопритоки, поступающие через ограждающие конструкции хранилища.

В теплый период года общий энергетический баланс хранилищ складывается из количества теплоты, поступающей во внутренний объем сооружения через покрытие $Q_{\text{пок}}$, от работающего оборудования $Q_{\text{об}}$ и за счет вентиляции теплым наружным воздухом Q_v . Таким образом, запасы холода Q_x , аккумулированные в окружающем грунтовым массиве, должны компенсировать все эти теплопритоки.

$$Q_x = Q_{\text{пок}} + Q_{\text{об}} + Q_v. \quad (7)$$

Количество холода, аккумулируемого грунтовым массивом в течение определенного промежутка времени, например, в течение времени наработки системы вентиляции на сквозное проветривание τ , определяется формулой

$$Q_s = Q_{S_0} - \frac{2\sqrt{\lambda\gamma c}}{\sqrt{\pi}}(t_{\text{гр}} - t_{\text{в}})\sqrt{\tau}. \quad (8)$$

Количество теплоты, отдаваемой всей внутренней поверхностью ограждающих конструкций, будет равно

$$\Delta Q = \frac{2\sqrt{\lambda\gamma c}}{\sqrt{\pi}}(t_{\text{гр}} - t_{\text{в}})S\sqrt{\tau}, \quad (9)$$

где $\sqrt{\lambda\gamma c}$ — коэффициент тепловой активности тела или коэффициент аккумуляции теплоты (холода);

$t_{\text{гр}}$ — температура грунта;

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха;

Q_{S_0} — количество холода, аккумулированного до начала эксперимента;

τ — время работы систем вентиляции;

S — площадь внутренней поверхности стен и пола хранилища.

Заключение. Исходя из анализа выполненных расчетов по аккумуляции холода грунтовым массивом, окружающим хранилище, при работе систем вентиляции на сквозное проветривание можно сделать вывод:

- для Узбекистана при небольшой продолжительности стояния температур наружного воздуха ниже нуля градусов запасов аккумулированного холода может оказаться недостаточно;

- зона грунтового массива, активно участвующего в теплообмене, сравнительно велика и по глубине достигает 2–2,5 м;

- запасы холода не могут активно использоваться в теплые периоды года для определенных параметров воздушной среды в одном или нескольких помещениях хранилища. Систему обеспечения холодом в хранилищах со сквозным проветриванием следует отнести к так называемым «пассивным» системам.

В настоящее время интерес к технологиям получения холода возобновляется в связи с необходимостью повышения требований по энергосбережению, энергоэффективности и освоению возобновляемых источников энергии. Природный холод отличается экологической чистотой, возобновляемостью, и его получение не требует значительных затрат энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волконович, Л. Энергосберегающие, экологические системы естественного холода для хранения пищевых продуктов: монография / Л. Волконович, В. Сырги. – Кишинев, 2002. – 334 с.
2. Узаков, Г. Н. Математическое моделирование изменения температуры воздуха по вентиляционному каналу в подземных плодовоовощехранилищах / Г. Н. Узаков, Ш. К. Яхшибоев, А. А. Вардияшвили Мансуров, Д. Н. Мамедова // ФерПИ, 2020. – Т. 24. – № 1. – С. 65–69.
3. Коршунов, Б. П. Энергосберегающие технологии охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции / Б. П. Коршунов, А. Б. Коршунов // Вестник ВИЭСХ. – № 1(30). – 2018. – С. 19–23.
4. Попель, О. С. Анализ эффективности практического использования систем сезонного аккумулирования природного холода / О. С. Попель, С. Е. Фрид, А. А. Тарасенко // Вестник Дагестанского центра. – 2013. – № 49. – С. 19–26.