

3-7-2020

MATHEMATICAL MODELING OF CHANGES IN THE AIR TEMPERATURE UNDER THE VENTILATION CHANNEL IN UNDERGROUND FERTILIZER STORAGE

G N. Uzakov

Karshi Engineering Economics Institute

Sh K. Yakhshiboev

Karshi Engineering Economics Institute

A A. Vardiyashvili

Karshi State University

A A. Mansurov

Karshi Engineering Economics Institute

D N. Mamedova

Karshi Engineering Economics Institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Uzakov, G N.; Yakhshiboev, Sh K.; Vardiyashvili, A A.; Mansurov, A A.; and Mamedova, D N. (2020) "MATHEMATICAL MODELING OF CHANGES IN THE AIR TEMPERATURE UNDER THE VENTILATION CHANNEL IN UNDERGROUND FERTILIZER STORAGE," *Scientific-technical journal*: Vol. 3 : Iss. 1 , Article 4. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol3/iss1/4>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND
INFORMATION TECHNOLOGIES**

УДК 621.427

**MATHEMATICAL MODELING OF CHANGES IN THE AIR TEMPERATURE
UNDER THE VENTILATION CHANNEL IN UNDERGROUND FERTILIZER STORAGE**¹Uzakov G.N., ¹Yakhshiboev Sh.K., ²Vardiyashvili A.A., ¹Mansurov A.A., ¹Mamedova D.N.¹Karshi Engineering Economics Institute,
²Karshi State University**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОЗДУХА ПО ВЕНТИЛЯЦИОННОМУ КАНАЛУ В ПОДЗЕМНЫХ
ПЛОДООВОЩЕХРАНИЛИЩАХ**¹Узаков Г.Н., ¹Яхшибоев Ш.К., ²Вардияшвили А.А., ¹Мансуров А.А., ¹Мамедова Д.Н.¹Каршинский инженерно-экономический институт,
²Каршинский государственный университет**ЕР ОСТИ МЕВА-САБЗАВОТ ОМБОРЛАРИНИНГ ВЕНТИЛЯЦИЯ КАНАЛИДА
ҲАВО ҲАРОРАТИНИ ЎЗГАРИШИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ**¹Узаков Г.Н., ¹Яхшибоев Ш.К., ²Вардияшвили А.А., ¹Мансуров А.А., ¹Мамедова Д.Н.¹Карши муҳандислик-иқтисодий институти,
²Карши давлат университети

Abstract. The article deals with the issues of mathematical modeling of heat exchange processes and temperature changes during air movement through the ventilation channel in underground fruit and vegetable storage facilities.

Keywords: mathematical modeling, air temperature, non-stationary heat exchange, ventilation duct, underground vegetable storehouse.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования теплообменных процессов и изменения температуры при движении воздуха по вентиляционному каналу в подземных плод овощехранилищах.

Ключевые слова: Математическое моделирование, температура воздуха, нестационарный теплообмен, вентиляционный канал, подземное овощехранилище.

Аннотация. Мақолада ер ости мева-сабзавот омбордаги вентиляция каналда ҳавонинг ҳаракатланишида иссиқлик алмашилини жараёнларининг математик моделлаштириши ва температура ўзгариши масаласи кўрилган.

Таянч сўзлар: Математик моделлаштириш, ҳаво температураси, нобарқарор иссиқлик алмашилиш, вентиляцияланувчи канал, ер ости мева-сабзавот омбори.

Введение. Обеспечение населения необходимым количеством сельскохозяйственной продукции является одной из основных задач государства. В себестоимости производства и хранения сельхозпродукции значительная доля затрат приходится на энергетические затраты. Энергоемкость производства и хранения продукции позволяет определить перспективные потребности сельского хозяйства в топливе и электроэнергии. Согласно [1], энергоемкость – общая величина расхода всех видов энергии и топлива на производство единицы продукции в соответствии с действующими технологиями в сельском хозяйстве.

В Узбекистане ежегодно выращивается огромное количество сельскохозяйственной продукции. Из-за нехватки хранилищ значительная часть этих продуктов портится и становится непригодным к употреблению. Поэтому в республиках с жарким климатом для

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

хранения и переработки сельскохозяйственной продукции круглый год требуется достаточной электрической энергии для производства искусственного холода. Проведенный анализ показывает что, в теоретическом и экспериментальном плане достигнуты очень хорошие результаты по разработке новых способов хранения сельскохозяйственной продукции. На основании этих разработок построены различные камеры хранения, морозильные камеры в которых хранятся огромное количество продукции сельского хозяйства. Это дает возможность бесперебойного снабжения населения продовольствием круглогодично. Несмотря на достигнутые результаты в этой области, условия хранения требуют желать лучшего, особенно в сфере хранения овощей, фруктов, ягод и других.

В Узбекистане в связи с жарким климатом, температура воздуха весной и летом колеблется от 25⁰ С до 45⁰ С и выше. Достижения параметров воздуха для качественного хранения сельскохозяйственной продукции, даже при кратковременном хранении требует колоссальных затрат энергии. В итоге все расходы отражаются на стоимости сохраняемой продукции, и она повышается в несколько раз, а это нецелесообразно.

Одним из важных препятствий на пути развития отрасли сельского хозяйства является проблема сохранения сельхозпродукции. Она напрямую влияет на качество и себестоимость продукции. Одним из способов решения указанных проблем является создание хранилища сельскохозяйственной продукции непосредственно в местах ее производства.

Основные преимущества систем охлаждения использующей естественный холод перед традиционными холодильными системами, заключается [2]:

- 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;
- в улучшении экологической обстановки за счет уменьшения объемов использования фреона и фреоновых масел.

Задачей изучения процесса нестационарного теплообмена при движении воздуха в прямом цилиндрическом подземном канале, занимались ряд ученые мира. Ими были получены определенные решения данной задачи.

Теоретическое исследование. Анализ имеющихся решений изменения температуры приточного воздуха в подземных вентиляционных каналах показал, что для случая поступления в одиночный канал воздуха с переменной температурой уже имеются аналитические решения. Они получены К.Ван-Хеерденом [4] и Е.В.Стефановым [5] при условии гармонических колебаний температуры входящего в канал воздуха. Е.В.Стефановым было доказано, [5], что температура воздуха на выходе из канала без искажений воспроизводит изменения температуры воздуха на входе, но с некоторым запаздыванием во времени и изменением абсолютного значения. Поэтому оказалось целесообразным рассмотреть нестационарный теплообмен в одиночных подземных каналах при переменной температуре воздуха на входе с использованием теории систем автоматического регулирования, что позволило выявить параметры приточных подземных вентиляционных каналов как звена системы автоматического регулирования и получить решения в виде уравнения амплитудно - фазовой характеристики звена

$$W_{(i\omega)} = e^{\frac{-h \cdot x}{g}} \left[M_{(\omega)} + iN_{(\omega)} \right] \quad (1)$$

где: $M_{(\omega)}=f(\omega)$ - является вещественной частотной характеристикой $N_{(\omega)}=f(\omega)$ - мнимая частотная характеристика.

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND
INFORMATION TECHNOLOGIES**

Анализ решения (1), полученного на базе теории автоматического регулирования показывает, что его можно привести к виду, полученному Е.В.Стефановым. Для этого необходимо воспользоваться рекуррентными соотношениями для функций Томсона и в $M(\omega)$ и $N(\omega)$ перейти к определяющим процесс теплообмена критериям Био (Bi) и Предводителя (Pd), а передаточную функцию $W(i\omega)$ рассматривать как отношение температуры воздуха на выходе из канала $t(x, \tau)$ к температуре воздуха на входе в канал $t(o, \tau)$. Тогда общее решение, характеризующее степень изменения температуры воздуха на выходе из подземного канала при $t(o, \tau) = A_i \cos \omega \tau$ будет иметь вид:

$$\frac{t(x, \tau)}{t(o, \tau)} = e^{\frac{-h \cdot x}{v} (M + iN)} \quad (2)$$

Так как сдвиг колебаний (iN) температуры приточного воздуха, движущегося в подземном вентиляционном канале можно не учитывать [3], то степень изменения температуры воздуха на выходе из подземного канала выразится зависимостью

$$\frac{t(x, \tau)}{t(o, \tau)} = e^{\frac{-h \cdot x}{g} M} \quad \text{или} \quad \frac{t_{x, \tau - v_{zp}}}{t_{o, \tau - v_{zp}}} = e^{\frac{-h \cdot x}{g} \cdot M} \quad (3)$$

где: M , является функцией критериев $\beta = \sqrt{Pd}$ и Bi , учитывает процесс распространения температур в окружающем канал массиве;

$$h = \frac{\alpha \cdot S \cdot g}{Q_{yd}}$$

x - расстояние от начального до рассматриваемого сечения канала, м; g - скорость движения воздуха в канале, м/с; α - коэффициент теплообмена движущегося воздуха и окружающего канал массива грунта, Вт/м²·°С;

Для процесса охлаждения движущегося в подземном канале воздуха, т.е. использование аккумулированного холода весной и летом

$$\alpha = 3,55 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \frac{Вт}{м^2 \cdot °С}, \quad \text{или} \quad \alpha = 3,05 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot °С},$$

Для процесса нагревания движущегося в подземном канале воздуха, т.е. аккумуляции холода зимой

$$\alpha = 4,16 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0,054} \frac{Вт}{м^2 \cdot °С},$$

или

$$\alpha = 3,58 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0,054} \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot °С};$$

Примечание: при скорости движения воздуха $g \geq 10$ м/с разность эффективностей процессов охлаждения и нагревания воздуха становится не более 0,02 - 0,03, чему соответствует незначительное (не более 0,5°С) изменение температуры воздуха, чем можно пренебречь и значение α для охлаждения и нагревания воздуха вычислять по одной зависимости (5). S - периметр воздуховода, м; Q_{yd} - удельное количество тепло, переносимое воздухом через поперечное сечение канала в единицу времени,

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND
INFORMATION TECHNOLOGIES**

$$(Q_{y0} = C \cdot \rho \cdot g \cdot F)$$

t_{ep} – температура окружающего канал грунта, °С;

Для построения номограммы по аналитическому выражению (3) приведем показатель экспоненциальной функции к окончательному виду

$$-\frac{h \cdot x}{g} \cdot M = -0,00377 \cdot M \cdot \frac{\alpha}{g} \cdot \frac{x}{d} \quad (4)$$

и определим пределы изменения входящих величин.

Исходя из общей оценки всех возможных случаев работы приточных подземных одиночных воздухопроводов, находящихся в неограниченном массиве,

можно принять следующие пределы величин β , Bi , $\frac{\alpha}{g}$ и $\frac{x}{d}$

$$\beta = \sqrt{Pd} = \sqrt{\frac{\omega}{a} \cdot r_0} = \sqrt{\frac{2\pi}{T \cdot a} \cdot r_0} = 0,05 \div 4,0$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot r_0}{\lambda} = 0,5 \div 40, \quad \frac{x}{d} = 25 \div 4000, \quad \frac{\alpha}{g} = 0,01 \div 5$$

где: T – период колебаний, ч; a – коэффициент температуропроводности окружающего канал массива, м²/ч; r_0 – радиус канала, м; d – диаметр канала, м; λ – коэффициент теплопроводности окружающего канал грунта, Вт/м⁰С.

С целью выявления зависимости $M = f(\beta)$ и $M = f(Bi)$ были проделаны численные расчеты величины M при фиксированных $Bi = (0,5 \div 40)$ и $\beta = (0,05 \div 4,0)$. Результаты показали, что эффективность процесса изменения температуры движущегося в канале воздуха во всех случаях будет определяться величиной температурного напора между обменивающимися теплом средами, временем теплового взаимодействия приточного

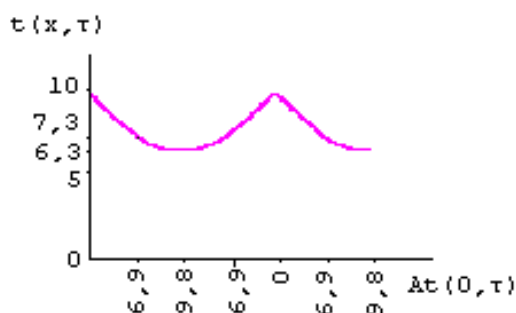


Рис.1 Зависимость $t(x, \tau) = f(A_{t(0, \tau)})$. при нагреве воздуха.

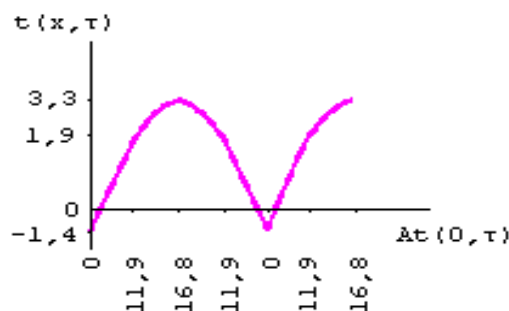


Рис.2 Зависимость $t(x, \tau) = f(A_{t(0, \tau)})$. при охлаждении воздуха.

воздуха с грунтом и величиной поверхности теплообмена.

Отношение амплитуд колебаний температур воздуха представлено следующей зависимостью:

$$A_{t_x} / A_{t_0} = \exp(-h/gkx) \quad (5)$$

Результаты и обсуждение. На основе выше приведенных математических уравнений была разработана компьютерная программа и в результате были получены графики. Графики которые показаны на рисунках дают наглядную картинку изменения температуры приточного воздуха при движении в вентиляционном канале по его длине.

Заключение. Исходя из выше изложенного, можно сделать следующие выводы: 1. Рассмотренный вариант решения изменения температуры приточного воздуха при движении в подземном канале при $t_{0, \tau} = A_t \cdot \cos \omega \tau$ как звена системы автоматического

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND
INFORMATION TECHNOLOGIES**

регулируемая согласуется и приводится к решению, полученному в [5], а само решение приведено к виду (3,4), удобному для построения номограммы;

2. Графики зависимостей $A_{t(x,\tau)} = f(e^{-nx})$, $t(x,\tau) = f(A_{t(0,\tau)})$ компьютерных моделей позволяет научно анализировать исследуемые физические процессы нагрева и охлаждения воздуха.

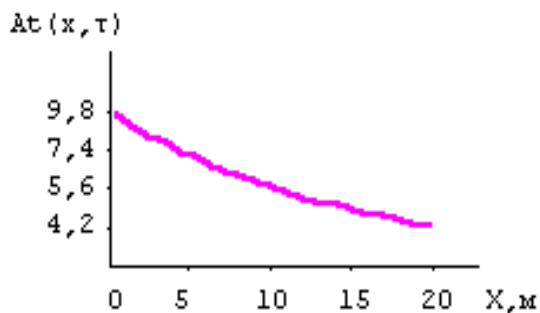


Рис.3 Зависимость $A_{t(x,\tau)} = f(e^{-nx})$ при нагреве воздуха.

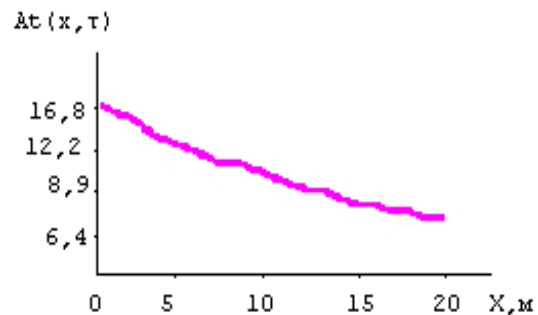


Рис.4 Зависимость $A_{t(x,\tau)} = f(e^{-nx})$ при охлаждении воздуха.

3. Оптимизировать значения расчетных температур грунтового массива и тем самым добиться снижения установочной мощности оборудования систем холодоснабжения.

4. Выше приведенную математическую модель можно усовершенствовать с применением новых научных разработок и это дает еще более реальную возможность для представления изменения температуры воздуха по вентиляционному каналу.

References:

- [1]. Markelov Ye.K., Tixomirov A.V., Tuzova R.V. i dr. Prakticheskaya metodika opredeleniya energozatrat i energoemkosti proizvodstva produktsii, a takje potrebnostey v energoresursax. – M.: FGNU «Rosinformagrotex», 2001.- 56 s.
- [2]. Volkonovich L, Sirgi V. Energoberegayushie, ekologicheskie sistemi yestestvennogo holoda dlya xraneniya pishhevix produktov. Monografiya. – Kishinev, 2002, 334 s.
- [3]. SNiP 2.04.05-91* «Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozduxa» M, 1996 g.
- [4]. K.Van-Xeerden «Zadacha o nestatsionarnom teplovom potoke v svyazi s vozдушnim oxlajdeniem ugolnix plastov». Sbornik «Voprosi teploobmena». Gosenergoizdat, 1959 g.
- [5]. Stefanov Ye.V. «Rezultati issledovaniya neizotermicheskogo techeniya nesjimaemoy jidkosti v podzemnix kanalax i trubax». Injenerno- fizicheskiy jurnal t.XI №4-1966 g.