

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

1 (305)

**ҚАҢТАР – АҚПАҢ 2016 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2016 г.
JANUARY – FEBRUARY 2016**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчеков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 305 (2016), 200 – 205

THE HEAT FLUX INTO THE DRYER IN INDUCTION HEATING

N. T. Isebergenov, A. N. Dadaeva, A. Zh. Sagyndikova, S. A. Useмбаева

Kazakh national research technical university the name of K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sagyndikova_aigul@mail.ru

Key words: heat exchange properties of the grain, the specific heat, thermal conductivity, thermal heat flux, the thickness of the heating surfaces, induction heating, high-frequency currents.

Abstract. In the apparatus of the contact type grain layer in contact with the heating surface. The amount of heat required to heat the grain and remove moisture therefrom in the contact mode of heat transfer depends on the thermal conductivity of the material of the heating surface, the temperature difference of the heating surface of the processed grain (temperature gradient) and the exposure of heat. Heat transfer by conduction occurs through solid bodies within the energy transfer in the form of heat from one particle to another unit. The heat is transferred from the area with a high temperature to lower. In the steady state the heat flux between two parallel surfaces of the body depends on the temperature difference, the wall thickness and thermal constants.

УДК 631.362.6

РАСПЕРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В ЗЕРНОСУШИЛКЕ ПРИ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ

Н. Т. Исебергенов, А. Н. Дадаева, А. Ж. Сагындикова, С. А. Усембаева

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан

Ключевые слова: теплообменные свойства зерна, теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность тепловой поток, толщина греющей поверхности, индукционный нагрев, токи высокой частоты.

Аннотация. В установке контактного типа зерновой слой соприкасается с греющей поверхностью. Количество теплоты, необходимое для нагрева зерна и удаления из него влаги при контактном способе передачи теплоты, зависит от температуропроводности материала греющей поверхности, разности температур греющей поверхности обрабатываемого зерна (температурного градиента) и экспозиция теплового воздействия. Теплопередача посредством теплопроводности происходит внутри твердых тел благодаря переносу энергии в форме теплоты от одной элементарной частицы к другой. Теплота переносится из области с высокой температурой в область с более низкой. В установившемся режиме плотность теплового потока между двумя параллельными поверхностями тела зависит от температурного напора, толщины стенки и теплофизической константы.

В сельскохозяйственном производстве, на элеваторах и хлебоприемных предприятиях для сушки зерна применяются установки различной технологической конструкции и различного принципа действия. При разработке технологических конструкции зерносушилок на каждом этапе основное внимание уделяется экономии тепловой энергии, составляющей 90% всех энергетических затрат [1].

Крестьянские и фермерские хозяйства, в отличие от крупных товаропроизводителей, для сушки зерна преимущественно применяют тихоходные установки барабанного типа, которые реализуют индукционный способ сушки зерна.

В связи с этим, разработка технических решений, направленных на интенсификацию и энергосбережение технологического процесса сушки зерна, является актуальной научно-технической задачей отрасли агропромышленного производства в Республике Казахстан.

В настоящее время доказана возможность эффективного применения электрического нагрева для сушки зерна. Были сконструированы, испытаны и даже применены на практике высокочастотные зерносушилки [XX]. Зерно, подвергаемое сушке в таких установках, соответствуют всем технологическим требованиям, а в ряде случаев превосходило по качеству зерно, просушенное традиционным, конвективным способом. Экономические изменения в нашей стране выявили спрос на миниатюризацию установок, были созданы мини зерносушилки, обладающие относительно невысокой потребляемой мощностью, высокоэкономичные, простые в употреблении и обслуживании, а главное – достаточно дешевые.

Однако при создании мини зерносушилок ситуация меняется. При небольшой производительности сушилки, особенно в случае, когда зерно расположено в установке в один слой, несколько меняется характер протекания процесса удаления влаги. Так как тепловому воздействию подвергается небольшой объем зерна, то появляются более широкие возможности для создания градиента влажности, который достаточен для удаления влаги из зернового слоя небольшой толщины. Поэтому эффективность процесса сушки в этом случае можно обеспечить при оптимизации соответствующей конструктивно-технологической схемы сушилки.

Ограниченное распространение контактного способа передачи теплоты связано с тем, что на протяжении всей истории развития средств механизации сушки зерна требовалось создавать установки большой производительности, применение в которых данного способа не обеспечивало требуемых экономических показателей. Однако накопленный опыт показывает, что создание мини сушилок возможно на основе применения контактного способа передачи теплоты зерну от электрического нагревательного устройства [2].

Теплопередача посредством теплопроводности происходит внутри твердых тел благодаря переносу энергии в форме теплоты от одной элементарной частицы к другой. Теплота переносится из области с высокой температурой в область с более низкой. В установившемся режиме плотность теплового потока между двумя параллельными поверхностями тела зависит от температурного напора, толщины стенки и теплофизической константы – теплопроводности λ [2]:

$$q = \lambda(t_1 - t_2)/b, \quad (1.1)$$

где q – плотность теплового потока [ккал/(м²·ч)]; λ – теплопроводность [ккал/(м²·ч·°C)]; t_1, t_2 – температура на первой и второй поверхностях [°C]; b – толщина греющей поверхности [м].

В нашем случае, ограниченного плоскими поверхностями, температура между ними при установившемся тепловом режиме падает по линейному закону. Для тел сложной структуры процесс в слое бесконечно малой толщины описывается уравнением:

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{ds}, \quad (1.2)$$

где $d\theta$ – разность температур между переменной температурой зерна $t(0, \tau)$ и постоянной температурой греющей поверхностью $t_{гр}$ [°C].

Знак минус в уравнении указывает на то, что тепловой поток направлен в сторону меньшей температуры.

На основании данного процесса в слое бесконечно малой толщины и о всем процессе в целом, при определенных граничных условиях (во всем теле), необходимо провести интегрирование (т.е. суммирование).

Для реализации контактного способа передачи теплоты в конструктивно-технологической схеме, энергия подводится к обрабатываемому зерну от греющей поверхности посредством теплопроводности.

При этом изменение теплового потока характеризуется количеством теплоты, которое рассматривается в данном объеме обрабатываемого зерна:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right] dv,$$

где λ – коэффициент теплопроводности зернового материала [Вт/(м·°C)];

$$dv = dx dy dz.$$

Энергетический баланс для элементарного объема зерна, подвергаемого тепловому воздействию в установке для индукционного нагрева зерна может быть представлен в виде:

$$c\rho \frac{\partial t_{zn}}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial t_{zn}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial t_{zn}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial t_{zn}}{\partial z} \right) + q, \quad (1.3)$$

где c – удельная теплоемкость материала греющей поверхности [кДж/(кг·°C)]; ρ – насыпная плотность зерна [кг/м³]; $t_{гп}$ – температура греющей поверхности [°C]; τ – экспозиция теплового воздействия [с]; $q = c\rho dv \frac{\partial t}{\partial \tau}$ – количество теплоты, передаваемое от греющей поверхности к единичному объему зернового материала [кДж].

При этом систему дифференциальных уравнений передачи теплоты можно представить в следующем виде [3]:

$$\frac{\partial \theta(\xi, \tau)}{\partial \tau} = a \left[\frac{\partial^2 \theta(\xi, \tau)}{\partial \xi^2} + \frac{B}{\xi} \frac{\partial \theta(\xi, \tau)}{\partial \xi} \right], \quad (1.4)$$

$$t(\xi, 0) = f(\xi), \quad (1.5)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial \xi} = 0, t_{гп}(0, \tau) < \infty \\ \frac{\partial \theta(0, \tau)}{\partial \xi} = 0, \theta(0, \tau) < \infty \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

где a – коэффициент температуропроводности [м²/с]; B – фактор формы греющей поверхности для вертикальной поверхности $B=0$; c – удельная теплоемкость [кДж/(кг·°C)]; ε – критерий фазового перехода; ξ – глубина зоны испарения [м]; $\theta = [t_{(0, \tau)} - t_{гп}]$ – разность между переменной температурой зерна $t_{(0, \tau)}$ и постоянной температурой греющей поверхности $t_{гп}$ [°C].

Зерно в процессе тепловой обработки входит в контакт с внутренней греющей поверхностью для сушки.

В этом случае при обеспечении качественной теплоизоляции внешней поверхности и выполнении греющей поверхности из материалов, характеризующимися высокими значениями коэффициента теплопроводности (жестянной металлический лист, алюминий, медь и т.п.). И на практике можно достигнуть высокой энергоэффективности процесса теплового воздействия (максимальное количество подводимой теплоты будет затрачиваться на нагрев зерна, испарение из него влаги и удаление ее из тепловой камеры).

Так как греющая поверхность выполнена в виде вертикальной пластины будем иметь следующее.

Предположим (рисунок 1), что действие температуры от греющей поверхности будет осуществляться только в одном направлении оси Oz (по длине пластины b), а в двух других направлениях – Ox и Oy температура будет оставаться неизменной ($\frac{\partial t}{\partial x} = \frac{\partial t}{\partial y} = 0$).

Следовательно, рассматриваемую задачу можно считать одномерной.

И задать следующие краевые условия для рассматриваемого случая:

$$t(0, \tau) = f(z), \quad (1.7)$$

$$\left. \begin{aligned} t|_{z=0} = t|_{z=l} = t_{гп} = \text{const} \\ \frac{\partial t}{\partial z} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.8)$$

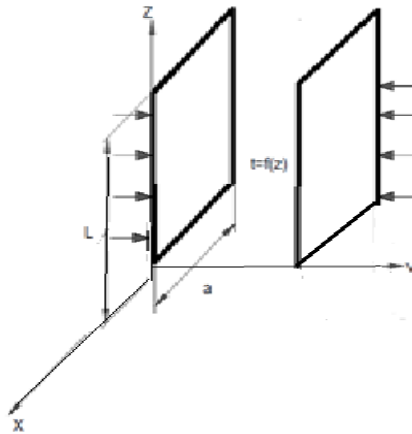


Рисунок 1 – Передача теплоты зерну от плоской греющей поверхности

На рисунке 1 изображены две греющиеся пластины С и D, где а, l, b – ширина, длина и толщина греющей поверхности соответственно [м].

Решим поставленную задачу методом разделения переменных. Так как, функция f (z) четная, т.е. f (z)= f (-z); поэтому $\left(\frac{\partial f(z)}{\partial z}\right)_{z=0} = 0$.

В этом случае граничные условия (1.8) будут представлены в виде:

$$\left. \begin{aligned} t(z,\tau) &= t_c \\ \frac{\partial t(0,\tau)}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Полученная зависимость характеризует условия распределения температуры в сушильной камере в любой момент теплопроводности для рассматриваемого случая.

$$\theta(z,\tau) = C \operatorname{sink}ze^{-ak^2\tau} + D \operatorname{cosk}ze^{-ak^2\tau} \tag{1.9}$$

где k – коэффициент влагопроводности материала [м²/ч].

При этом:

$$\frac{\partial \theta(0,\tau)}{\partial z} = \lim_{z \rightarrow 0} k \left(\sum_{i=1}^n C \cos kz - \sum_{i=1}^n D \sin kz \right) e^{-ak^2\tau} = k C e^{-ak^2\tau} = 0$$

Откуда C = 0, так как e^{-ak²τ} на протяжении всего процесса теплового воздействия (0 < t < ∞) не равна нулю.

Общее решение для рассматриваемого случая будет выглядеть следующим образом.

$$\theta(z,\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos(2n-1) \frac{\pi z}{2l} \exp \left[-(2n-1)^2 \frac{\pi^2}{4} a \right] \tau \tag{1.10}$$

Постоянные D_n в каждом частном решении будут иметь свои собственные значения, так как сумма частных распределений температуры для любого заданного времени представляет собой действительное распределение температуры.

Из выше изложенного, можно сказать, что наложение косинусоид дает действительную кривую распределения температуры, в том числе и начальное распределение температуры от греющей поверхности. Далее после проведенных преобразований, получим уравнения (1.11) для случая, когда внешняя поверхность греющей пластины имеет качественную теплоизоляцию ($\frac{\partial t(0,\tau)}{\partial z} = 0$):

$$t(z,\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n \frac{z}{l} e^{-\mu_n^2 \frac{a\tau}{b^2}} \cdot \frac{2}{l} \int_0^b f(z) \cos \mu_n \frac{z}{l} dz \tag{1.11}$$

где $\mu_n = k_n b = (2n-1) \frac{\pi}{2}$.

Экспериментальные исследования системы сушки зерна. Для подтверждения правильности выполненных теоретических расчетов необходимо провести экспериментальные исследования и установить температурный градиент подогрева зерна при существовавшей системе и при наличии обогреваемых пластин, а также определить максимальную производительность.

Определение градиента сушки зерна при включенном обогреве пластин

№ измерения	Время, мин	Значения температуры, °С		
		Датчик № 1	Датчик № 2	Датчик № 3
1	0	16	15	16
2	3	28	26	24
3	6	36	33	36
4	9	46	44	47
6	12	48	48	50
7	15	52	50	52
8	18	55	54	56

Экспериментально установлена погрешность измерения температуры зерна в месте подключения датчика №3 она составляет 3-4°С в сторону увеличения. Температура наружного воздуха - 18°С, внутри помещения +16°С.

На 18 минуте произошло выключение установки – за счет того, что зерно выше 55°С нагревать нельзя.

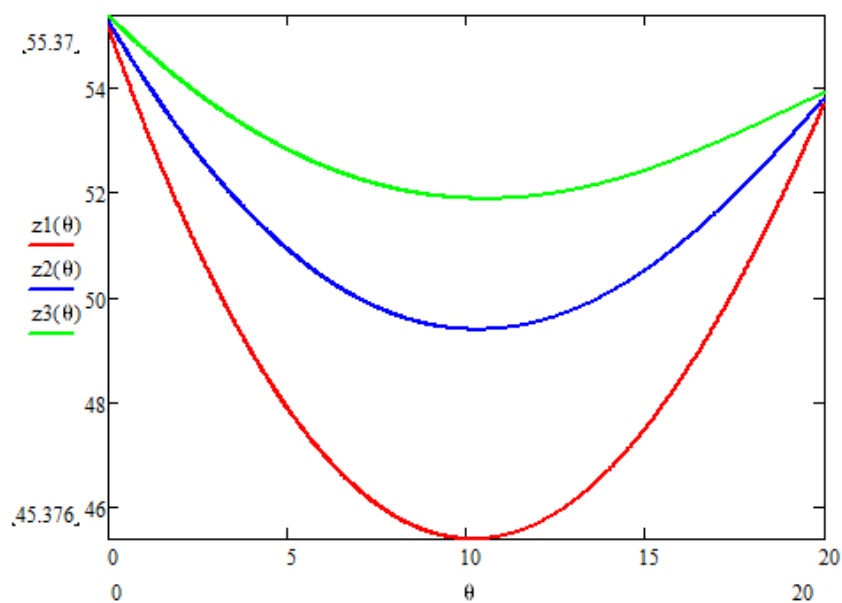


Рисунок 2 – График изменения температуры между греющими поверхностями

Полученная зависимость позволяет обосновать влажность зерна от длительности нагрева греющей поверхности.

При этом градиент температуры по длине и ширине пластины равен нулю (случай одномерной задачи). Тогда температура в любой точке пластины будет зависеть от b и τ .

Таким образом, количество теплоты, необходимое для нагрева зерна и удаления из него влаги при контактном способе передачи теплоты, зависит от теплопроводности материала греющей поверхности, разности температур греющей поверхности обрабатываемого зерна (температурного градиента) и экспозиция теплового воздействия.

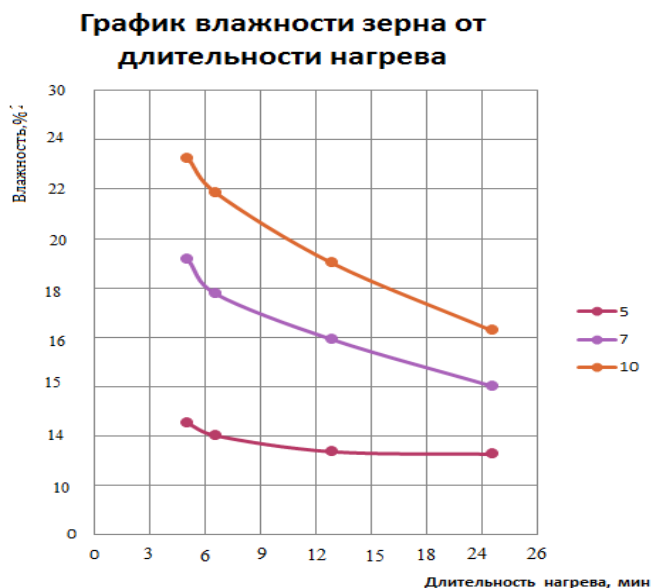


Рисунок 3 – График влажности от длительности нагрева

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лыков А.В. Теория переноса энергии и вещества / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – Минск: Изд-во Акад. наук БССР, 1954. – 357с.
 [2] Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. – Госэнергоиздат, 1956. – 452с.
 [3] Трисвятский Л.А. Хранение зерна. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1975. – 400с.
 [4] Курушин А.А., Пластикова А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. – М.: Изд-во МЭИ, 2010. – 160 с.
 [5] Владимиров В.С. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1988. – 512с.

REFERENCES

- [1] Lykov A.V. Teorija perenosajenergii i veshhestva / A.V. Lykov, Ju.A. Mihajlov. Minsk: Izd-vo Akad. nauk BSSR, 1954. 357 s.
 [2] Lykov A.V. Teplo- imassoobmen v processahsushki. Gosjenergoizdat, 1956. 452 s.
 [3] Trisvjatskij L.A. Hranenie zerna. Izd. 4-e, pererab. idop. M.: Kolos, 1975. 400 s.
 [4] Kurushin A.A., Plastikova A.N. Proektirovanie SVChustrojstv vsrede CST Microwave Studio. M.: Izd-vo MJEI, 2010. 160 s.
 [5] Vladimirov V.S. Uravnenijamatematicheskofiziki. M.: Nauka, 1988. 512 s.

ИНДУКЦИОННОЕ НАГРЕВАНИЕ ЗЕРНА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Н. Т. Исембергенов, А. Н. Дадаева, А. Ж. Сагындыкова, С. А. Усембаева

Қ. И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: дәнді кептіру, берілген жылудың мөлшері, дәнді кептіру кинетикасы, жоғарғы жиілікті тоқтар.

Аннотация. Дәндік қабат әрекеттесу түрін орнатқан кезде қыздыру қабатымен беттеседі. Жылу мөлшері, жылу берудегі әрекеттесу әдісінде дәнді қыздыру мен одан қажетті ылғалдылықты жоғалту жоғарғы бөлігіне қыздыруна материалдың температура өткізгіштігіне, өнделетін дәнді жоғарғы бөлікте қыздыратын температураның әртүрлі болуына және жылу әсерінің экспозициясына байланысты болады. Жылытудың жылу өткізгіштік қатты дене ішінде энергияны жылу түрінде жәй бір бөліктен басқа бөлікке өткізудің әсерінен болады. Жылу жоғарғы температура ауданынан неғұрлым төмен ауданға қарай ауысады. Жылу ағымындағы тығыздық режимінде орнатылған екі параллельді жоғарғы бөліктегі дене температураның күшіне, қабырғасының қалыңдығына және теплофизикалық тұрақтылыққа байланысты болады.

Поступила 13.01.2016 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.physics-mathematics.kz>

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 27.01.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
12,75 п.л. Тираж 300. Заказ 1.