

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



climalife®

Danfoss



МАУЕКАША
MYCOM

TRAMAX
LIMITED

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2018»

VIII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2018»

Сборник докладов конференции
15-16 марта 2018 г.
Proceedings of the Conference
March 15-16, 2018

Алматы, 2018

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика **Кулажанова Т.К.**

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Бараненко А.В., Шалбаев К.К.,
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ.секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2018: Сб. докл.межд.науч.-техн.конф. (15-16
марта 2018 г.) = Kazakhstan-Refrigeration 2018: Proceedings of the Conference
(March 15-16, 2018). – Алматы: АТУ, 2018. – 255 с., русский, английский.

ISBN 978-601-263-425-9

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, практических внедрений, проведенных в Казахстане, Дании, Бельгии, Германии, России, Японии, Узбекистане и Украине по следующим направлениям: холодильные машины и установки, системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения, экология в холодильной промышленности, холодильная и пищевая технология. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также на специалистов по системам кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

The proceedings present the results of theoretical and experimental studies, practical implementations in Kazakhstan, Denmark, Belgium, Germany, Russia, Japan, Uzbekistan and Ukraine in the following areas: refrigeration machines and installations, air conditioning and life support systems, refrigeration ecology, refrigeration and food technology. These proceedings are devoted to professionals and scientists working in the fields of refrigeration, food, chemical, oil refining industries, as well as to specialists of air conditioning systems and life-support of residential, commercial buildings and sports complexes.

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

ISBN 978-601-263-425-9

© АТУ, 2018

вающее устойчивую эксплуатацию в экстремальных технологических условиях (рост нагрузок, высокую поперечную равномерность); использование этого принципа для реализации процессов теплообмена при испарительном охлаждении в системе «вода-воздух» и осушения в системе «абсорбент-воздух» особенно перспективно с учетом предотвращения возможных загрязнений и отложений на рабочих поверхностях и стенках колонн.

В работе экспериментально доказано, что использование изученных абсорбционных систем решает задачу обеспечения параметров комфортности в широком диапазоне параметров наружного воздуха ($x_r = 13...20$ г/кг, при $t = 25...40^{\circ}\text{C}$, то есть при самых тяжелых внешних условиях) и задачу охлаждения сред на уровне $3...8^{\circ}\text{C}$; показано, что альтернативная система, работающая по принципу открытого абсорбционного цикла приводит к меньшему истощению природных ресурсов и вносит меньший вклад в глобальное изменение климата.

Список литературы

1. Исследование гидродинамических процессов в псевдооживленном слое теплообменных аппаратов для альтернативных систем жизнеобеспечения / В.П. Данько // Инженерная физика. – 2017. – № 11. – С. 70-75.
2. Теплообменные аппараты с подвижной насадкой для традиционных и альтернативных энергетических систем [текст]: [моногр.] / А.Н. Горин, А. В. Дорошенко, В.П. Данько // Донецк: Світ книги, 2013. – 327 с.
3. Study of hydrodynamics features in the apparatuses with movable nozzle / V.P. Danko, V.V. Karnauh, A. S. Titlov // Сибирский журнал науки и технологий. – 2017. – Т. 18. – № 3. – С. 499-504.
4. Использование альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов в холодильной отрасли / В. П. Данько, А. Б. Кудрин, В. Н. Радионенко // Ладапринт, 2015. – 157 с.
5. Физические основы низкотемпературной техники и холодильной технологии / Данько В.П., Карнаух В.В., Кудрин А.Б., Радионенко В.Н. – Донецк-Краснодар, 2016.
6. Альтернативные системы жизнеобеспечения на основе цикла с непрямой регенерацией абсорбента / В. П. Данько, А. В. Дорошенко // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2017. – № 9-10.
7. Исследование влияния концентрации раствора абсорбента на эффективность работы теплообменных аппаратов с подвижной насадкой / Данько В.П. // В сборнике: Казахстан-Холод 2017. – 2017. – С. 65-69.

УДК 536.587:537.8

CALCULATION OF THE AVERAGE TEMPERATURE OF THE MATERIAL WITH THE ACCOUNT OF HEAT TREATMENT WITH THE ENVIRONMENT

РАСЧЕТ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ МАТЕРИАЛА С УЧЕТОМ ТЕПЛОТДАЧИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Heorhiiesh K.V. , Candidate of the Technical Science	Георгиеш Е.В. , кандидат технических наук
Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65082, Odessa, Dvoryanska Str., 1/3	Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65082, Одесса, ул. Дворянская, 1/3
E-mail: georgiiesh.kat@gmail.com	

Abstract

In this paper discusses the analytical determination of the material temperature during microwave heating. The data of mathematical and computer modeling can provide information on the

parameters of the state of the processed product, allow theoretical studies of microwave heating and contribute to understanding the phenomena of interaction of the microwave field with the material.

Аннотация

В данной работе рассматривается вопрос аналитического определения температуры материала при микроволновом нагреве. Данные математического и компьютерного моделирования способны предоставить информацию относительно параметров состояния обрабатываемого продукта, позволяют проводить теоретические исследования микроволнового нагрева и способствуют пониманию явлений взаимодействия микроволнового поля с материалом.

В наши дни микроволновой нагрев используется в пищевой промышленности, в технологиях сушки и медицине [1,2]. Благодаря эффекту селективного и объемного нагрева, микроволны приносят новые характеристики в технологии, как, например, увеличение скорости процесса, улучшение конечного качества продукта и уменьшение энергопотребления. Предложенные ранее модели для расчета температурного поля Лыковым [3], Бинголом [4] не давали удовлетворительных результатов. Хорошую сходимость результатов при заданных параметрах (теоретических и экспериментальных) показала зависимость, для нестационарного процесса нагрева при действии внутренних источников теплоты полученная в результате решения уравнения (1) с граничным условием (2), принято, что форма материала соответствует пластине

$$\rho c \frac{d\bar{t}}{d\tau} = \alpha(\bar{t} - t_{oc}) \frac{F}{V} + J_1 \quad 1)$$

$$\bar{t}|_{\tau=0} = t_{oc} \quad 2)$$

где ρ – плотность материала, кг/м³; c – его теплоемкость, Дж/кг·К; α – коэффициент теплоотдачи от поверхности к окружающей среде, Вт/(м²·К); V – объем, занимаемый материалом, м³; t_{oc} – температура окружающей среды, °С; F – площадь поверхности, м²; J_1 – внутренний источник теплоты, обусловленный действием МВ поля, Вт/м³.

В уравнении (1) член $\alpha(\bar{t} - t_{oc}) \frac{F}{V}$ учитывает теплоту, отводимую от поверхности тела путем естественной конвекции. Таким образом, учитывается, что изменение температуры связано с действием внутренних источников теплоты, которые приводят к росту температуры материала, и теплоотдачей с поверхности, которая вызывает падение температуры. Принято, что в теле действует источник теплоты (микроволновое поле), который зависит от времени в экспоненциальной форме.

Решение уравнения (1-2) с помощью преобразований Лапласа привело к получению следующей зависимости (3):

$$\bar{t} = \frac{J_{10}}{\frac{\alpha F}{V} - \gamma_1 \rho c} e^{-\gamma_1 \tau} + t_{oc} + A e^{-\frac{\alpha F}{\rho c V} \tau} \quad 3)$$

где постоянная $A = -\frac{J_{10}}{\frac{\alpha F}{V} - \gamma_1 \rho c}$ определена с учетом условия (2).

Зависимость (3) позволяет рассчитать среднюю температуру материала с учетом теплоотдачи при нестационарном нагреве в МВ поле. Исходные данные для расчета соответствовали условиям эксперимента, проводимого на воде, нагреваемой в цилиндрическом сосуде в микроволновой камере. Для определения средней температуры в эксперименте вода тщательно перемешивалась.

Для проверки работоспособности модели был проведен ряд экспериментов на воде. Выбрана мощность магнетрона $N_{вых} = 180$ Вт, загрузки образца $V = 10^{-4}$ м³, удельная мощ-

ность составила $J_{10} = 12,6 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^3$, коэффициент ослабления $\gamma_1 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Длительность нагрева – от 30 до 300 с, шаг – 30 с. Расчеты проведены для коэффициента теплоотдачи $\alpha = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Для определения значения КПД, при котором наблюдается максимальное схождение результатов, следовало уточнить значение тепловых потерь, в которые входит лучистая и конвективная составляющие. Расчеты показали, что потери теплоты на конвекцию $Q_{\text{конв}} = 1.934 \text{ Вт}$, потери на лучистый теплообмен $Q_{\text{луч}} = 2.23 \text{ Вт}$, теплота, затраченная на нагрев материала $Q_{\text{пол}} = 5.3 \text{ Вт}$. Теплота процесса нагрева $Q_{\text{пол}} = 54.5 \text{ Вт}$, тогда КПД камеры составит $\eta = 0.3$.

Расхождение расчетных и экспериментальных данных наглядно демонстрируется графиком (рис. 1).

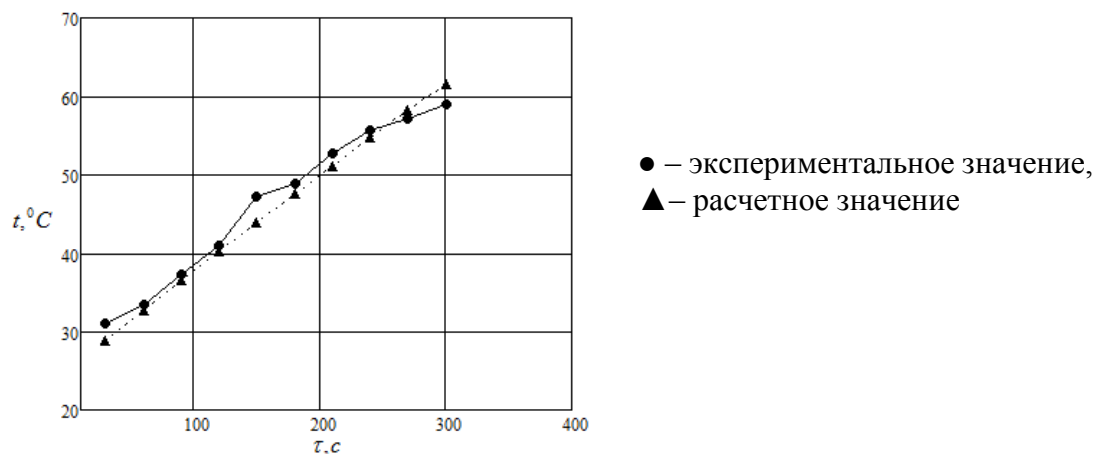


Рисунок 1 – Средняя температура воды при нагреве в микроволновом поле. $\eta = 0,3$

График наглядно показывает хорошую сходимость результатов, что подтверждает работоспособность модели.

Для применения полученной формулы (3) при нагреве растительного материала необходимо обладать данными по теплоемкости сухого материала и степени влажности. Таким образом, для расчета теплоемкости растительного материала предложена зависимость (4):

$$c = 0,01[c_0(100 - w) + c_e \cdot w] \quad 4)$$

где w - влажность материала, %; c_0 – теплоемкость сухого материала, Дж/(кг/К); c_e – теплоемкость воды при температуре окружающей среды.

Полученный массив экспериментальных и расчетных значений температур материала дает возможность заранее выбрать параметры установки для наиболее эффективного процесса выхода биологически активных компонентов. Также в ходе проведения полевых испытаний полученных экстрактов выявлено, что при увеличении температуры экстрагента начинается интенсивное образование пузырьков на границе раздела и интенсивность передачи микроволновой энергии падает. Поэтому, максимальный выход биологически активных компонентов вещества происходит при температуре 30..60 °C.

Важный момент при экстрагировании в МВ камере является выбор мощности магнетрона. Ряд опытом проведенных на лабораторной установке показал, что мощность магнетрона в 900 Вт способна вызывать неоднородный прогрев материала с максимальным перепадом температур в объеме, что приводит к возникновению локальной области с высокой температурой, которая была названа “Hotspot”, что нежелательно при равномерном нагреве, когда необходимо обеспечить равномерную плотность теплового потока [5].

Одним из вариантов экстрагирования биологически активных веществ является соединение процесса нагрева в камере микроволновой установки с последующим перемешива-

нием на открытой поверхности, однако данный способ подходит только для трудноизвлекаемых компонентов требующих длительной обработки.

Выводы

Зависимость для расчета средней температуры материала, нагреваемого в микроволновом поле, полученная с учетом теплоотдачи с окружающей средой, позволяет с достаточной точностью определять температуру, однако при этом следует располагать данными по КПД камеры для правильной оценки удельной мощности внутренних источников теплоты.

Список литературы

1. Hagher, A. K., Ghanadzadeh, H. Experimental study on combined infrared and microwave drying of porous media with particular application in wood industry // *Int. J. of Applied Mechanics and Engineering*. – 2006. – Vol. 11. – No. 4. – P. 985-991.
2. Chua, K. J., Chou, S. K. A comparative study between intermittent microwave and infrared drying of bioproducts // *Int. J. of Food Science and Technology*. – 2005. – 40, – P.23–39.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности / Алексей Васильевич Лыков. – М., 1967. – 559 с.
4. Bingol, G., Pan, Z., Roberts, J. et al. Mathematical modeling of microwave-assisted convective heating and drying of grapes // *Int. J. Agric and Biol Eng.* – 2008. – Vol. 1, No.2. – P. 46-54.
5. Garcia-Reimbert, C, Minzoni, A, Smyth, N. Effect of radiation losses on hotshot formation and propagation in microwave heating// *IMA j. Appl. Math.* – 1996. – 57. – 165-179.

УДК 621.5:536.7

ANALYSIS OF THE CAUSES OF FAILURE OF REFRIGERATION EQUIPMENT IN THE TRADE COMPANY

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЛОМОК ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОРГОВЛИ

Furkalo. S.V. ¹ , principal engineer Danko V.P. ² , Ph. D.	Фуркало С.В. ¹ , ведущий инженер Данько В.П. ² , к.т.н., доцент
1 – SC «Tander», Krasnodar Branch, Russia, 350072, Krasnodar, Levanevskogo Str., 185 2 – Plekhanov Russian University of Economics, Krasnodar Branch, Russia, 350002, Krasnodar, Severnay Str., 360	1 – АО «Тандер», РФ, 350072, г. Краснодар, ул. Леваневского, 185 2 – Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, РФ, 350002, г. Краснодар, ул. Северная, 360
E-mail: vladislav.danko@mail.ru	

Abstract

The article analyzes the main causes of breakdown of refrigeration trading equipment at small trading enterprises and suggests general principles of trouble-free operation of equipment.

Аннотация

В статье проанализированы основные причины поломок холодильного торгового оборудования на малых предприятиях торговли и предложены общие принципы безаварийной работы оборудования.

Проблема бесперебойной работы холодильного оборудования возникает на всех предприятиях общественного питания, а также торговых объектах таких как магазины, супер-

Авторский алфавитный указатель

- Ашкенова З.Н., Какимова Ж. Х., Утегенова А.О.**
Ферментные биосенсоры для определения хлорогенных пестицидов в молоке
Ashkenova Z.N., Kakimova J.H., Surname Fn.Sn.
Enzyme biosensors for determination of chlorogenic pesticides in milk 7
- Белецкий Э.В., Петренко Е.В.**
Особенности гидравлического расчета совокупности каналов трубопроводов холодильных и климатических систем
Beletskiy E.V., Petrenko O.V.
Features of hydraulic calculation of collectivity of channels of pipelines of refrigerating and climatic systems 10
- Данько В.П.**
Исследование зависимости гидродинамического режима работы теплообменных аппаратов абсорбционных систем жизнеобеспечения от концентрации абсорбента
Danko V.P.
Investigation of the dependence of the hydrodynamic mode of the heat and mass transfer apparatus absorption life support systems on the concentration of the absorbent 14
- Георгиев Е.В.**
Расчет средней температуры материала с учетом теплоотдачи с окружающей средой
Georgiiev E.V.
Calculation of the average temperature of the material with the account of heat treatment with the environment 18
- Фуркало С.В., Данько В.П.**
Анализ причин поломок холодильного оборудования на предприятиях торговли
Furkalo S.V., Danko V.P.
Analysis of the causes of failure of refrigeration equipment in the trade company 21
- Волчок В.А., Волчок Е.В.**
Источники тепловлажностных выделений в воздушную среду консервных предприятий
Volchok V.A., Volchok H.V.
Sources of thermalhumidity receivables in air environment of canning enterprises 24
- Цой А.П., Грановский А.С., Бараненко А.В., Цой Д.А.**
Разработка технико-экономической компьютерной модели системы ночного радиационного охлаждения
Tsoy A.P., Granovskiy A.S., Baranenko A.V.
Development of the techno-economic computer model of the night radiative cooling system 27
- Доценко Н.В., Подорога В.И.**
Криобработка как способ снижения гликемического индекса картофеля продуктов
Dotsenko N.V., Podoroga V.I.
Cryo processing as a way to reduce the glycemic index of potato products 32
- Волгушева Н.В., Бошкова И.Л.**
Изучение особенностей сушки зерна в микроволновом поле
Volgusheva N.V., Boshkova I.L.
Study of the features of drying grain in microwave field 38
- Ермоленко М.В., Степанова О.А., Акимов М.М.**
Исследование процесса замораживанияпельменей с растительными добавками
Yermolenko M.V., Stepanova O.A., Akimov M.M.
Investigation of the process of freezing pelmeni with vegetable additives 43