

УДК 637.5.037

Моделирование процесса замораживания плоских мясных продуктов

Д-р техн. наук **Б. С. БАБАКИН**¹, канд. техн. наук **М. И. ВОРОНИН**²

Московский государственный университет пищевых производств

Д-р техн. наук **Е. В. СЕМЕНОВ**³

Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского

Канд. техн. наук **С. Б. БАБАКИН**¹, канд. техн. наук **А. Г. БЕЛОЗЕРОВ**⁴, **А. Н. СУЧКОВ**⁵

ВНИИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

¹holod@mgupp.ru, ²aspirantpp@yandex.ru, ³sem-post@mail.ru, ⁴a.belozеров@fncps.ru,

⁵alexandr-truba@yandex.ru

Исследован процесс замораживания мясных продуктов имеющих плоскую форму пластин мясного продукта. Задача о формировании замороженной и охлаждаемой зон исследуемой субстанции биологического происхождения трактована, как осложненная изменением агрегатного состояния среды проблема теплообмена между выделенными зонами. При этом теплофизические коэффициенты на границах среды изменяются скачкообразно, для чего на переходах требуется дополнительная теплота (конденсации, испарения). Моделирование выполнено на основе модели сопряженной задачи теплопереноса, сформулированной как задача Стефана по двум неограниченным пластинам средам, воспроизводящим две зоны мясного продукта в двух различных агрегатных состояниях — замороженном и охлаждаемом. Выявлена количественная зависимость времени полного замораживания продукта от его толщины и краевых значений температурных параметров процесса охлаждения.

Ключевые слова: мясной продукт, замороженная зона, охлаждаемая зона, теплоперенос, температура.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 03.07.2018, принята к печати 10.01.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-46-51

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования:

Бабакин Б. С., Воронин М. И., Семенов Е. В., Бабакин С. Б., Белозеров А. Г., Сучков А. Н. Моделирование процесса замораживания плоских мясных продуктов // Вестник Международной академии холода. 2019. № 1. С. 46–51.

Modeling the freezing process of flat meat products

D. Sc. **B. S. BABAKIN**¹, Ph. D. **M. I. VORONIN**²

Moscow State University of Food Production

D. Sc. **E. V. SEMENOV**³

Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky

Ph. D. **S. B. BABAKIN**¹, Ph. D. **A. G. BELOZEROV**⁴, **A. N. SUCHKOV**⁵

All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry —

Branch of V. M. Gorbатов Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science

¹holod@mgupp.ru, ²aspirantpp@yandex.ru, ³sem-post@mail.ru, ⁴a.belozеров@fncps.ru, ⁵alexandr-truba@yandex.ru

The process of freezing meat products with flat-shaped plates of meat is investigated. The problem of the formation of the frozen and cooled zones for the investigated substance of biological origin is interpreted as the problem of heat exchange between the isolated zones complicated by a change in the aggregate state of the medium. In this case, the thermophysical coefficients on the boundaries of the medium are assumed to vary stepwise, for which additional heat (condensation, evaporation) is required on the transitions. Based on the model of the conjugate heat transfer problem, formulated as the Stefan problem for two unbounded plate media, simulating two zones of a meat product in two different aggregate states — frozen and cooled is carried out. The quantitative dependence between the time of the product complete freezing and both its thickness and the boundary values of the temperature parameters of the cooling process is shown.

Keywords: meat product, frozen zone, cooled zone, heat transfer, temperature.

Article info:

Received 03/07/2018, accepted 10/01/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-46-51

Article in Russian

For citation:

Babakin B. S., Voronin M. I., Semenov E. V., Babakin S. B., Belozеров A. G., Suchkov A. N. Modeling the freezing process of flat meat products. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 1. p. 46–51.

Введение

Известно, что охлаждение субстанций биологического происхождения способствует сохранению их биологических свойств, предотвращает размножение микрофлоры. В свою очередь, как показывает мониторинг состояния вопроса, к примеру, в перерабатывающих производствах возникает проблема создания условий длительного, реализующего сохранность качества исходного продукта, процесса [1]. В этом случае, обработка продукта холодом даже в отдаленной перспективе не имеет альтернативы. Особенно остро, в связи с все возрастающими требованиями к качеству жизни населения и нехваткой сырьевых продовольственных ресурсов, эта проблема стоит перед пищевой, молочной, мясной и др. отраслями промышленности. В то же время, до сих пор процесс охлаждения относится к наименее изученной стадии обработки продукта холодом [2–5], что и обуславливает дальнейшую разработку и углубленное изучение рассматриваемой здесь проблемы.

Имея в виду многообразие и величину объемов объектов обработки перерабатывающих производств, большую важность приобретает вопрос обоснования аналитического и численного аппарата для решения многих инженерных и технологических задач в производствах по охлаждению продукта.

При этом следует отметить, что наряду со стоящей перед предприятиями АПК проблемой по обработке холодом продукта биологического происхождения, аналогичную задачу человеческое сообщество вынуждено решать, в целом, по реализации вопросов создания и прогнозирования наиболее рациональных технологий охлаждения объектов живой и неживой природы [6, 10–14].

Что, в совокупности, и объясняет важность вопроса проводимых в области охлаждения различных субстанций исследований и вытекающее отсюда внимание научно-технических работников к теоретическим и экспериментальным аспектам данной технологии в вопросе ее оптимизации и управления [15, 16].

Ниже, в отличие от имеющихся аналогов [6, 9], предлагается эффективный и простой в практическом употреблении способ по количественному моделированию, имеющего широкое распространение на практике, моделирования процесса замораживания мясных продуктов.

Постановка задачи моделирования

Процессы переноса тепловой энергии во многих случаях развиваются в телах со сложной геометрической структурой, что вызывает определенные трудности при их математическом моделировании. С целью преодоления этих трудностей, с геометрической точки зрения при аналитическом решении поставленных задач, обычно прибегают к той или иной схематизации габитуса объекта исследования. Причем, как правило, в качестве имитирующей габитус реального тела выбирают одну или несколько поверхностей канонической формы — плоскость, цилиндр или сферу.

Однако, и при такой схематизации, когда к примеру решается классическая краевая задача исследуемой проблемы на базе уравнения нестационарной теплопроводности, для тел цилиндрической или сферической формы, получить решение в явной форме удастся далеко не всегда.

Принимая во внимание, что охлаждаемый мясной продукт во многих случаях имеет форму прямоугольного параллелепипеда, при постановке задачи об охлаждении продукта в качестве ограничивающих его поверхностей, естественно, выбирают плоскости. Что создает предпосылки получить решение такой задачи в явной форме.

В свою очередь, когда под действием температурного градиента изменяется агрегатное состояние продукта, для описания этого процесса с позиций физико-математического моделирования также прибегают к имитирующим температурное поле в условных слоистых разделенных параллельными плоскостями структурам и др. [1–6].

Пусть исследуется процесс замораживания мясного продукта, имеющего форму плоской пластины. Предполагается, что одна часть продукта представляет собой уже замороженную зону I, а другая часть — охлаждаемую зону II (рис. 1).

Задачу о формировании замороженной и охлаждаемой зон исследуемой субстанции биологического происхождения трактуют как осложненную изменением агрегатного состояния среды проблему теплообмена между выделенными зонами. При этом полагают теплофизические коэффициенты на границах среды изменяющимися скачкообразно, для чего на переходах требуется дополнительная теплота (конденсации, испарения).

В исследованиях теоретического характера вследствие того, что при льдообразовании в зоне I и охлаждения в зоне II взаимодействуют несколько механизмов теплообмена, данную проблему решают, привлекая законы сохранения массы, импульса и энергии, а также — для замыкания системы — уравнение состояния, феноменологические уравнения Фика (Fick), Фурье (Fourier), Ньютона (Newton). При этом в данных работах, вследствие многопараметрического характера задачи, прибегают к использованию определяемых опытным путем, типичных для конкретной проблемы, теплофизических коэффициентов.

Учитывая, что такой подход к решению рассматриваемого явления весьма сложен, все чаще используют упрощенные модели и гипотезы, основанные на возможно меньшем числе существенных для наблюдаемого явления параметров.

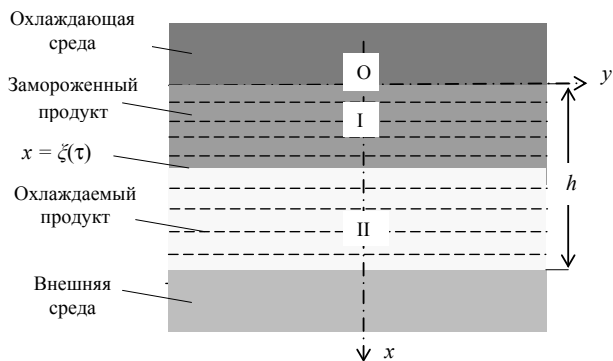


Рис. 1. Схема к расчету динамики нарастания слоя замороженного продукта

Fig. 1. Diagram for the calculation for the dynamics of frozen product layer building up

Одной из наиболее эффективных по постановке и количественному анализу особенностей процесса теплопередачи холода от зоны I к охлаждаемой зоне II считают задачу Стефана (Stefan) о фазовом переходе, относящейся к группе сопряженных задач теплообмена [6–9]. На базе данной модели удается отделить внутреннюю задачу о переносе теплоты внутри обрабатываемой среды от внешней задачи — теплообмене на границе среды. Поскольку задача Стефана, в силу нелинейного характера, в общей постановке аналитически не разрешима, то для ее исследования применялись приближенные аналитические и вычислительные методы [6, 9].

Далее, на основе модели сопряженной задачи теплопереноса, сформулированной как задача Стефана по двум неограниченным пластинам средам, моделируются две зоны мясного продукта в двух различных агрегатных состояниях — замороженном и охлаждаемом. Выявлена количественная зависимость времени полного замораживания продукта от его толщины и краевых значений температурных параметров процесса охлаждения (рис. 1).

Следуя концепции проблемы отвердевания тел канонической формы [9], предполагается, что в отнесенный к декартовой системе координат (xOy) в холодильную камеру с постоянной температурой T_1 помещают бесконечную моделирующую замораживаемый охлажденный продукт пластину толщиной h .

В дальнейшем с целью анализа динамики формирования замораживаемой зоны в пластине, предварительно, определяются решения дифференциальных уравнений теплопроводности по каждой из зон I и II. После чего, на базе полученных соотношений по распределению температуры в зонах I и II и балансового по теплообмену условия Стефана на разделяющей данные зоны поверхности $\xi = \xi(t)$ рассчитывается период времени полного замораживания продукта.

Решение задачи

Аналитически сопряженная задача по расчету особенностей процесса теплопереноса в исследуемом слое продукта в зависимости от времени и в допущении симметричного относительно оси y характера процесса теплопереноса приближенно может быть сформулирована следующим образом.

Внутри областей I и II для замороженной и охлаждаемой зон исследуемой субстанции температура среды по каждой из зон удовлетворяет дифференциальным уравнениям теплопроводности и — для простоты — граничным условиям I рода [9] (см. рис. 1)

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial x^2} \quad (\tau > 0, 0 < x < \xi); \quad (1)$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial x^2} \quad (\tau > 0, \xi < x < h); \quad (2)$$

$$\theta_1(0, \tau) = T_1; \quad (3)$$

$$\theta_1(\xi, \tau) = T_2; \quad (4)$$

$$\theta_2(\xi, \tau) = T_2; \quad (5)$$

$$\theta_2(h, \tau) = T_3, \quad (6)$$

где τ — время; $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ — температура хладагента, заморозки воды, внешней среды, соответственно; a_1, a_2 — коэффициенты теплопроводности для областей I и II (см. рис. 1).

Если полагать, что на границе $x = \xi(\tau)$ подвод теплоты со стороны зоны I и со стороны зоны II реализуется по закону теплопередачи Фурье, то в предположении, что плотности замороженной и охлаждаемой зон продукта примерно одинаковы ($\rho_1 = \rho_2 = \rho$) на перемещающейся границе заморозки справедливо условие Стефана

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} (\lambda_1 \theta_1 - \lambda_2 \theta_2) \right]_{x=\xi(\tau)} = m \rho r \frac{d\xi}{d\tau}, \quad (7)$$

где λ_1, λ_2 — коэффициент теплопроводности для областей I и II, соответственно; m — влагосодержание продукта; r — скрытая теплота фазового перехода воды в лед.

В таком случае, в рамках принятой постановки задачи, приходят к замкнутой системе из трех совместных дифференциальных уравнений (1), (2), (7) относительно искомых величин θ_1, θ_2, ξ , решение которой в общем случае затруднено. В целях упрощения решения задачи, в предположении, что перепад температуры по зонам невелик процесс теплопередачи и развивается продолжительное время, можно полагать режим теплопереноса в зонах I и II квазистационарным. Тогда вместо уравнений (1), (2) можно использовать систему

$$\frac{d^2 \theta_1}{dx^2} = 0 \quad (\tau > 0, 0 < x < \xi);$$

$$\frac{d^2 \theta_2}{dx^2} = 0 \quad (\tau > 0, \xi < x < h),$$

решением которой, удовлетворяющей условиям уравнений (3)–(6), является

$$\theta_1(x, \tau) = [(T_2 - T_1) x / \xi + T_1], \quad (\tau > 0, 0 < x < \xi); \quad (8)$$

$$\theta_2(x, \tau) = [(T_3 - T_2) x / (h - \xi) + A] / (h - x), \quad (\tau > 0, \xi < x < h), \quad (9)$$

где $A = \text{const}$.

В соответствии с (8), (9) выражения градиентов температуры имеют вид

$$\frac{\partial \theta_1(x, \tau)}{\partial x} = \frac{T_2 - T_1}{\xi}, \quad \frac{\partial \theta_2(x, \tau)}{\partial x} = \frac{T_3 - T_2}{\eta - \xi}. \quad (10)$$

Тогда в силу (6), (10) получаем

$$\lambda_1 \frac{T_2 - T_1}{\xi} - \lambda_2 \frac{T_3 - T_2}{\eta - \xi} = m \rho_1 r \frac{d\xi}{d\tau}. \quad (11)$$

Обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка (11), относительно x следует решать, согласуя его с начальным условием

$$\xi = 0, \quad \text{при } \tau = 0. \quad (12)$$

Полагая, что процесс полного охлаждения продукта заканчивается за период времени τ , когда разделяющей зоны I и II поверхность $\xi = \xi(\tau)$ достигнет нижнего основания $x = h$, решением задачи Коши (11), (12) является

$$\tau = m \cdot r \cdot \rho \int_0^h \frac{\xi(h - \xi) d\xi}{\lambda_1 (T_2 - T_1)(h - \xi) - \lambda_2 (T_3 - T_2) \xi}. \quad (13)$$

Хотя явное выражение первообразной для интеграла (13) и может быть получено, но оно имеет громоздкий вид и поэтому не приводится.

Численный эксперимент

Количественное моделирование процесса замораживания продукта плоской формы по зависимости (13) проводили на базе следующих физико-механических и геометрических параметров процесса обработки: температура, соответственно, на поверхности помещенного в охлаждающую среду тела $\theta_1=253$ К, фазового перехода воды в лед $\theta_2=272$ К, на нижнем основании тела $\theta_3=273, 275, 277, 278$ К; коэффициент теплопроводности для областей I и II, соответственно, $\lambda_1=2,3; \lambda_2=0,56$ Вт/(м×К); влагосодержание продукта $m=0,7$; скрытая теплота фазового перехода воды в лед $r=0,33 \cdot 10^6$ Дж/кг, плотность тела $\rho=1100$ кг/м³.

Результаты расчета, отраженные графиками рис. 2, выявляют естественное экспоненциальное возрастание по времени обработки продукта холодом до температуры охлаждающей среды.

Например, согласно расчету по (13) и данным рис. 2 продукт с исходной температурой 273 К, толщиной $h=0,05$ м замораживается до температуры охлаждающей среды 253 К за 2,22 ч, толщиной $h=0,02$ м — за 0,36 ч.

Выводы

Таким образом, в рамках, принятых при постановке задачи ограничений, разработан важный, в практическом отношении эффективный и простой способ по количественному моделированию процесса переноса холода в имеющем форму плоского сплошного тела в условиях изменения его агрегатного состояния, что имитирует

Литература

1. Park, S. H., Lamsal, B. P., Balasubramaniam, V. M. Principles of Food Processing (Book Chapter): Food Processing: Principles and Applications: Second Edition. 2014. p. 1–15.
2. Семенов Е. В., Карамзин В. А., Карамзин А. В. Методы расчета технологических процессов массо- и теплопереноса перерабатывающих отраслей АПК. — М.: Издательство «Спутник+», 2009. 211 с.
3. Жучков А. В. Численное моделирование процесса замораживания фармацевтического сырья / А. В. Жучков, Н. В. Махотин, И. Е. Шабанов // Вестник Воронежской государственной технологической академии. 2007. № 2. С. 84–88.
4. Fellows P. J. Freezing // Food Processing Technology (Fourth Edition). 2017. P. 885–928.
5. Бабакин Б. С., Семенов Е. В. и др. Расчет процесса подготовки охлажденной воды с помощью системы замороженных шаров // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 8. С. 15–19.
6. Li, D., Zhu, Z., Sun, D.-W. Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials // Trends in Food Science & Technology. 2017. V. 75. P. 46–55.
7. Тихонов А. И., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. 736 с.
8. Рубинштейн Л. И. Проблема Стефана. Рига: Знание, 1967. 458 с.

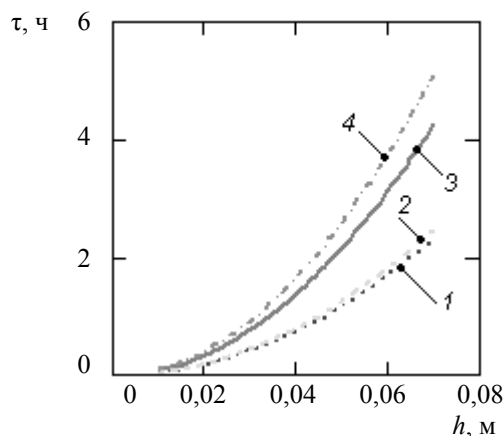


Рис. 2. Зависимости периода t полного замораживания продукта от его толщины h при различной температуре T_3 внешней среды: 1 — $T_3=273$ К; 2 — $T_3=275$ К; 3 — $T_3=277$ К; 4 — $T_3=278$ К

Fig. 2. The dependence of t (the time of the product complete freezing) on its thickness h at different ambient temperatures T_3 : 1 — $T_3=273$ K; 2 — $T_3=275$ K; 3 — $T_3=277$ K; 4 — $T_3=278$ K

динамику формирования температурного поля по времени обработки при замораживании такой субстанции, как плоский мясной продукт.

Выявлена количественная зависимость времени полного замораживания продукта от его толщины и крайних значений температурных параметров процесса охлаждения.

Очевидно, что предложенный расчетный способ может быть независимо использован и при анализе любых аналогичных задач для объектов из смежных областей знания.

References

1. Park, S. H., Lamsal, B. P., Balasubramaniam, V. M. Principles of Food Processing (Book Chapter): Food Processing: Principles and Applications: Second Edition. 2014. p. 1–15.
2. Semenov E. V., Karamzin, V. A., Karamzin, A. V. Methods of calculation of technological processes of mass — and heat transfer processing agricultural industries. Moscow: Publishing House “Sputnik+”, 2009. 211 p. (in Russian)
3. Zhuchkov A. V. Numerical simulation of freezing process of pharmaceutical raw material / A. V. Zhuchkov, N. V. Makhotin, I. E. Shabanov. *Proceedings of the Voronezh State Technological Academy*. 2007. No. 2. P. 84–88. (in Russian)
4. Fellows P. J. Freezing. *Food Processing Technology (Fourth Edition)*. 2017. P. 885–928.
5. Babakin B. S., Semenov E. V., etc. Calculation of the preparation process of the cooled water through a system of frozen balls. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2016. No. 8. P. 15–19. (in Russian)
6. Li, D., Zhu, Z., Sun, D.-W. Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. V. 75. P. 46–55.
7. Tikhonov, A. I., Samarsky, A. A. Equations of mathematical physics. Moscow: Science, 1977. 736 p.
8. Rubinstein L. I. Stefan Problem. Riga: Knowledge, 1967. 458 p. (in Russian)

9. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
10. Ferreira S. R., Rojas L. O. A., Souza D. F. S., Oliveira J. A. Freezing time of an infinite cylinder and sphere using the method of lines. // *International Journal of Refrigeration*. 2016. V. 68. P. 37–49.
11. Rao Yingli, Irarorrry Jose, Tao Yong X. Dongnan daxue xuebao (Ziran kexue ban) // *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*. 2005. V. 35. No 1. P. 149–153.
12. Li Ruixia, Wang Weicreng. Qinghua daxue xuebao (Ziran kexue ban) // *Journal of Tsinghua University (Sci. and Technol.)*. 2006. V. 46. No 5. P. 682–686.
13. Marcelo D. Marucho, Antonio Campo. Suitability of the Method Of Lines for rendering analytic/numeric solutions of the unsteady heat conduction equation in a large plane wall with asymmetric convective boundary conditions // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2016. V. 99. P. 201–208.
14. Alessandro Bigliaa, Lorenzo Combaa, Enrico Fabriziob, Paolo Gaya, Davide Ricauda Aimoninoa. Case studies in food freezing at very low temperature / 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2016, 14–16 September 2016, Turin, Italy
15. Anikin G. V., Spasennikova K. A., Grigoriev B. V., Yanbikova Y. F. The calculation of temperature field in soils under the base of oilreservoirat the varandey oil field / In the collection: MATEC Web of Conferences. Series: International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City” 2017. p. 02005.
16. Belozarov G. A., Mednikova N. M., Pytchenko V. P. Investigation of heat exchange during movement in a horizontal tube of an aqueous propylene-glycol ice slurry // *Chemical and Petroleum Engineering*. 2017. V. 53. No 3–4. P. 260–265.
9. Lykov, A. V. Theory of thermal conductivity. Moscow: High school, 1967. 600 p. (in Russian)
10. Ferreira S. R., Rojas L. O. A., Souza D. F. S., Oliveira J. A. Freezing time of an infinite cylinder and sphere using the method of lines. *International Journal of Refrigeration*. 2016. V. 68. P. 37–49. (in Russian)
11. Rao Yingli, Irarorrry Jose, Tao Yong X. Dongnan daxue xuebao (Ziran kexue ban). *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*. 2005. V. 35. No 1. P. 149–153.
12. Li Ruixia, Wang Weicreng. Qinghua daxue xuebao (Ziran kexue ban). *Journal of Tsinghua University (Sci. and Technol.)*. 2006. V. 46. No 5. P. 682–686.
13. Marcelo D. Marucho, Antonio Campo. Suitability of the Method Of Lines for rendering analytic/numeric solutions of the unsteady heat conduction equation in a large plane wall with asymmetric convective boundary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2016. V. 99. P. 201–208.
14. Alessandro Bigliaa, Lorenzo Combaa, Enrico Fabriziob, Paolo Gaya, Davide Ricauda Aimoninoa. Case studies in food freezing at very low temperature. 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2016, 14–16 September 2016, Turin, Italy
15. Anikin G. V., Spasennikova K. A., Grigoriev B. V., Yanbikova Y. F. The calculation of temperature field in soils under the base of oilreservoirat the varandey oil field / In the collection: MATEC Web of Conferences. Series: International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City” 2017. p. 02005.
16. Belozarov G. A., Mednikova N. M., Pytchenko V. P. Investigation of heat exchange during movement in a horizontal tube of an aqueous propylene-glycol ice slurry. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2017. V. 53. No 3–4. P. 260–265.

Сведения об авторах

Бабакин Борис Сергеевич

д. т. н. профессор кафедры «Ресурсосберегающие процессы и технологии пищевых производств» Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, holod@mgupp.ru

Воронин Михаил Ильич

к. т. н., доцент кафедры «Ресурсосберегающие процессы и технологии пищевых производств» Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, aspirantpp@yandex.ru

Семенов Евгений Владимирович

д. т. н., профессор кафедры «Технологии продуктов из растительного сырья и парфюмерно-косметических изделий» Московского государственного университета технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), 109004, г. Москва, Земляной Вал, 73, sem-post@mail.ru

Бабакин Сергей Борисович

к. т. н., Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности (ВНИИХ) — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12, holod@mgupp.ru

Information about authors

Babakin Boris Sergeevich

D. Sc., Professor of the Department of resource-saving processes and technologies of food production of Moscow State University of Food Production, Russia, 125080, Moscow, Volokolamskoe sh., 11, holod@mgupp.ru

Voronin Mikhail Ilyich

Ph. D., Associate Professor of the Department of resource-saving processes and technologies of food production of Moscow State University of Food Production, Russia, 125080, Moscow, Volokolamskoe sh., 11, aspirantpp@yandex.ru

Semenov Evgeni Vladimirovich

D. Sc., Professor of the Department of technologies of products from plant raw materials and perfumery and cosmetics of K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), Russia, 109004, Moscow, Zemlyanoy Val, 73, sem-post@mail.ru

Babakin Sergey Borisovich

Ph. D., All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry — Branch of V. M. Gorbato Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Russia, 127422, Moscow, Kostyakova str., 12, holod@mgupp.ru

Белозеров Антон Георгиевич

к. т. н., заместитель директора ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 109316, Москва, ул. Талалихина, 26, a.belozеров@fncps.ru

Belozеров Anton Georgievich

Ph. D., Deputy Director V. M. Gorbатов Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences”, Russia, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26, a.belozеров@fncps.ru

Сучков Александр Николаевич

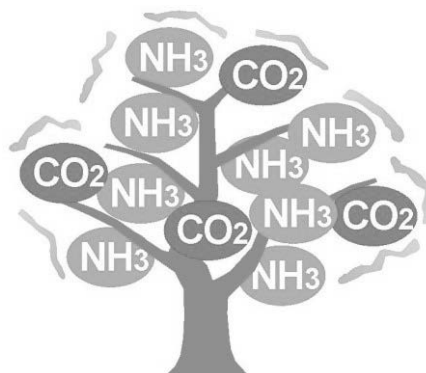
инженер, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности (ВНИИХ) — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12, alexandr-truba@yandex.ru

Suchkov Alexander Nikolaevich

Engineer, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry — Branch of V. M. Gorbатов Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Russia, 127422, Moscow, Kostyakova str., 12, alexandr-truba@yandex.ru



**FIRST ANNOUNCEMENT AND CALL FOR PAPERS
8th INTERNATIONAL CONFERENCE**



Ammonia and CO₂ Refrigeration Technologies

**IIR Commissions: B2 with B1, D1
April 11-13, 2019, Ohrid, Republic of Macedonia**

ABOUT THE CONFERENCE:

The climate change is a global issue with catastrophic consequences which remind us almost every day. There are alarming projections of GHG emissions including HFCs. In Europe the Regulation No 517/2014 on F-gases has been introduced with gradually phase-down. The 28 Meeting of the Parties (in 2016) adopted an amendment to the Montreal Protocol for gradually phase-down of HFCs (from 2019 to 2047) to achieve 85% reduction. Recently, new HFC refrigerants (named HFOs) with low GWPs are appeared on the market.

The topics of the conference are: design of modern ammonia and new CO₂ systems and technological innovations, improving energy efficiency, various applications, technical guidelines and safety regulations. It is very clear: by using more ammonia and CO₂ refrigerants, we are employing environmentally friendly technologies.

MAIN TOPICS:

- ✓ Design of modern ammonia (NH₃) systems and technological innovation
- ✓ Design of carbon dioxide (CO₂) refrigeration and heat pump systems
- ✓ New innovative components
- ✓ Energy efficiency of ammonia and CO₂ refrigerating systems
- ✓ Applications of ammonia and CO₂ refrigeration
- ✓ Absorption machines
- ✓ Ammonia and CO₂ systems in developing countries
- ✓ Technical and safety issues; Guidelines and training materials
- ✓ Public awareness of the image and benefits of natural refrigerants

Organized by

Faculty of Mechanical Engineering, University "Ss. Cyril & Methodius" - Skopje
www.mf.edu.mk/web_ohrid2019/ohrid-2019.html

More information:

Faculty of Mechanical Engineering
PO Box 464 1000 Skopje R. Macedonia
e-mail: ristoci@ukim.edu.mk or info@energija.com.mk