УДК 663.86:663.46

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ТУШЕК ПТИЦЫ

Е.Н. Неверов

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

e-mail: neverov42@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 27.10.2015
Дата принятия в печать: 05.11.2015

В настоящее время спрос на охлажденное мясо индейки значительно вырос, так как оно обладает повышенной энергетической ценностью, сбалансированностью состава белка, наличием биологически активных веществ, высокой усвояемостью, считается диетическим. Мясо индейки сохраняет свои полезные свойства при хранении в охлажденном виде, но при этом срок его хранения небольшой, что накладывает определенные ограничения при реализации этого продукта. Для увеличения сроков хранения мяса птицы учеными рассматривается один из перспективных способов, в котором продукт непосредственно находится в контакте с диоксидом углерода. Процесс холодильной обработки производится путем воздействия на продукт холодной газовой и жидкой средой или созданием смеси из газа и диспергированного в нее твердого CO_2. В Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности (университете) на кафедре «Теплохладотехника» разработана установка, позволяющая перед транспортировкой тушек птицы подавать снегообразный диоксид углерода как на поверхность, так и во внутреннюю полость, что позволяет одновременно охлаждать и транспортировать продукт. Проведены исследования характера изменения температурного поля и кинетики теплоотвода при холодильной обработке тушек птицы. Определено время и расход диоксида углерода при охлаждении тушек индейки с различными вариантами нанесения диоксида углерода на поверхность тушки. Установлено, что введение снегообразного диоксида углерода внутрь тушки индейки оправдано, так как снегообразный диоксид углерода, размещенный во внутренней полости тушки, сублимирует практически только за счет теплоты, отводимой от тушки. При этом снегообразный CO_2, находящийся на поверхности индейки, отводит теплоту также и от окружающей среды, что приводит к значительному сокращению длительности сублимации и повышенному расходу диоксида углерода. При этом диоксид углерода подавляет действие многих микроорганизмов и размещение его во внутренней полости тушки индейки приведет к увеличению сроков ее хранения.

Птица, тушка индейки, диоксид углерода, аппарат, сублимация, температурное поле, плотность теплового потока, теплопроводность, температура, изотермы, теплота

Введение

В последние годы потребление охлажденного мяса индейки в России и за рубежом растет благодаря особенностям данного вида мяса, таким как: повышенная энергетическая ценность, сбалансированность состава белка, наличие биологически активных веществ, высокая усвояемость. Мясо индейки считается диетическим, содержит много разнообразных полезных веществ, богато витаминами А, B_2, B_{12}, PP, B_6, микроэлементами, а также присутствует йод, селен, марганец и сера [7].

Все эти компоненты сохраняют свои полезные свойства при хранении мяса в охлажденном виде, но при этом срок его хранения небольшой, что накладывает определенные ограничения при реализации этого продукта.

В настоящее время для холодильной обработки пищевых продуктов получают развитие способы, в которых продукт непосредственно находится в контакте с диоксидом углерода. Процесс холодильной обработки производится путем воздействия на продукт холодной газовой и жидкой средой или созданием смеси из газа и диспергированного в нее твердого CO_2. С целью максимального использования теплоты сублимации продукт покрывают «снеговой шубой», получаемой после дросселирования жидкого CO_2 [1, 3, 4, 5].

Сдерживающим фактором широкого применения диоксида углерода является отсутствие эффективных технологий его применения для холодильной обработки продуктов.

Для расширения области применения диоксида углерода и повышения эффективности его использования в Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности (университете) на кафедре «Теплохладотехника» разработана установка, позволяющая перед транспортировкой тушек индейки подавать снегообразный диоксид углерода как на поверхность, так и во внутреннюю полость, что позволяет одновременно охлаждать и транспортировать продукт [1, 6].

Объекты и методы исследований

С целью выявления наиболее эффективного способа применения диоксида углерода для охлаждения при транспортировке мяса индейки проводились исследования с различными вариантами нанесением снегообразного CO_2 на поверхность тушки индейки массой (5,2±0,1) кг, основной задачей которых являлось: определение зависимости изменения температурного поля индейки как по времени, так и по толщине тушки; определение изменения плотности тепловых потоков; определение времени охлаждения и расхода CO_2.

Изменение температуры в тушке и в камере контролируется при помощи хромель-копелевых термопар, сигнал от которых поступает на контроллер температуры. Измерение плотности теплового потока от внутренней поверхности индейки осуществляется при помощи зонда теплового потока, сигнал с которого поступает на измеритель теплового потока ИПП-2.

Результаты и их обсуждение

Первая серия экспериментов была проведена с подачей снегообразного диоксида углерода во внутреннюю полость тушки индейки массой (5,2±0,1) кг, после подачи порции CO_2 тушки размещаются в полимерных контейнерах, которые устанавливаются в теплоизолированной камере с температурой 20 °С.

Масса снегообразного диоксида углерода, помещенного во внутреннюю полость составила 0,350 кг. Время охлаждения до полной сублимации CO_2 118 мин.

В результате эксперимента после полной сублимации диоксида углерода нормируемой температуры в тушке достичь не удалось, и в конце процесса охлаждения она составила 6,3 °С при значении плотности теплового потока, равного 1181 Вт/м² [2].

Так как данный способ не позволил эффективно охладить тушку индейки, в дальнейших экспериментах использовали упаковку, которая обеспечивает дополнительное использование газообразного CO_2, полученного при сублимации CO_2. Проведены исследования процесса охлаждения тушки индейки с использованием упаковки, которая позволила снизить температуру поверхностных слоев за счет отвода теплоты газообразным диоксидом углерода. В результате температура в тушке достигла значения 4,9 °С и произошло увеличение плотности теплового потока до 1397 Вт/м². При этом нормируемой температуры в тушке добиться не удалось.

Для более эффективного снижения температуры в тушке индейки было принято решение подавать снегообразный CO_2 на наружную поверхность тушки непосредственно в контейнеры, которые размещены в камере с температурой 20 °С. Термограмма процесса охлаждения и схема установки термопар представлены на рис. 1. Время сублимации составило 147 мин, расход диоксида углерода составил 0,804 кг. На момент окончания сублимации температура в тушке составила 1,8 °С.

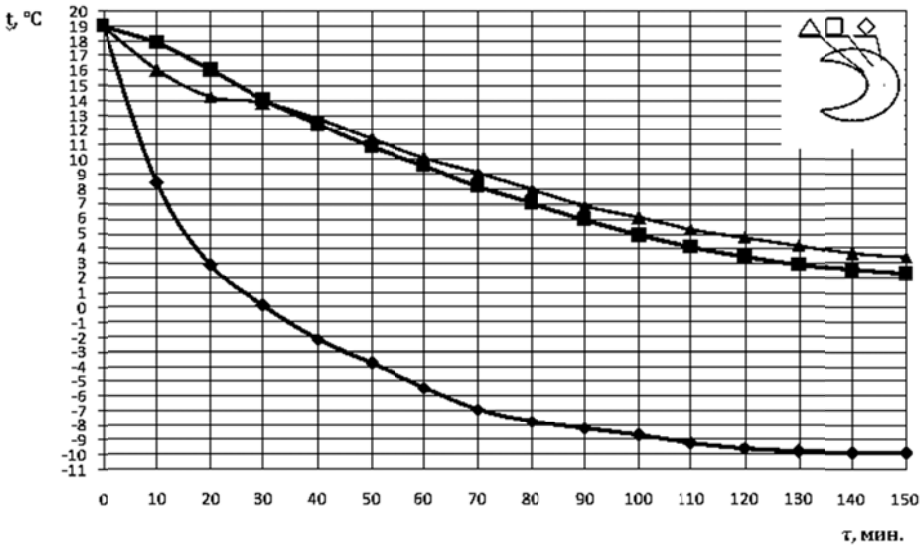

Рис. 1. Термограмма процесса охлаждения тушки индейки массой (5,2±0,1) кг снегообразным CO_2, расположенным на наружной поверхности, при температуре в камере 20 °С

Анализ закономерностей изменения температурного поля позволяет сделать вывод, что процесс охлаждения наружного слоя мяса происходит более интенсивно за счет непосредственного контакта CO_2 с мясом индейки, что приводит к подмораживанию кожи тушки без подмораживания мяса, в то время как внутренний слой тушки недостаточно эффективно охлаждается, что может привести к интенсивному развитию микроорганизмов во внутренней полости птицы после окончания сублимации диоксида углерода.

На рис. 2 приведен график изменения плотности теплового потока при охлаждении тушки индейки массой (5,2±0,1) кг снегообразным CO_2, расположенным на наружной поверхности, при температуре в камере 20 °С.

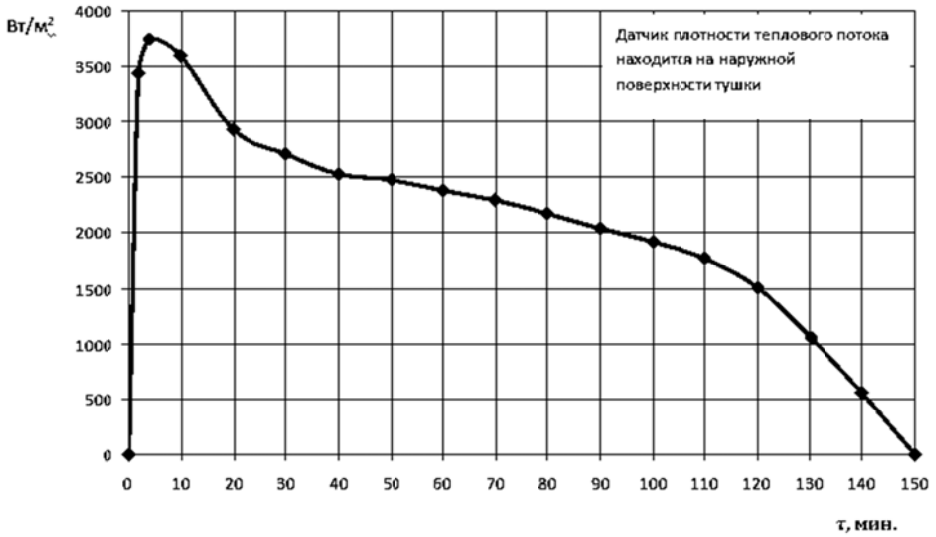

Рис. 2. График изменения плотности теплового потока при охлаждении тушки индейки массой (5,2±0,1) кг снегообразным CO_2, расположенным на наружной поверхности, при температуре в камере 20 °С

В результате значение плотности теплового потока как в первоначальный момент, так и в течение всего эксперимента выше, чем в предыдущем эксперименте, это связано с тем, что для охлаждения тушки индейки используется значительно большее количество снегообразного диоксида углерода.

Анализ экспериментальных данных показывает, что среднеинтегральное значение плотности теплового потока наружной поверхности составляет $q_{ср}$ = 1249 Вт/м². Максимальное значение плотности теплового потока q_{max} = 3752 Вт/м².

С целью установления самого эффективного способа охлаждения мяса индейки при транспортировке, позволяющего снижать расход CO_2 и уменьшать время охлаждения, было проведено исследование процесса охлаждения индейки снегообразным диоксидом углерода, расположенным во внутренней полости и на наружной поверхности, при температуре в камере 20 °С и массой тушки (5,2±0,1) кг.

Термограмма процесса охлаждения и схема установки термопар (рис. 3). Время сублимации составило 78 мин. Расход диоксида углерода снизился до 0,566 кг.

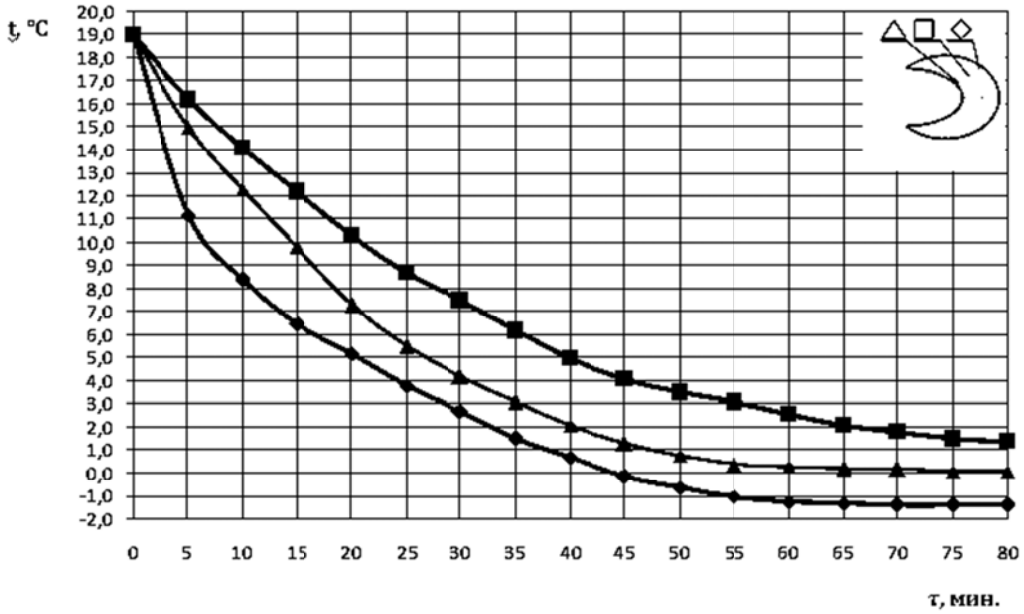

Рис. 3. Термограмма процесса охлаждения тушки индейки массой (5,2±0,1) кг снегообразным CO_2, расположенным во внутренней и на наружной поверхности, при температуре в камере 20 °С

Здесь процесс охлаждения наружного слоя происходит интенсивно до 60 мин, после чего понижение температуры прекращается, так как часть снегообразного CO_2 уже просублимировала и дальнейшее охлаждение осуществляется только газообразным диоксидом углерода. Это также подтверждает и кривая изменения плотности теплового потока, среднеинтегральное значение q от наружной поверхности составляет 1260 Вт/м^2 (рис. 4).

Анализ характера изменения температуры внутреннего слоя тушки индейки дает основание считать, что темп падения температуры ниже, чем при охлаждении наружного слоя. Такую разность в интенсивности теплообмена можно объяснить тем, что внутри тушки, между поверхностью продукта и слоем сублимируемого CO_2, возникает газовая прослойка, которая создает дополнительное термическое сопротивление теплоотдаче. В этом случае среднеинтегральное значение q составит 1120 Вт/м^2 (рис. 4).

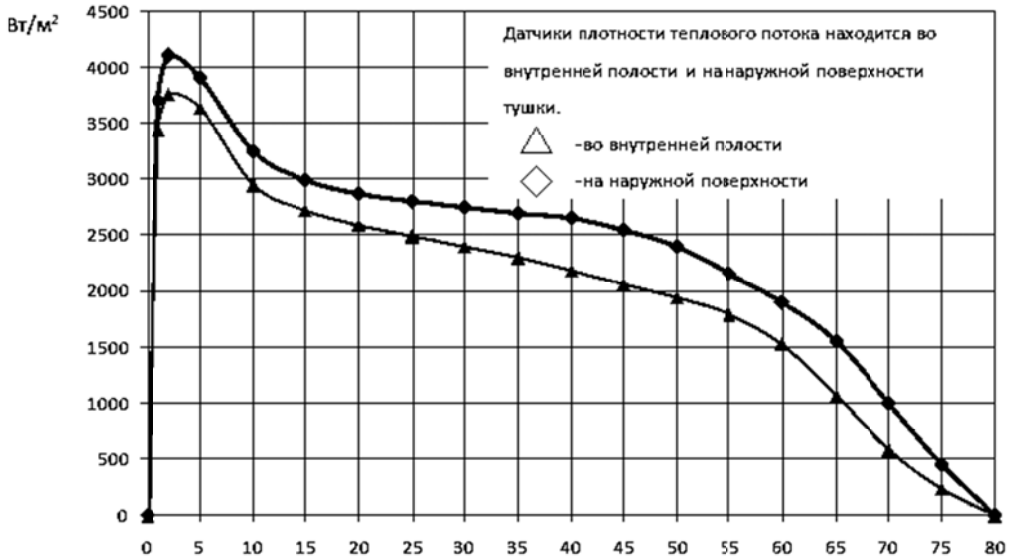

Рис. 4. График изменения плотности теплового потока при охлаждении тушки индейки массой (5,2±0,1) кг снегообразным CO_2, расположенным во внутренней полости и на наружной поверхности, при температуре в камере 20 °С

На момент окончания сублимации во всех слоях мяса были достигнуты допустимые значения температур. Температура внутреннего слоя составила 0,1 °С, температура среднеобъемная устанавливается на значении 1,4 °С, а охлаждение наружного слоя происходит очень эффективно с небольшим подмораживанием кожного покрова тушки и составляет минус 1,4 °С.

Таким образом, введение снегообразного диоксида углерода внутрь тушки индейки оправдано, так как снегообразный диоксид углерода, размещенный во внутренней полости тушки, сублимирует практически только за счет теплоты, отводимой от тушки. При этом снегообразный CO_2, находящийся на поверхности индейки, отводит теплоту также и от окружающей среды, что приводит к значительному сокращению длительности сублимации и повышенному расходу диоксида углерода.

Также, при охлаждении индейки снегообразным диоксидом углерода сокращается его расход, в отличие от способа охлаждения с применением газообразного CO_2 из-за более высокой теплоемкости диоксида углерода, находящегося в твердой фазе. При таком способе охлаждения, получая диоксид углерода в снегообразной фазе методом дросселирования жидкой углекислоты, часть диоксида углерода переходит в газообразное состояние и снижает тем самым выход CO_2 в твердой фазе, но при этом из разработанного нами оборудования он не удаляется, а используется для предварительного охлаждения продукта, с дальнейшей его рекуперацией, что позволяет значительно сократить расход CO_2.

При этом, диоксид углерода подавляет действие многих микроорганизмов и размещение его во внутренней полости тушки индейки приведет к увеличению сроков ее хранения.

Список литературы

1.Буянов, О.Н. Исследования работы генератора-дозатора снегообразного диоксида углерода / О.Н. Буянов, Е.Н. Неверов, А.А. Горохов // Вестник Международной академии холода. – 2005. – № 4. – С. 20– 21.

2.ГОСТ Р 53458-2009. Мясо индеек (тушки и их части), общие технические условия.

3.Неверов, Е.Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки птицы и рыбы: монография / Е.Н. Неверов, О.Н. Буянов; КемТИПП. – Кемерово, 2013. – 191 с.

4.Неверов, Е.Н. Применение упаковки при охлаждении цыплят-бройлеров диоксидом углерода / Е.Н. Неверов, О.Н. Буянов, А.Н. Гринюк // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 2. – С. 15–19.

5.Неверов, Е.Н. Расход тепла при сублимации CO_2 в таре при транспортировании мяса птицы // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сб. науч. ст. Вып. 10 / под ред. Л.А. Маюрниковой; Кем. технол. ин-т пищевой пром. – Кемерово, 2005. – 180 с.

6.Устройство для холодильной обработки тушек птицы диоксидом углерода: пат. 2453779 Рос. Федерация: МПК F25D 3/12 F25D 13/00 / Буянов О.Н., Неверов Е.Н., Нечаев С.Н.; заявитель и патентообладатель Кем. технол. ин-т пищевой пром. – № 2011101329/13; заявл. 13.01.2011; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17. – 5 с.: ил.

7.Физико-химические и биохимические особенности мяса птицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://meat-and-spices.com (Дата обращения: 17.08.2015).

THE USE OF CARBON DIOXIDE FOR COLD TREATMENT OF POULTRY CARCASSES

E. N. Neverov

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

e-mail: neverov42@mail.ru

Received: 27.10.2015
Accepted: 05.11.2015

Now demand for the cooled turkey meat grew considerably as it possesses the increased power value, balance of protein composition, availability of biologically active agents, high bioavailability, it is also considered dietary. Turkey meat retains its useful properties during chilled storage, but the term of its storage is small which imposes certain restrictions when sold. For increasing fowl storage periods the scientists consider a perspective way in which the product is in direct contact with carbon dioxide. Cooling treatment is made by the impact of the cold gas and liquid environment on the product or creating the mixture from gas and the firm CO2 dispersed in it. The plant allowing the supply of snow-like carbon dioxide both onto the surface and into the internal cavity of bird carcasses before their transportation is developed at the HVAC department of the Kemerovo institute of food science and technology (university). It allows cooling and transportation of the product at the same time. The nature of changes in temperature field and heat-removal kinetics in cooling treatment of bird carcasses is investigated. Consumption and time of various option carbon dioxide treatment of turkey carcass surface when cooling are defined. It is established that introduction of the snow-like carbon dioxide into a turkey carcass is justified, since the carbon dioxide placed in the internal cavity of a carcass sublimates substantially due to the warmth which is taken away from the carcass. The snow-like CO2 on the turkey surface takes heat away from the environment as well, that leads to considerable reduction of the sublimation period and the raised carbon dioxide consumption. Thus, carbon dioxide suppresses the action of many microorganisms, and its placement in the internal cavity of a turkey carcass will lead to the increase in term of storage.

Bird, turkey carcass, carbon dioxide, apparatus, sublimation, thermal field, heat flux density, thermal conductivity, temperature, isotherm, heat

References

1. Buyanov O.N., Neverov E.N., Gorokhov A.A. Issledovaniya raboty generatora-dozatora snegoobraznogo dioksida ugleroda [Researches of operation of the generator batcher of snegoobrazny carbon dioxide]. *Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii Kholoda*, 2005, no. 4, pp. 20–21.

2. *GOST R 53458-2009. Myaso indeek (tushki i ikh chasti). Obshchie tekhnicheskie usloviya* [State Standard R *53458-2009.* Meat of turkeys (carcass and their part). General specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 14 p.

3. Neverov E.N., Buyanov O.N. *Primenenie dioksida ugleroda dlya kholodil'noy obrabotki ptitsy i ryby* [Use of carbon dioxide for cooling treatment of a bird and fish]. Kemerovo, KemIFST Publ., 2013. 191 p.

4. Neverov E.N., Buyanov O.N., Grinjuk A.N. Primenenie upakovki pri okhlazhdenii tsyplyat-broylerov dioksidom ugleroda [A package used when cooling meat-type chicken with carbon dioxide]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2014, vol. 33, no. 2, pp.15–19.

5. Neverov E.N. Raskhod tepla pri sublimatsii SO2 v tare pri transportirovanii myasa ptitsy [Heat expense at sublimation of CO2 in container at a fowl transporktirovaniye]. *Sbornik nauchnykh statey «Produkty pitaniya i ratsional'noe ispol'zovanie syr'evykh resursov»* [Collection of scientific articles “Food and rational use of raw material resources”]. Кемерово, 2005. 180 p.

6. Buyanov O.N., Neverov E.N., Nechaev S.N. *Ustroystvo dlya kholodil'noy obrabotki tushek ptitsy dioksidom ugleroda* [The device for cooling treatment of carcasses of a bird carbon dioxide]. Patent RF, no. 2453779, 2012.

7. *Fiziko-khimicheskie i biokhimicheskie osobennosti myasa ptitsy* [Physical and chemical and biochemical features of fowl]. Available at: http://meat-and-spices.com. (accessed 17 August 2015).

Дополнительная информация / Additional Information

Неверов, Е.Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки тушек птицы / Е.Н. Неверов // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 39. – № 4. – С. 111–115.

Neverov E.N. The use of carbon dioxide for cold treatment of poultry carcasses. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 39, no. 4, pp. 111–115 (In Russ.)

Неверов Евгений Николаевич
канд. техн. наук, доцент кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-32, e-mail: neverov42@mail.ru

Evgeniy N. Neverov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Heat Refrigerant Equipment, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-32, e-mail: neverov42@mail.ru