

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



**Х ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2020»**

**X ANNIVERSARY INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2020»**

Сборник докладов конференции
4-5 марта 2020г.
Proceedings of the Conference
March 4-5 , 2020

Нур-Султан, 2020

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392
К 14

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

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Радченко Н.И., Грановский А.С., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К 14 Казахстан-Холод 2020: Сб. докл. межд. науч-техн. конф. (4-5 марта 2020г.) =
Kazakhstan-Refrigeration 2020: Proceeding sof the Conference (March 4-5, 2020). –
Алматы: АТУ, 2020. –249 с., русский, английский

ISBN 978-601-263-529-4

На конференции при участии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан обсуждалось стратегическое видение и поиск среднесрочных решений по применению экологически безопасных холодильных агентов и развитию «Зеленых» технологий переработки пищевых продуктов и холодильных технологий для Республики Казахстан.

В докладах из Казахстана, России, Украины, Германии, Бельгии, Дании, Японии, Южной Кореи, Италии представлены результаты научных исследований, посвященные экологически безопасным холодильным агентам, компрессорам, теплообменным аппаратам, компонентам, системам автоматизации, технологиям холодильного хранения и переработки пищевых продуктов. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной техники, пищевой и нефтегазовой промышленности, а также на специалистов систем кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения.

At the conference, the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan jointly discussed the strategic vision and search for medium-term solutions for the use of environmentally friendly refrigerants and the development of "Green" food processing and refrigeration technologies for the Republic of Kazakhstan.

The reports from Kazakhstan, Russia, Ukraine, Germany, Belgium, Denmark, Japan, South Korea, Italy present the results of scientific research on environmentally friendly refrigerants, compressors, heat exchangers, components, automation systems, technologies for refrigerated storage and processing of food products and practical implementation. The Proceedings are intended for specialists and scientists working in the areas of refrigeration, food and oil and gas industries, as well as for specialists in air conditioning and life support systems.

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-529-4

© АТУ, 2020

changing their energy intake] / I.Yu. Aleksanyan, L.M. Titova, A. X-X. Nugmanov, [Elektronny`jresurs]: tez. dokl. Astraxan`: Izdatel`stvo AGTU, 2014.

5. Ginzburg A.S. Gromov M.A., Krasovskaya G.I. Teplofizicheskiekarakteristikipishheykhproduktov (Spravochnik) [Thermophysical characteristics of food products (Reference)]. – M.: Agropromizdat, 1990. – 288 s.

6. Ginzburg A.S. Massovlagoobmenniyekarakteristikipishheykhproduktov [Mass exchange characteristics of food products] / A.S. Ginzburg, I.M. Savina. – Moskva: Legkayaipishhevayapromyshlennost, 1982. – 280 s.

7. Osipov A.I. Termodinamikavchera, segodnyaizavtra [Thermodynamics yesterday, today and tomorrow] // SorosovskijObrazovatel`ny`jurnal. – 1999. – № 4. – 79 s.

8. Osipov A.I., Uvarov A.V. Entropiyaieerol v nauke. Nauchno-populyarnayastatya [Entropy and its role in science. Popular science article] // Sorosovskijobrazovatel`ny`jzhurnal. – 2004. – № 1. – S. 70-79.

9. Murin G.A. Teplotekhnicheskieizmereniya [Thermal measurements]. – M., Energiya, 1979. – 424 s.

10. Stepanova O.A. Razra botkapro cessate micheskojobrabortkivarenykhkolbas s rastitelnymidobavkami s uchetomkineticheskikhitermodinamicheskikhpokazateleikachestva [Development of the process of heat treatment of cooked sausages with vegetable additives taking into account the kinetic and thermodynamic quality indicators]: dis. kand. texn. nauk: 05.18.12 . - Semei, 2002. – 186 s.

УДК 621.892

EXPERIMENTAL MESUREMENT OF THE AVERAGE MOLAR MASS OF COMPRESSOR OILS FOR R290 REFRIGERANT

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ МОЛЯРНОЙ МАССЫ КОМПРЕССОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ХЛАДАГЕНТА R290

Kornievich S.G.^a , PhD student Nesterov P.S.^b , PhD student Dmitriev E.D.^c , PhD student Zhelezny V.P.^d , Prof.	Корниевич С.Г.^a , аспирант Нестеров П.С.^b , аспирант Дмитриев Е. Д.^c , аспирант Железный В.П.^d , д.т.н., проф.
Odessa National Academy of Food Technologies, Institute of Refrigeration, Cryotechnologies and Ecoenergetics, 1/3 Dvoryanskaya Str., 65082 Odessa, Ukraine	Одесская национальная академия пищевых технологий, Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики, Украина, г. Одесса, 65082, ул. Дворянская, 1/3
E-mail: a – kornievichserge13@gmail.com; b – pavvelnest@gmail.com; c – ekandrob@gmail.com; d – zheleznyv@gmail.com	

Abstract

The results of study of the average molar mass of ProEco® RF 22 S and RENISO SP46 compressor oils, which are widely used in refrigeration systems operated with refrigerant R290 are presented in paper. Description of the experimental setup that implements the ebullioscopic method and the experiment results are described.

Key words: Compressor oil - Molar mass - Ebullioscopic method.

Аннотация

В работе представлены результаты исследования средней молярной массы компрессорных масел ProEco® RF 22 S и RENISO SP46, которые широко применяются в холодильном оборудовании использующим хладагент R290. Приведено описание экспериментальной установки, реализующей эбуллиоскопический метод, и методика проведения эксперимента.

Ключевые слова: Компрессорное масло – Молярная масса – Эбуллиоскопический метод.

Введение

Прогресс в решении задач теплофизического моделирования свойств реальных рабочих тел холодильного оборудования, под которыми следует понимать растворы хладагент/масло (РХМ), невозможен без информации о молярной массе применяемых компрессорных масел. В свою очередь, отсутствие данных о термодинамических свойствах и коэффициентах переноса РХМ в значительной

мере затрудняет изучение процессов теплообмена в испарителе и конденсаторе, а также разработку и реализацию мероприятий, направленных на повышение эффективности холодильного оборудования.

Вместе с тем, данных о молярной массе промышленных образцов компрессорных масел, предназначенных для применения с альтернативными хладагентами, в литературе содержится недостаточно [1 – 10].

Причин, обусловивших сложившуюся ситуацию, несколько. Во-первых, номенклатура применяемых в холодильной технике компрессорных масел чрезвычайно широка [4]. По-прежнему в практике холодильного машиностроения широко применяются минеральные масла, которые могут быть получены как продукт переработки нефти, так и за счет формирования многокомпонентных смесей углеводородов, синтезированных химическим путем. В современных компрессорах, работающих на галоидопроизводных озоноразрушающих хладагентах, используются масла на полиэфирной основе (POE) или на основе полиалкиленгликолевых соединений (PAG). Во-вторых, для улучшения отдельных эксплуатационных характеристик компрессорных масел в их состав вводят различные присадки: вязкостные, антиокислительные, противокоррозионные, противопенные, понижающие температуру застывания, улучшающие противоизносные качества, а также многофункциональные. В-третьих, состав промышленных образцов масел всегда неизвестен, поскольку он является коммерческой тайной.

Кроме того, сложность и многовариантность состава полиалкиленгликолевых, алкилбензолных, нафтеновых, парафиновых и др. масел, а также наличие в них технологических присадок, ставят под сомнение возможность разработки и использования каких-либо обобщенных корреляций, предназначенных для определения их средней молярной массы и расчета теплофизических свойств РХМ. Хотя попытки создания подобных корреляций известны.

Например, в работе [1] приведен ряд уравнений для расчета молярной массы полиэфирных масел, которые рекомендуется использовать при допущении, что указанные масла можно рассматривать как гипотетически чистые жидкости. В работе [2] для упрощения процедуры термодинамического моделирования вводится понятие “универсального” масла и предлагается модель для расчета свойств компрессорных масел независимо от их типа и состава.

В справочнике [3] приведена ограниченная информация о молярной массе компрессорных масел разного химического состава, которые предназначены для применения с хлорсодержащими и хлорфторсодержащими хладагентами. Однако сведения о маслах, хладагентах и их растворах с маслами, содержащиеся в этом справочнике, не являются достаточными, и требуют обновления с учетом тенденций перевода холодильной промышленности на альтернативные хладагенты.

Объекты исследования и экспериментальная установка

В качестве объектов исследования были рассмотрены образцы компрессорных масел ProEco® RF 22 S и RENISO SP46. Основные характеристические параметры компрессорных масел приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристические параметры компрессорных масел

Характеристические параметры	RENISO SP46	ProEco® RF 22 S
Вязкость при 20°C, мм ² /с	170	-
Вязкость при 40°C, мм ² /с	46	22,26
Вязкость при 100°C, мм ² /с	5,1	4,08
Плотность при 15°C, кг/м ³	872	949
Температура вспышки, °C	175	204
Температура застывания, °C	-42	-57
Число нейтрализации, мгКОН/г	0,03	0,01
Число омыления, мгКОН/г	1,1	2,7
Содержание воды, мг/кг	<30	40

Для определения средней молекулярной массы компрессорных масел была создана экспериментальная установка, реализующая эбуллиоскопический метод [11]. Этот метод основан на измерении разности температур кипения чистого растворителя и его раствора с исследуемым веществом в рамках предположения о том, что растворы с небольшой концентрацией вещества могут рассматриваться как идеальные. Принципиальная схема установки изображена на рисунке 1.

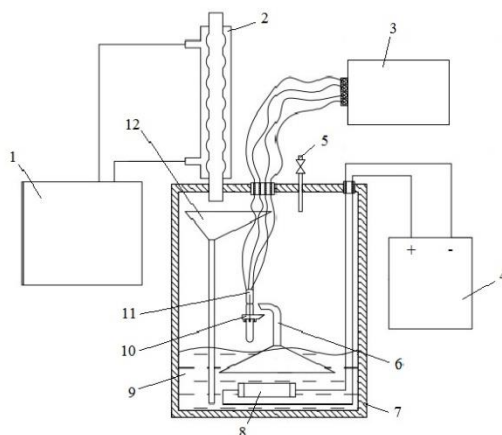


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для исследования средней молярной массы компрессорных масел: 1 – термостат U-T Тур U 10; 2 – стеклянный конденсатор; 3 – мультиметр Time Electronics 50656 ½; 4 – источник постоянного тока Electronics PromTools powerSupply 30V 50A; 5-заправочная магистраль; 6 – насос Котреля; 7 – стеклянная измерительная ячейка; 8 – нагреватель; 9 – раствор бензол/масло; 10 – воронка, 11 – платиновый термометр сопротивления 50 Ом; 12 – устройство отвода конденсата бензола в кипящий раствор бензол/ компрессорное масло

Основные элементы измерительной ячейки установлены в стеклянной ячейке 7, соединенной с атмосферой через конденсатор 2. В качестве растворителя в экспериментах использовался бензол (CAS 71-43-2), который имел чистоту 99,5%. Для нагрева растворителя (бензола) до температуры кипения и поддержания необходимой температуры во время проведения эксперимента использовались нагреватель 8, размещенный внутри стеклянной ячейки и источник постоянного тока 4 Electronics PromTools powerSupply 30V 50A.

Разность температур кипения чистого растворителя (бензола) и его раствора с маслом измерялась платиновым термометром сопротивления 11. Сопротивление термометра определялось мультиметром Time Electronics 50656 ½ с абсолютной погрешностью 0.1 °С. Выполненный анализ показывает, что расширенная неопределенность определения разности температур кипения бензола и растворов бензол/ компрессорное масло не превышала 2%. Для уменьшения влияния перегрева кипящей жидкой фазы раствора бензол/компрессорное масло на показания термометра использовался насос Котреля 6. Для лучшего теплового контакта между термометром и кипящим раствором бензол/ компрессорное масло поступающим из насоса Котреля на термометре установлена воронка 10. Загрузка исследуемых образцов масел в измерительную ячейку производилась через заправочную магистраль 5. Возврат части сконденсировавшихся паров растворителя в ячейку 7 обеспечивался стеклянным конденсатором 2, через который прокачивалась вода из термостата 1, U-T Тур U 10, имеющая постоянную температуру 25 °С. Для уменьшения теплообмена с окружающей средой измерительная ячейка была изолирована слоем фтор-каучука марки СКФ-26.

Методика и результаты экспериментального исследования

В рамках примененного метода исследования [11] молярная масса образцов компрессорных масел рассчитывалась по формуле

$$M = \frac{K_{эб}}{(\Delta T/C)_{C \rightarrow 0}} \quad (1)$$

где ΔT – разность температур кипения раствора и чистого растворителя, К; $C = m_{oil}/m_{бенз}$ – отношение массы масла, содержащегося в растворе, к массе бензола; m_{oil} – масса масла, г; $m_{бенз}$ – масса бензола, г; $K_{эб}$ – эбуллиоскопическая константа растворителя, которая может быть рассчитана по формуле

$$K_{эб} = \frac{RT_{кип}^2 m_{бенз}}{l_{бенз}} \quad (2)$$

где R – универсальная газовая постоянная, Дж/(К·моль); $T_{кип}$ – температура кипения бензола, К; $m_{бенз}$ – молярная масса бензола, кг/моль; $l_{бенз}$ – удельная теплота парообразования бензола, Дж/моль.

Измерения разности температур кипения раствора и чистого растворителя производились при различных составах раствора с целью получения зависимости комплекса $\Delta T/C$ от концентрации C .

Поскольку эбуллиоскопическая константа сильно зависит от чистоты растворителя, при расчетах молярной массы использовалось значение $K_{эб}$, которое было получено по результатам тарировочного эксперимента. В качестве эталонного вещества с известной величиной молекулярной

массы был применен н-нонан (CAS 111-84-2) с чистотой 99,9 масс. %. По результатам проведенного исследования получено значение эбуллиоскопической константы бензола - $K_{эб}=2.60$. Это значение отличается на 1,5 % от рассчитанного по формуле (2) с использованием информации о свойствах бензола [12].

С целью подтверждения достоверности полученной информации о молярной массе компрессорных масел был проведен тарировочный эксперимент по нахождению молярной массы образцового вещества – тетралина (CAS 119-64-2) с чистотой 99,9 масс. %. Полученное в тарировочном эксперименте значение молярной массы тетралина составило 124,9г/моль, что отличается от справочных данных (132,2г/моль) на 5,6 %. С учетом чистоты используемых веществ (бензола и тетралина) приведенные отклонения экспериментальных и табличных данных можно считать приемлемыми.

Поскольку свойства реальных растворов отклоняются от законов идеальных растворов, молярную массу рассчитывали с использованием значения комплекса $\Delta T/C$, полученного путем экстраполяции зависимости $\Delta T/C=f(C)$ на значение C равное нулю. Зависимость комплекса $\Delta T/C$ от концентрации C для изученных масел представлена на рисунке 2. Полученные значения средней молярной массы масел приведены в табл. 2.

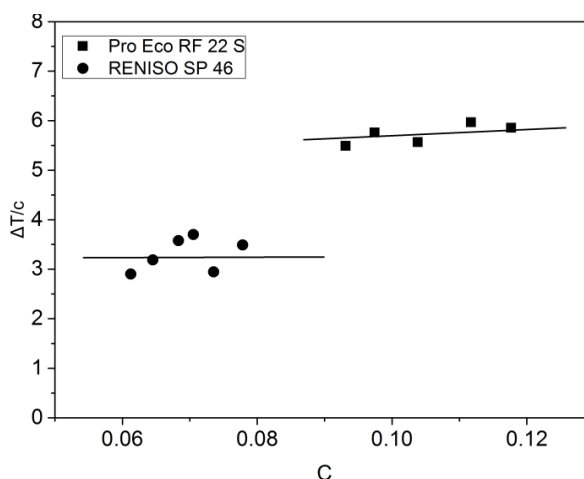


Рисунок 2 – Зависимость комплекса $\Delta T/C$ от концентрации C

Таблица 2 – Средняя молярная масса промышленных образцов компрессорных масел

Тип масла	Масло	M_{oil} , г/моль
Алкил-бенольное	RENISO SP46	777,7
Полиэфирное	ProEco® RF 22 S	453,9

Заключение

В результате проведенного исследования была получена информация о средней молярной массе двух коммерческих компрессорных масел, предлагаемых для использования в холодильном оборудовании с хладагентом R290 (пропан). Полученная экспериментальная информация будет использована авторами для расчёта термодинамических свойств реальных рабочих тел R290/RENISO SP46 R290/ ProEco® RF 22 S

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huber M.L., Lemmon E.W., Friend D.G. Modelling bubble points of mixtures of hydrofluorocarbon refrigerants and polyolester lubricants. / Fluid Phase Equilibria. – 2002. – № 194. – P. 511–519.
2. Yokozeki A. Solubility of refrigerants in various lubricants. / International Journal of Thermophysics. – 2001. – Vol. 22. – № 4. – P. 1057–1070.
3. ASHRAE Handbook for Refrigeration, Atlanta, GA, 1998.
4. Marsh K.N., Kandil M.E. Review of thermodynamic properties of refrigerants + lubricant oils. / Fluid Phase Equilibria. – 2002. – № 199. – P. 319–334.
5. Cavestri R. Solubility, viscosity and density measurements of oil – refrigerant solutions. Part 2. Polyalkylenglikols in R134a. / ASHRAE Transactions. – 1994. – P. 231–238.

6. Takigawa K., Sandler S.I., Yokozeki A. Solubility and viscosity of refrigerant / lubricant mixtures: hydrofluorocarbon / alkylbenzene systems. / International Journal of Refrigeration. – 2002. – № 25. – P. 1014–1024.
7. Monsalvo M.A., Baylaucq A., Reghem P., Quiñones-Cisneros S. E., Boned C. Viscosity measurements and correlations of binary mixtures: 1, 1, 1, 2-tetrafluoroethane (HFC-134a)+tetraethylene glycol dimethylether (TEGDME). / Fluid Phase Equilibria. – 2005. – №233. – P. 1–8.
8. Teodorescu M., Lugo L., Fernández J. Modeling of gas solubility data for HFCs–lubricant oil binary systems by means of the srk equation of state. / International Journal of Thermophysics. – 2003. –Vol. 24. – № 4. – P. 1043–1060.
9. Рувинский Г.Я., Лавренченко Г.К., Канаев В.В. Разработка кубических единых уравнений состояния для описания термодинамических свойств малоизученных веществ и систем копрессорное масло–фреон./ Теплофизические свойства веществ и материалов / ГСССД. – 1989. – Вып 28. – С. 140–150.
10. Fleming J.S., Yan Y. The prediction of vapour–liquid equilibrium behaviour of HFC blend–oil mixtures from commonly available data. / International Journal of Refrigeration. – 2003. – № 26. – P. 266–274.
11. Рафиков С.Г., Павлова С.А., Твердохлебова И.И. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. – М.: изд. академии наук СССР, 1963. – 335с.
12. <http://webbook.nist.gov/chemistry/fluid>

УДК 621.57 + 620.91

CURRENT DEVELOPMENT TRENDS OF SOLAR COOLING SYSTEMS DEVELOPMENT

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГЕЛИОИСПОЛЬЗУЮЩИХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Camara S.^a , PhD student Sulin A.B.^b , Doct. Tech. Sc., associate professor Nemchina I. O.^c , Postgraduate	Камара С.^а , аспирант Сулин А.Б.^б , док. тех. наук, доцент Немчина И. О.^с , магистрант
ITMO University, Russia, 197101 St. Petersburg, Kronverksky 49	Университет ИТМО, Россия, 197101, Санкт- Петербург, Кронверкский пр., 49
E-mail: a – camarasoumailas@gmail.com ; b – miconata@rambler.ru ; c – nemcinaira@gmail.com	

Abstract

The paper deals with current trends in the field of cooling systems based on solar energy. Modern technologies and possible ways of solar cooling production are given. A comparison of coefficients of performance and capital costs for various solar cooling technologies are presented.

Аннотация

В работе рассматриваются современные тренды в области систем охлаждения на основе солнечной энергии. Приводятся современные технологии и возможные пути производства солнечного охлаждения. Представлено сравнение коэффициентов преобразования и капитальных затрат для различных технологий солнечного охлаждения.

Введение

В последние годы потребление энергии во всем мире резко возросло из-за роста населения, качества жизни и промышленной деятельности [1]. Вследствие роста спроса к комфорту в строительном секторе, например, потребляется более 32,8 % - 35,3 % от общей доступной энергии [2]. Из-за глобального спроса на энергию выбросы CO₂, как ожидается, увеличатся к 2030 году почти на 60 % по сравнению с началом этого века [3, 4]. Этот растущий спрос на электроэнергию приводит к увеличению потребления первичной энергии и выбросов парниковых газов в результате производства электроэнергии из первичных источников энергии, таких как ископаемое топливо [4, 5]. По имеющимся данным в 2017 г. ископаемое топливо по-прежнему составляет 85,2 % мирового потребления первичной энергии по сравнению с 3,5 % возобновляемых источников энергии без учета гидроэнергетики [6].

- Esengeldinov A.S., Akimov M.M., Manulenko A.I., Baibassarova A.R., Zhumabekov A.S., Alshynova A.M.**
Analysis of food freezing methods
Есенгельдиов А.С., Акимов М.М., Мануленко А.И., Байбасарова А.Р., Жумабеков А.С., Алшынова А.М.
Анализ способов замораживания продуктов 88
- Zhumabekov A.S., Baibassarova A.R., Stepanova O.A., Yermolenko M.V., Gradoboyev A.V.**
Analysis of the rmophysical characteristics of various food products
Жумабеков А.С., Байбасарова А.Р., Степанова О.А., Ермоленко М.В., Градобоев А.В.
Анализ теплофизических характери стразличных пищевых продуктов 91
- Kornievich S.G., Nesterov P.S., Dmitriev E.D., Zhelezny V.P.**
Experimental mesurement of the average molar mass of compressor oils for R290 refrigerant
Корниевич С.Г., Нестеров П.С., Дмитриев Е. Д., Железный В.П.
Экспериментальное определение средней молярной массы компрессорных масел для хладагента R290 95
- Samara S., Sulin A.B., Nemchina I. O.**
Current development trends of solar cooling systems development
Камера С., Сулин А.Б., Немчина И. О.
Современные тенденции развития гелиоиспользующих систем охлаждения 99
- Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Shevchenko A.A.**
Studying the photoelectrical converter effectiveness to feed the electrolysis hydrogen generators
Соловей В.В., Зипунников Н.Н., Шевченко А.А.
Исследование эффективности использования фотоэлектрических преобразователей для электропитания электролизных генераторов водорода 106
- Karimov K.F., Agzamov F.B.**
Analysis of carbon dioxide refrigerating machines
Каримов К.Ф., Агзамов Ф.Б.
Анализ холодильных машин на диоксиде углерода 110
- Kakimov A.K., Muratbayev A.M., Zhumadilova G.A., Dzhumazhanova M.M.**
Maral root and echinacea
Какимов А.К., Муратбаев А.М., Жумадилова Г.А., Джумажанова М.М.
Маралий корень и эхинацея
Марал шөбі және қызыл күнгүрт 112
- Petrash V.D., Makarov V.O., Shevchenko L.F., Chernysheva I.V.**
Теплоснабжение на основе паракомпрессионной трансформации энергии охлаждения поверхности печи
Petrash V.D., Makarov V.O., Shevchenko L.F., Chernysheva I.V.
Heat supply based on vapor compression transformation of cooling energy of furnace surface 113
- Nurgaliev D.N., Yermolenko M.V., Zholbarisov I.A., Leonidova A.B.**
Влияние системных неисправностей на энергоэффективность холодильной установки
Nurgaliev D.N., Yermolenko M.V., Zholbarisov I.A., Leonidova A.B.
The effect of system malfunctions on the energy efficiency of a refrigeration unit 118
- Mironchuk Y.A., Tomchuk O.M., Khmelniuk M.H., Gogol N.I.**
Improvement of refrigerator efficiency by choosing the optimal thermal inertia of the elements of their constructions
Мирончук Ю. А., Томчик Е.Н., Хмельнюк М.Г., Гоголь Н.И.
Совершенствование эффективности холодильников выбором оптимальной тепловой инерции элементов их конструкций 120