

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., Шалбаев К.К., Галкин М.Л., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К 14 Казахстан-Холод 2019: Сб. докл.межд.науч.-техн.конф. (20-21 февраля 2019г.) = Kazakhstan-Refrigeration 2019: Proceedings of the Conference (February 20-21, 2019). – Алматы: АТУ, 2019. – 218 с., русский, английский

ISBN 978-601-263-484-6

В докладах представлены результаты научных исследований, посвященные холодильным компрессорам, теплообменным аппаратам, системам автоматизации, цифровизации, технологиям холодильного хранения и переработки плодов и овощей и практическим внедрениям, представленные из Казахстана, России, Украины, Германии, Австрии, Беларуси, Кыргызстана, Голландии, Швейцарии и Узбекистана. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной техники, пищевой и химической промышленности, а также на специалистов систем кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

The proceedings present the results of scientific research on refrigeration compressors, heat exchangers, automation systems, digitalization, refrigeration storage technology and the processing of fruits and vegetables and practical implementations submitted from Kazakhstan, Russia, Ukraine, Germany, Austria, Belarus, Kyrgyzstan, Holland, Switzerland and Uzbekistan. The proceedings are devoted to professionals and scientists working in the fields of refrigeration, food and chemical industries, as well as to specialists in air conditioning systems and life support of residential, commercial buildings and sports complexes.

УДК 621.56/59(063)
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-484-6

© АТУ, 2019

графия / В А. Блинов, С.В. Ковалева, С.Н. Буршина. – Саратов: ИЦ «Наука», 2011. – 171 с.: ил.

4. Лыкова, Е.А. Применение пробиора и бифидумбактерина форте у новорожденных детей в условиях родильного дома / Е.А. Лыкова, Е.О. Дорошенко, Т.В. Мацулевич // Материалы XII Российского национального конгресса «Человек и лекарство». – М., 2005. – С.449.

5. Какимов, А.К. Пробиотики. Пребиотики. Синбиотики: аналитический обзор / А. К. Какимов, Ж. Х. Какимова, А.Е. Бепеева, В. В. Хуторянский, Ж.С. Есимбеков. – Усть-Каменогорск: ВКФ АО «НЦНТИ», 2015. – 49 с.

6. Семенихина, В.Ф. Особенности использования бифидобактерий при производстве пробиотических кисломолочных продуктов / В.Ф. Семенихина, И.В. Рожкова, А.В. Бегунова // Наука – производству. – 2011. – №2. – С.15-17.

7. Боранкулова, А.С. Использование бифидобактерий в производстве кисломолочных напитков / А.С. Боранкулова – 2013. – № 2. – С.67-69.

8. Бархатова, Т.В. Питательные среды для бифидобактерий: Учебное пособие для работников лабораторий молочной промышленности и биотехнологов / Т.В. Бархатова, Т.Н. Садовая. – Краснодар, Изд – во КРИА, 2003. – 20 с.

9. Васюков, М.С. Новые виды бифидосодержащих продуктов / М. С. Васюков // Молочная промышленность, №1. – 2004. – С. 41-45.

10. Фрампольская, Т.В. Бифидобактерии и их использование в технологии молочных продуктов: учебное пособие / Т.В. Фрампольская; под ред. Т.В. Фрампольская. – Краснодар: КРИА, 2001. – 40 с.

11. Бурлакова Е.В. Реализация свойств растительных пребиотических ингредиентов в биотехнологии и контроле качества бифидопродуктов: дис. канд. тех. наук / Е.В. Бурлакова. – Кубанский государственный технологический университет. – Ставрополь, 2009. – 124 с.

12. Boga, T. A probiotic fermented dairy drink improves antibody response to influenza vaccination in the elderly in two randomised controlled trials / T. Boga, M. Remigy, S. Vaudainec, J. Tanguy, R. Bourdet-Sicard, Sylvie van der Werf. // Vaccine. – 2009. – P. 5677-5684.

13. Самойлов, В. А. Молочные продукты пробиотической направленности / В. А. Самойлов, П. Г. Нестеренко, О.А. Суюнчив // Молочная промышленность. – 2007. – №7. – С. 45-46.

14. Kasımoğlu, A. Probiotic white cheese with *Lactobacillus acidophilus* / A. Kasımoğlu, M. Göncüoğlu, S. Akgün // International Dairy Journal. – 2004. – №14. – P. 1067-1073.

15. Maragkoudakis, P. A Production of traditional Greek yoghurt using *Lactobacillus* strains with probiotic potential as starter adjuncts / P. A. Maragkoudakis, C. Miaris, P. Rojez, N. Manalis, F. Magkanari, G. Kalantzopoulos, E. Tsakalidou // International Dairy Journal. – 2006. – №16. – P. 52-60.

16. Stanton, C. Probiotic Cheese / C. Stanton, G. Gardiner, P. B. Lynch, J. K. Collins, G. Fitzgerald, R. P. Ross // Int. Dairy Journal 8, 1998. – P. 491-496.

УДК 532.133:536.71

VAPOR PRESSURE AND VISCOSITY OF MIXTURE OF SYNTHETIC OIL ISO 22 WITH REFRIGERANT R134a

ДАВЛЕНИЕ КИПЕНИЯ И ВЯЗКОСТЬ СМЕСИ СИНТЕТИЧЕСКОГО МАСЛА ISO 22 И ХЛАДОНА R134a

Lapardin N.I.^a , Cand. Tech. Sc., associate professor	Лапардин Н.И.^a , к.т.н., доцент
Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65082, Odessa, Dvoryanskaya St., 1/3	Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65082, Одесса, ул. Дворянская, 1/3
E-mail: a – lapardin2004@gmail.com	

Abstract

The boiling point and viscosity of the mixture of synthetic polyol ester lubricating oil ISO 22 and HFC R134a were measured over a temperature range from 233 to 373 K, at pressures up to 3.6 MPa, and the mass composition from 0.3 to 0.9. Correlation equations are proposed that describe the boiling pressure and viscosity in the specified temperature range and composition of the mixture with sufficient accuracy.

Аннотация

Давление кипения и вязкость смеси синтетического полиолэфирного смазочного масла ISO 22 и хладагона R134a были измерены в диапазоне температур от 233 до 373 К, при давлениях до 3.6 МПа, и массовой доли масла от 0.3 до 0.9. Предложены корреляционные уравнения, которые с достаточной точностью описывают давление кипения и вязкость в указанном диапазоне температур и состава смеси.

Хладон R134a представляет собой гидрофторуглерод CF_3CFH_2 (1,1,1,2-тетрафторэтан) с потенциалом разрушения озона $\text{ODP} = 0$ и потенциал глобального потепления $\text{GWP} = 1300$. R134a нетоксичен, не воспламеняется во всем диапазоне температур эксплуатации, обладает химической стабильностью в холодильной системе, не относится к разряду "опасных веществ" в соответствии с критериями Европейского Сообщества. Этот хладон был разработан как заменитель озоноразрушающего хладагона R12. Использовать его рекомендуется в бытовых холодильниках с герметичными компрессорами, среднетемпературном торговом холодильном оборудовании с герметичными, полугерметичными и негерметичными поршневыми компрессорами, крупном торговом и промышленном холодильном оборудовании с винтовыми и негерметичными поршневыми компрессорами, системах кондиционирования воздуха в зданиях и промышленных помещениях, водоохладительных установках с винтовыми или центробежными компрессорами, на холодильном транспорте, а также в качестве пропеллента в аэрозольных смесях, реже в качестве вспенивателя для получения пенополистирольных материалов. В ближайшее время широко применявшиеся ранее хладоны R22 и R502 должны заменить многокомпонентные смеси холодильных агентов, составленные из озонобезопасных гидрофторуглеродов – таких как хладон R32, R125, R134a.

Применение новых экологически безопасных хладагентов в системах охлаждения с высокими энергетическими показателями тесно связано с использованием в современных компрессорах новых синтетических смазочных масел на полиалкиленгликолевой или полиолэфирной основе. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к холодильным компрессорам и системам, они должны смешиваться и растворяться в альтернативных хладагентах и обладать в смесях с ними достаточной величиной вязкости даже при значительном повышении температуры. Синтетические смазочные масла, в первую очередь полиолэфирные, отвечают этим требованиям и могут быть использованы в различных типах выпускаемых промышленностью компрессоров, а сведения о свойствах смесей смазка-хладагент становятся весьма важными и крайне необходимыми. Этим определяется актуальность проведения исследований термодинамических и переносных свойств как отдельно масла и хладагента, так и масло-хладоновой смеси.

Настоящая работа является продолжением исследований свойств смесей синтетических смазочных масел с хладагентами [1-6] и посвящена измерениям парожидкостного равновесия и вязкости смеси смазочного масла ISO 22 и хладагона R134a. Особое внимание было уделено разработке корреляционных уравнений, основанных на полученных экспериментальных данных, и передающих термическую и концентрационную зависимость давления кипения и вязкости масло-хладоновой смеси.

Данные о фазовом равновесии жидкость-пар были получены с помощью ячейки постоянного объема. Она размещалась в термостате и была заправлена маслом и хладагентом в таком количестве, чтобы паровое пространство верхней части ячейки было минимально. По уравнению состояния рассчитывалась плотность и масса пара хладагона в этом пространстве.

Давление определялось при помощи цифрового преобразователя давления. Температура измерялась образцовым платиновым термометром сопротивления. Валовая концентрация смеси находилась по массе заправленных компонентов.

Вязкость измерялась методом капилляра. Истечение потока жидкости через капилляр происходило под действием небольшого перепада давления. В опытах измерялось время истечения определенного количества вещества, а также температура и давление. Погрешность измерений вязкости не превышала $\pm 1.8\%$.

Подробное описание схем установок для измерения равновесия жидкость-пар и вязкости, а также методик проведения опытов представлено в более ранних работах [7-9]. Для расчета термодинамических свойств хладагента R134a нами использовалось уравнение состояния, представленное в базе данных REFPROP [10].

При измерениях фазового равновесия жидкость-пар исследуемой смеси массив Р-Т-х данных получен в диапазоне температур 233 ... 373 К при давлениях от 0.018 до 3.654 МПа и массовой доли масла 0.3 ... 0.9. Экспериментальные измерения вязкости проведены в области температур от 233 до 373 К и массовой доли масла от 30% до 90%. В табл. 1 и 2 приведены результаты экспериментальных измерений давления кипения Р и коэффициента кинематической вязкости ν смеси смазочного масла ISO 22 и хладагента R134a при различных значениях массовой доли масла x и температуры Т.

Таблица 1 – Экспериментальные значения давления кипения смеси смазочного масла ISO 22 и хладагента R134a

Т, К	Р, МПа				
	$x=0.303$	$x=0.501$	$x=0.697$	$x=0.799$	$x=0.904$
233.15	—	0.049	0.041	0.031	0.018
253.15	0.128	0.12	0.098	0.076	0.044
273.15	0.28	0.261	0.211	0.161	0.093
293.15	0.543	0.501	0.401	0.306	0.174
313.15	0.958	0.88	0.695	0.528	0.299
333.15	1.573	1.433	1.119	0.846	0.476
353.15	2.446	2.209	1.706	1.28	0.716
373.15	3.654	3.281	2.502	1.863	1.037

В качестве графической иллюстрации полученных данных на рис. 1 - 3 показаны диаграммы вязкость–температура, давление кипения–состав и давление кипения–температура. Отметим, что для отображения изобар на диаграмме вязкость–температура, приведенной на рис. 1, использованы результаты исследования давления кипения смеси. Как видно, вязкость исследуемой смеси является сложной функцией трех переменных и зависит от температуры, давления и массового состава смеси.

Таблица 2 – Экспериментальные значения вязкости смеси смазочного масла ISO 22 и хладагента R134a

Т, К	$\nu, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$				
	$x=0.299$	$x=0.499$	$x=0.697$	$x=0.797$	$x=0.899$
233.15	—	9,55	83,8	293	1170
253.15	1,09	4,43	25,9	71,1	214
273.15	0,76	2,62	11,1	24,6	60,3
293.15	0,58	1,64	5,50	10,6	21,4
313.15	0,47	1,18	3,37	5,79	10,3
333.15	0,38	0,88	2,23	3,65	5,96
353.15	0,31	0,66	1,57	2,43	3,85
373.15	0,25	0,55	1,16	1,79	2,78

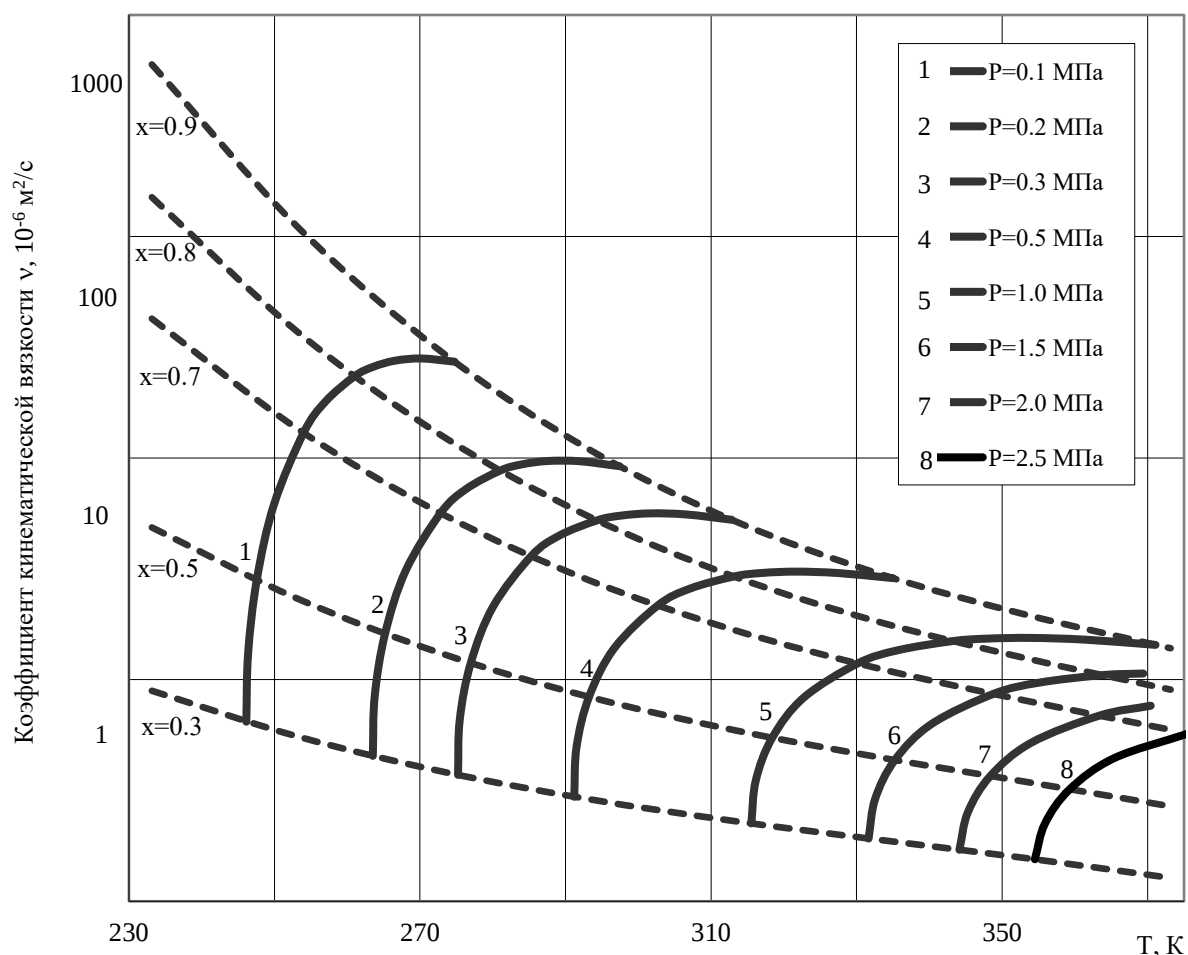


Рисунок 1 – Вязкость смеси смазочного масла ISO 22 и хладона R134a

Приведенные ниже корреляционные уравнения получены аппроксимацией наших экспериментальных данных. Они позволяют рассчитать давление кипения и вязкость смеси смазочного масла ISO 22 и хладона R134a в указанных выше пределах диапазона температур и интервала массовой концентрации масла.

$$P = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^2 a_{ij} \cdot (t/100)^i \cdot x^j \quad (1), \quad \log \nu = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^2 c_{ij} \cdot (t/100)^i \cdot x^j \quad (2),$$

где P – давление кипения в МПа; t – температура в °C; x – массовая доля масла; ν – коэффициент кинематической вязкости, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Коэффициенты полиномов приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Коэффициенты уравнений (1) и (2) для смеси смазочного масла ISO 22 и хладона R134a

Коэффициенты a_{ij} уравнения (1)				
$j \setminus i$	0	1	2	3
0	0,21768	0,72664	1,11252	1,17415
1	0,37888	1,32240	1,46075	-0,01469
2	-0,57273	-1,96908	-2,49118	-1,17356
Коэффициенты c_{ij} уравнения (2)				
$j \setminus i$	0	1	2	3
0	-0,72824	-0,47791	0,34259	-0,17384
1	1,67375	0,01274	-0,23567	-0,05902
2	1,23007	-2,49359	1,94226	-0,39883

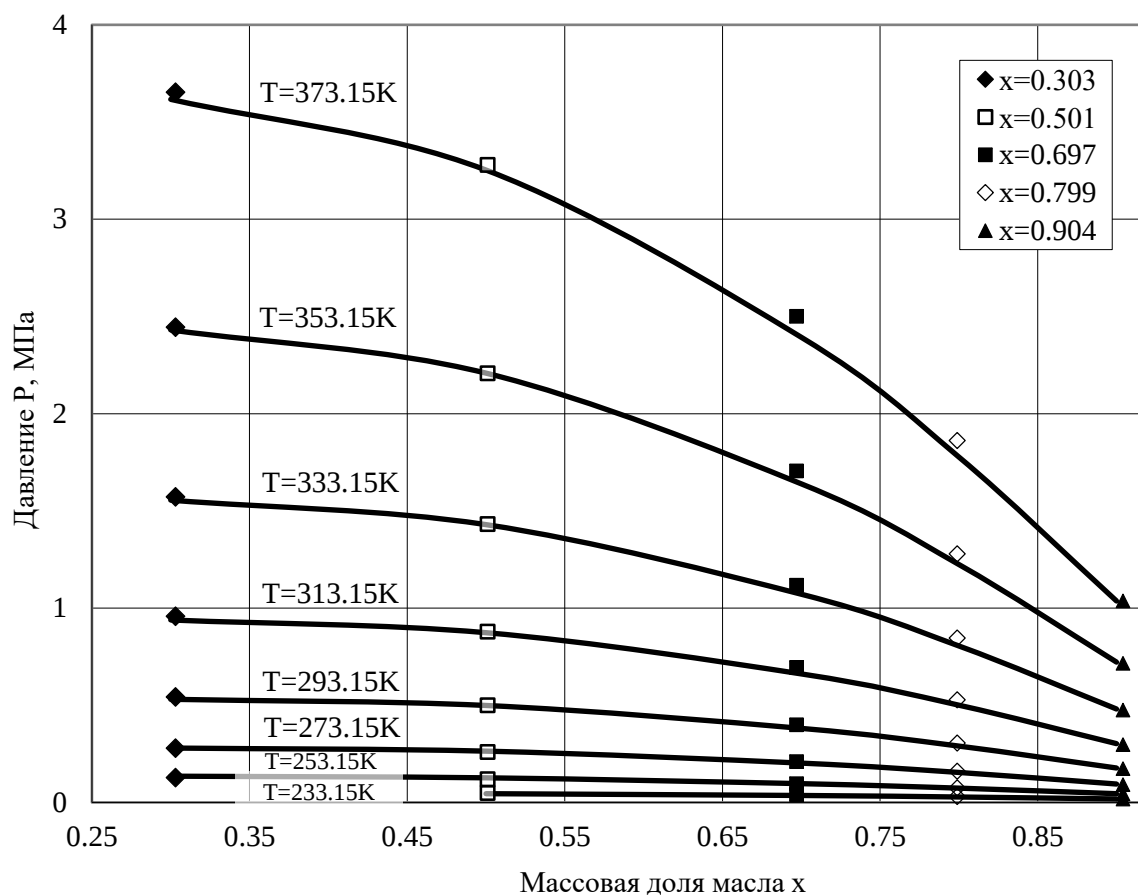


Рисунок 2 – Диаграмма P–x смеси смазочного масла ISO 22 и хладагента R134a

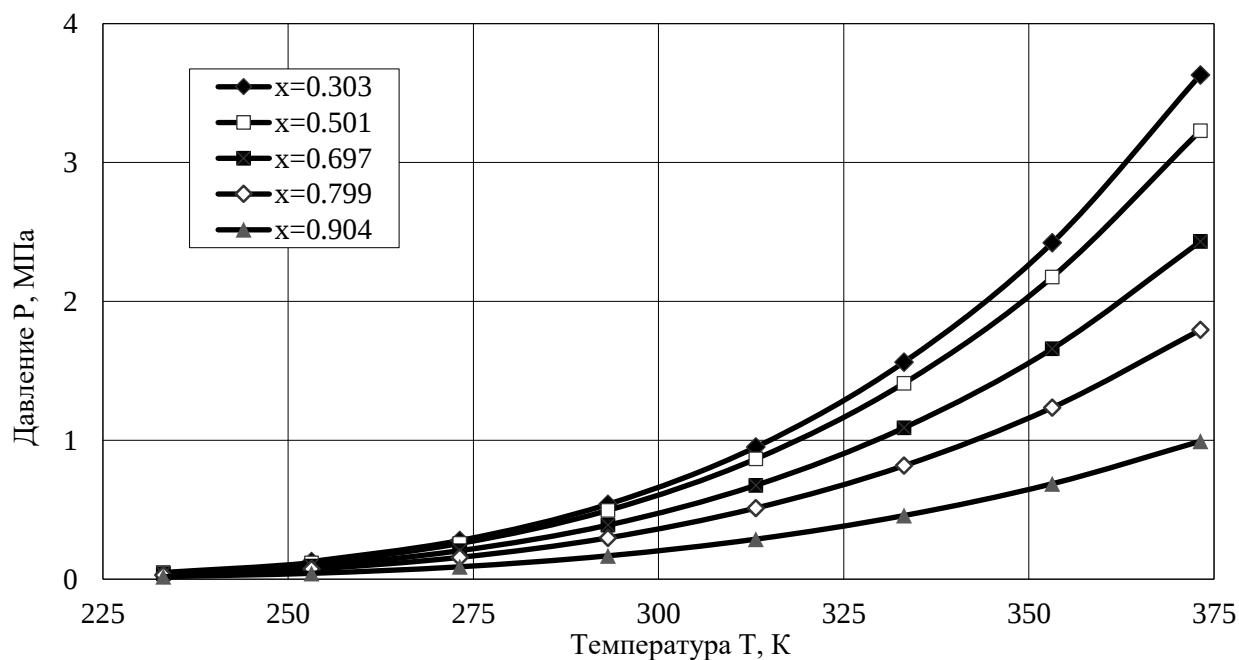


Рисунок 3 – Давления кипения смеси смазочного масла ISO 22 и хладагента R134a

Расхождения между полученными экспериментальными данными о давлении кипения смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22, а также ее вязкости, и рассчитанными по уравнениям (1) и (2) величинами показаны на рис. 4 и рис. 5.

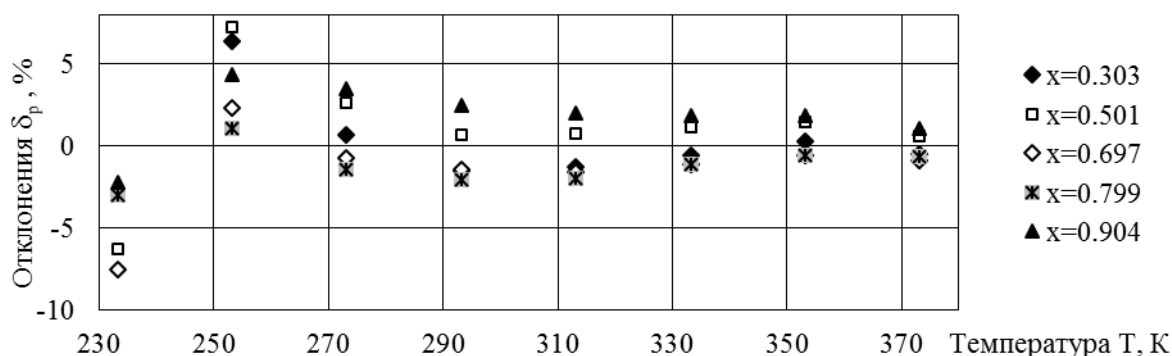


Рисунок 4 – Отклонения рассчитанных по уравнению (1) значений от экспериментальных данных по давлению кипения смеси смазочного масла ISO 22 и хладагona R134a

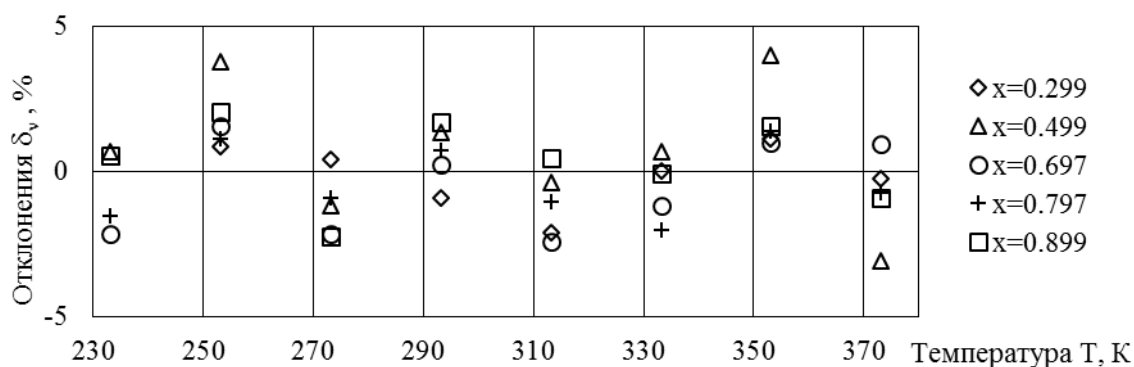


Рисунок 5 – Отклонения рассчитанных по уравнению (2) значений от экспериментальных данных по вязкости смеси смазочного масла ISO 22 и хладагona R134a

Проведены экспериментальные измерения вязкости и давления кипения смеси смазочного масла ISO 22 и хладагona R134a в области температур 233 ... 373 К, при давлениях от 0.02 до 3.6 МПа и массовой концентрации масла от 30 до 90%. Аппроксимация экспериментальных данных по давлению кипения смеси, как функции температуры и ее массового состава, уравнением (1) проведена со среднеквадратичной погрешностью 2.8% и максимальном отклонении -7.5%. Температурная и концентрационная зависимость коэффициента кинематической вязкости смеси смазочного масла ISO 22 и хладагona R134a описана уравнением (2) со среднеквадратичным отклонением 1.6%, а максимальная погрешность составила 4.0%. Приведенные выше корреляционные зависимости позволяют проводить расчеты вязкости и давления кипения исследуемой смеси с точностью, удовлетворяющую инженерную практику. Следует отметить, что о существовании и возможных границах области несмешиваемости или ограниченной растворимости для рассматриваемой смеси невозможно сделать определенных заключений по полученным экспериментальным данным. Постановка такой задачи требует проведения дополнительных исследований с изменением метода и конкретизацией диапазона измерений.

Список литературы

1. Лапардин, Н. И. Термодинамические и переносные свойства смеси R410B со смазочным маслом / Н. И. Лапардин, В. З. Геллер // Харч. наука і технологія. – 2009. – № 4. – С. 78-81.
2. Геллер, В. З. Исследование растворимости и вязкости смеси компрессорного масла ISO 46 с хладагном R404A [Электронный ресурс]/ В. З. Геллер, Н. И. Лапардин // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали III Міжнародної науково-технічної конф., Миколаїв, 4-6 жовтня 2012 р. / Національний ун-т кораблебудування. – Миколаїв, 2012. – С.

201-204. – Режим доступа: <http://conference.nuos.edu.ua/catalog>.

3. Лапардин, Н. И. Равновесие жидкость-пар и вязкость смеси смазочного масла ISO 170 с хладоном R407C [Электронный ресурс] / Н. И. Лапардин, В. З. Геллер // Вестн. Новгород. гос. ун-та. – Новгород, 2013. – № 73, т. 2. – С. 24-27 – Режим доступа: <http://www.novsu.ru/file/1082810>.

4. Geller, V. Z. Solubility and miscibility of refrigerants R407C and R410A with synthetic compressor oils / V. Z. Geller, N. I. Lapardin // Refrigeration Engineering and Technology. – 2016. – № 52 (3). – P. 36 - 41.

5. Лапардин, Н. И. Равновесие жидкость-пар и вязкость смеси смазочного масла ISO 22 с хладоном R404A // Казахстан-Холод 2017: Сб. докл. межд. науч.-техн. конф., Алматы, 15-16 марта 2017 г. / АТУ. – Алматы, 2017. – С. 145-149.

6. Лапардин Н. И. Вязкость и давление кипения смесей хладагента R134a и смазочного масла ISO 32 / Казахстан-Холод 2018: Сб. докл. межд.науч.-техн. конф., Алматы, 15-16 марта 2018 г. / АТУ. – Алматы, 2018. – С. 68-73.

7. Bivens, D. B. Thermodynamic properties of R32/R125 mixture [Text] / D. B. Bivens, A. Yokozeki, V. Z Geller // In Proceedings of the 4th Asian Thermophysical Conference, Japan, 1993 – P. 3295-3304.

8. Bivens, D. B. Transport properties and heat transfer of alternatives for R502 and R22 [Text] / D. B. Bivens, A. Yokozeki, V. Z. Geller, M. E. Paulaitis // In Proceedings of the ASHRAE/NIST Refrigerants Conference, Gaithersburg, MD, 1994 – P. 73-84.

9. Geller, V. Z. Viscosity of HFC32 and HFC32 /lubricant mixtures [Text] / V. Z. Geller, M. E. Paulaitis, B. Bivens, A. Yokozeki, In Proceedings of the 12th Symposium on Thermophysical Properties, Boulder, CO, June 1994. – P. 477-486.

10. Lemmon, E. W. NIST Standard Reference Database 23, NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties—REFPROP, version 8.0. [Text] / E. W. Lemmon, M. L. Huber, M. O. McLinden // Standard Reference Data Program, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. - 2007.

УДК 697.921.47

ECONOMIC BENEFIT OF MEASURES TO INCREASE VENTILATION SYSTEMS ENERGY EFFICIENCY

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДА МЕРОПРИЯТИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Galyuzhin S.D.^a , Cand. Tech. Sc., associate professor Lobikava N.V.^b Lobikava O.M.^c	Галюжин С.Д.^а , канд. тех. наук, доцент Лобикова Н.В.^б Лобикова О.М.^с
Belarusian-Russian University, Republic of Belarus, 212000, Mogilev, Mira Ave, 43	Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь, 212000, г. Могилев, проспект Мира, 43
E-mail: a – serg.galujin@yandex.ru ; b – nadya.lobickova@yandex.ru ; c – olg.lobikova@yandex.ru	

Abstract

The necessity of reducing energy consumption in the construction and reconstruction of buildings. The technique of estimation of efficiency of application of heat exchangers in ventilation

Колодязная В.С., Костюк В.А., Скуридина Д.А. Изменения физиолого-биохимических и фитопатологических показателей качества яблок осенних сортов при холодильном хранении с применением трековых мембран Kolodyaznaya V.S., Kostyuk V.A., Skuridina D.A. Changes in physiological-biochemical and phytopathological quality indicators of autumn varieties of apples during the cold storage using track membranes	93
Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Мирашева Г.О., Джумажанова М.М., Кожакметова А.Н. Применение пробиотиков в медицине и в пищевой промышленности Kakimov A.K., Kakimova Zh.H., Mirasheva G.O., Jumazhanova M.M., Kozhakhmetova A.N. Application of probiotics in medicine and in the food industry	100
Лапардин Н.И. Давление кипения и вязкость смеси синтетического масла ISO 22 и хладагента R134a Lapardin N.I. Vapor pressure and viscosity of mixture of synthetic oil ISO 22 with refrigerant R134a	104
Галюжин С.Д., Лобикова Н.В., Лобикова О.М. Экономическая выгода мероприятий повышения энергетической эффективности систем вентиляции Galyuzhin S.D., Lobikava N.V., Lobikava O.M. Economic benefit of measures to increase ventilation systems energy efficiency	110
Мирашева Г.О., Какимова Ж.Х., Байбалинова Г.М., Джумажанова М.М. Исследование процесса хранения кисломолочного продукта с пробиотическими свойствами Mirasheva G.O., Kakimova Zh.H., Baybalinova G.M., Dzhumazhanova M.M. Study of storage process of fermented milk product with probiotic properties	115
Перегудов А.А., Вологжанина С.А., Иголкин А.Ф. Работоспособность элементов конструкций с трещинами Peregudov A.A., Vologjanina S.A., Igolkin A.F. The performance of structural elements with cracks	122
Малинина О.С., Рабцун А.О. Влияние температуры греющего источника на эффективность абсорбционного термотрансформатора на альтернативном водосолевом растворе Malinina O.S., Rabtsun A.O. Influence of the temperature of the heating source on the efficiency of the absorption thermotransformer on the alternative water-salt solution	127
Муравейников С.С., Сулин А.Б., Никитин А.А., Рябова Т.В. Оценка эффективности теплонасосных утилизаторов теплоты для систем вентиляции Muraveynikov S.S., Sulin A.B., Nikitin A.A., Ryabova T.V. Performance evaluation of heat pump heat utilizers for ventilation systems	130
Потапов В.А., Семенюк Д.П. Моделирование процесса замораживания гетерогенной неизотермической пищевой системы Potapov V.O., Semeniuk D.P. Modeling of the freezing process of the heterogeneous non-isothermal food system	136
Қасымбек Ж., Сейтбекова А.К. Исследование и применение технологии шоковой заморозки в производстве муссового торта Kasymbek Zh., Seytbekova A.K. Research and application of technology of shock freeze during the process of mousse cakemanufacturing	142