

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

АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



climalife®

Danfoss



МАУЕКАША
MYCOM

TRAMAX
LIMITED

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

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

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

Алматы, 2018

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

К14

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

Редакционная коллегия:

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

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

ISBN 978-601-263-425-9

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

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

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

ISBN 978-601-263-425-9

© АТУ, 2018

**VISCOSITY AND VAPOR PRESSURE OF MIXTURES OF REFRIGERANT R134A
WITH LUBRICATION OIL ISO 22**

**ВЯЗКОСТЬ И ДАВЛЕНИЕ КИПЕНИЯ СМЕСЕЙ ХЛАДАГЕНТА R134A
И СМАЗОЧНОГО МАСЛА ISO 32**

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

Abstract

Viscosity and liquid-vapor phase equilibrium of the mixture of the refrigerant R134a with the lubrication oil ISO 32 have been measured over a temperature range from 233 to 373 K, a pressure range from 0.02 to 3.7 MPa, and a range of oil mass composition from 0.3 to 0.9. Correlation equations provided sufficiently accurate description of viscosity and vapor pressure in the indicated range of temperature and composition are proposed.

Аннотация

Вязкость и давление кипения смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22 были измерены в диапазоне температур от 233 до 373 К, при давлениях от 0.02 до 3.7 МПа и массовой концентрации масла от 0.3 до 0.9. Предложены корреляционные уравнения, которые с достаточной точностью описывают вязкость и давление кипения в указанном диапазоне температур и состава смеси.

Хладон R134a является озонобезопасным, свободным от хлора холодильным агентом, относящимся к группе гидрофторуглеродов. Этот хладон был разработан как заменитель озоноразрушающего хладона R12. Использовать его рекомендуется в домашних 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, а также для охлаждения или кондиционирования воздуха. Многокомпонентные смеси холодильных агентов, составленные из озонобезопасных гидрофторуглеродов (хладонов R32, R125, R134a) и некоторых углеводородов, к 2020 году должны заменить широко применявшиеся ранее хладоны R22 и R502.

Перспективы применения новых экологически безопасных хладагентов в системах охлаждения с высокими энергетическими показателями связаны с использованием новых смазочных масел. 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 транспортных свойств как раздельно масла и хладагента, так и смеси масло-хладагент.

Настоящая работа является продолжением исследований свойств смесей синтетических смазочных масел с хладагентами [1-5] и посвящена измерениям парожидкостного равновесия и вязкости смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22. Особое внимание было уделено разработке корреляционных уравнений, основанных на полученных экспериментальных данных, и передающих термическую и концентрационную зависимость давления кипения и вязкости смесей масло/хладагент.

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 представлены в более ранних работах [7-9].

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 R134a, представленному в базе данных REFPROP [6], рассчитывалась масса паров хладагента в этом пространстве. Давление определялось при помощи цифрового преобразователя давления. Температура измерялась образцовым платиновым термометром сопротивления. Валовая концентрация смеси находилась по массе заправленных компонентов.

При измерениях фазового равновесия жидкость-пар исследуемой смеси массив P-T-x данных получен в диапазоне температур 233 ... 373 K при давлениях от 0.02 до 3.7 МПа и массовой доли масла 0.3 ... 0.9. Экспериментальные измерения вязкости проведены в области температур от 233 до 373 K и массовой доли масла от 30% до 90%. В табл. 1 и 2 приведены результаты экспериментальных измерений давления кипения P и вязкости ν смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22 при различных значениях массовой доли масла x и температуры T .

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

T, K	P, MPa				
	$x=0.297$	$x=0.498$	$x=0.695$	$x=0.801$	$x=0.903$
233.15	0.052	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 давление кипения–состав, давление кипения–температура и вязкость–температура. Отметим, что для отображения изобар на диаграмме вязкость–температура, приведенной на рис. 3, 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 хладагента R134a и смазочного масла ISO 22

T, К	$\nu, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$				
	x=0.304	x=0.501	x=0.699	x=0.797	x=0.900
233.15	2.48	16.2	165	601	2512
253.15	1.49	7.21	47.2	144	440
273.15	1.05	4.13	19.4	47.2	115
293.15	0.77	2.46	9.06	18.5	39.5
313.15	0.59	1.67	5.31	9.29	17.7
333.15	0.46	1.19	3.25	5.55	9.06
353.15	0.36	0.88	2.17	3.55	5.55
373.15	0.30	0.71	1.59	2.48	3.72

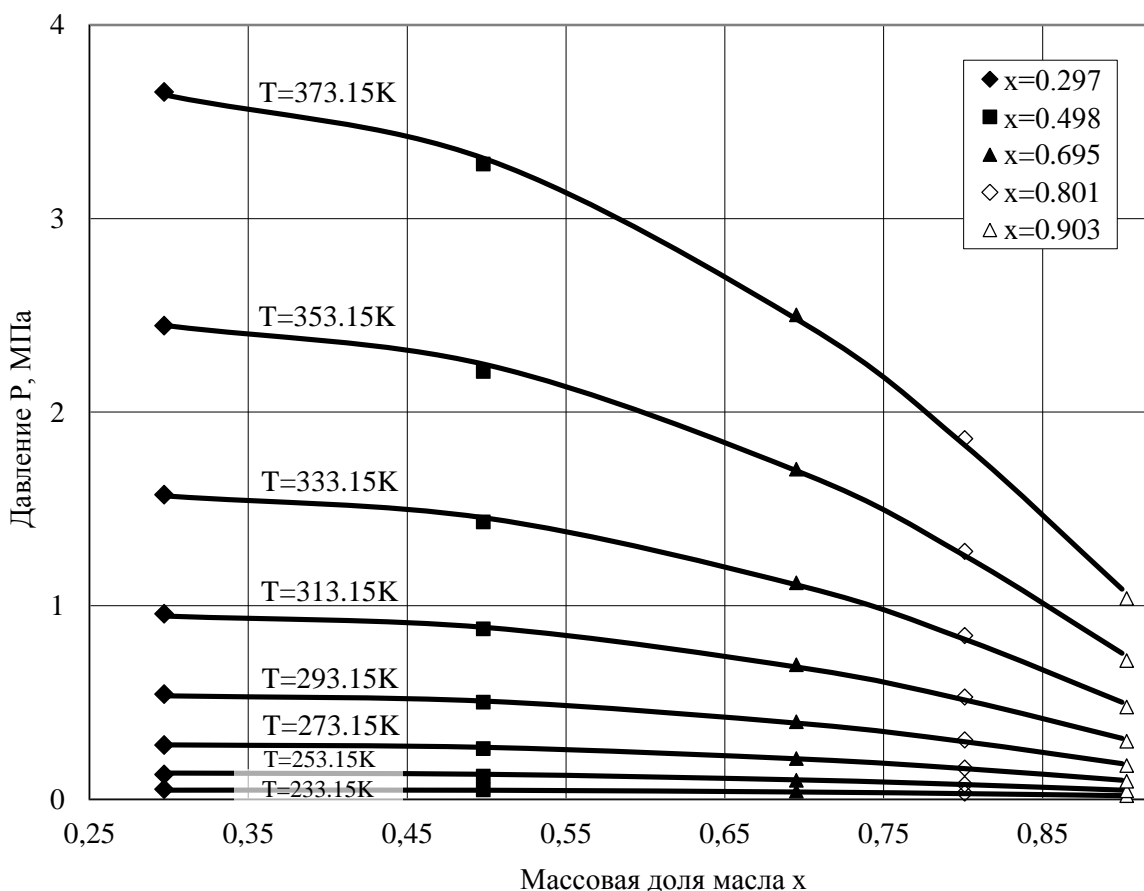


Рисунок 1 – Диаграмма P–x смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22

Приведенные ниже корреляционные уравнения получены аппроксимацией наших экспериментальных данных. Они позволяют рассчитать давление кипения и вязкость смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22 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 °С; x – массовая доля масла; ν – коэффициент кинематической вязкости, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

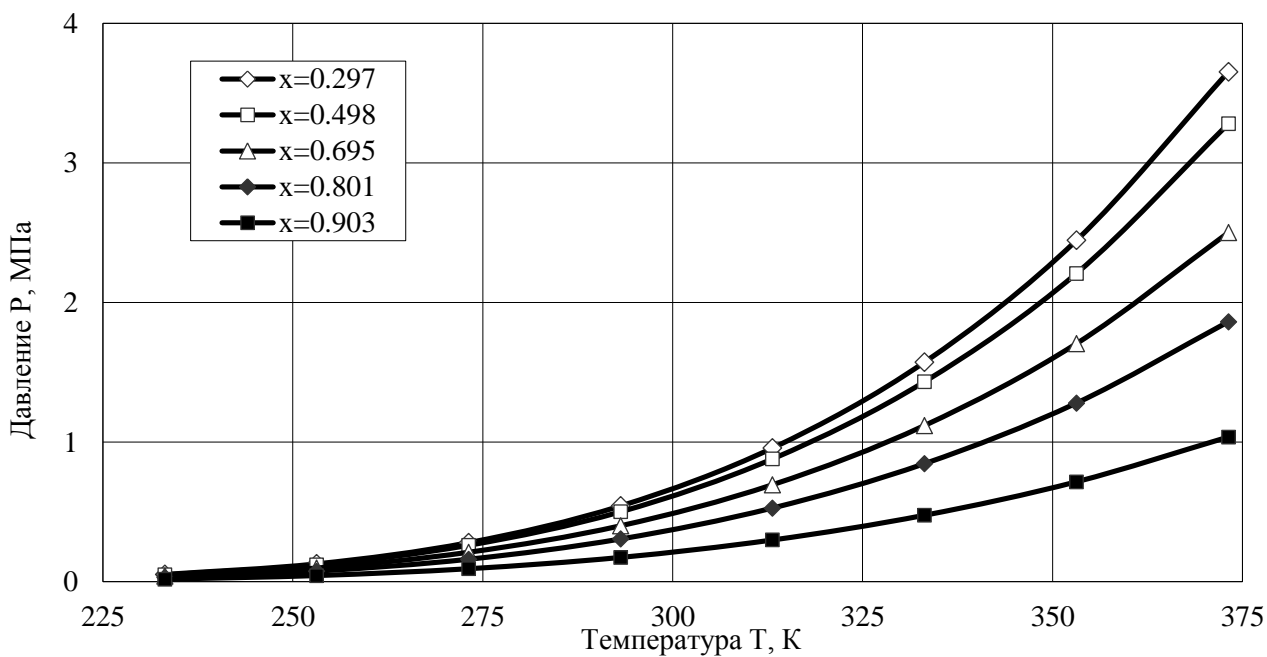


Рисунок 2 – Давления кипения смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22

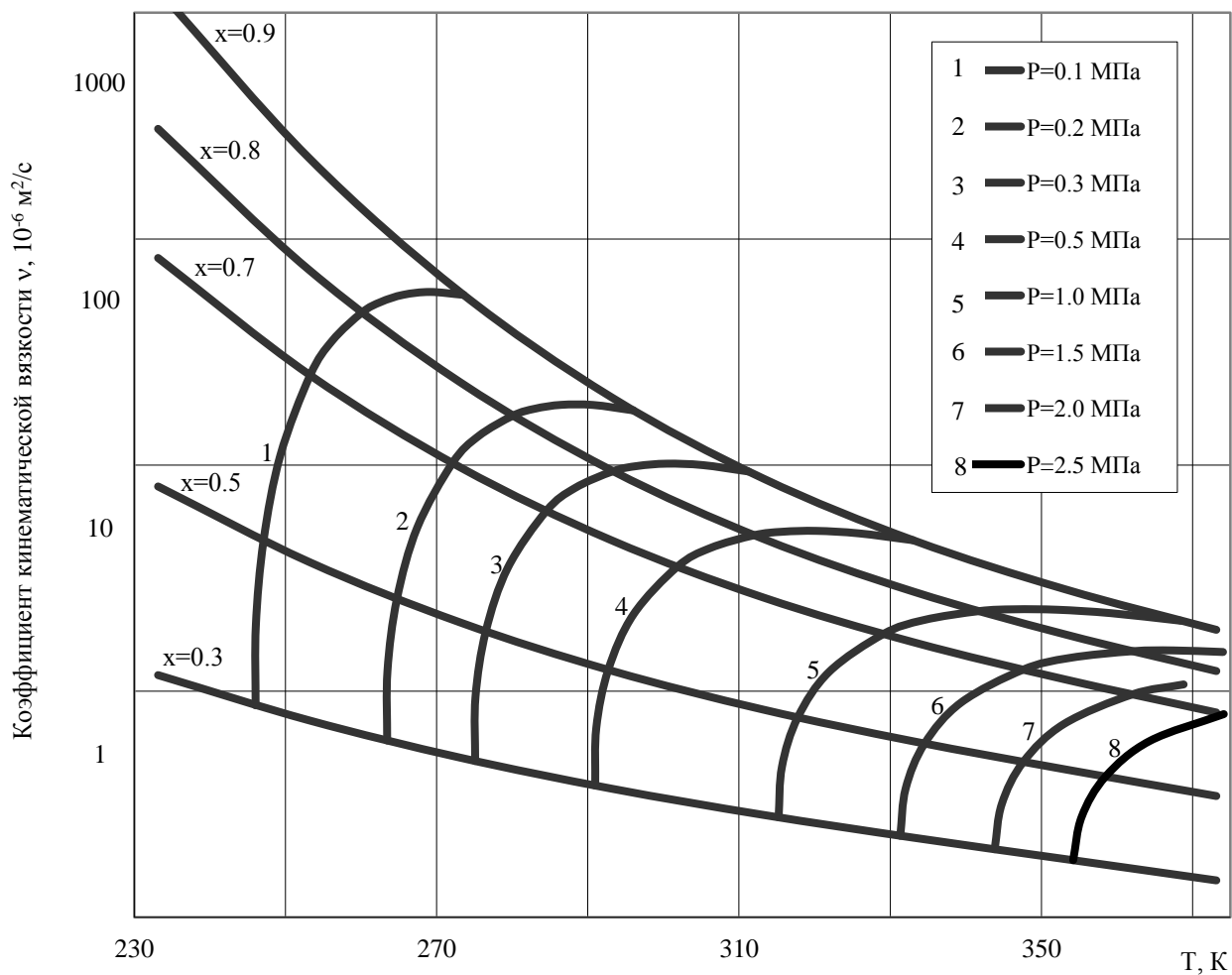


Рисунок 3 – Вязкость смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22

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

значения a_{ij}					значения c_{ij}				
$j \setminus i$	0	1	2	3	$j \setminus i$	0	1	2	3
0	0.3965	1.4683	2.1738	0.8538	0	-0.7841	-0.5200	0.0083	0.1546
1	0.9800	2.0470	1.0404	2.8495	1	1.0421	1.0897	-0.1189	-0.6937
2	-1.3281	-3.3494	-3.0469	-3.8556	2	1.9241	-3.5092	2.0657	-0.0345

Расхождения между полученными экспериментальными данными о давления 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.

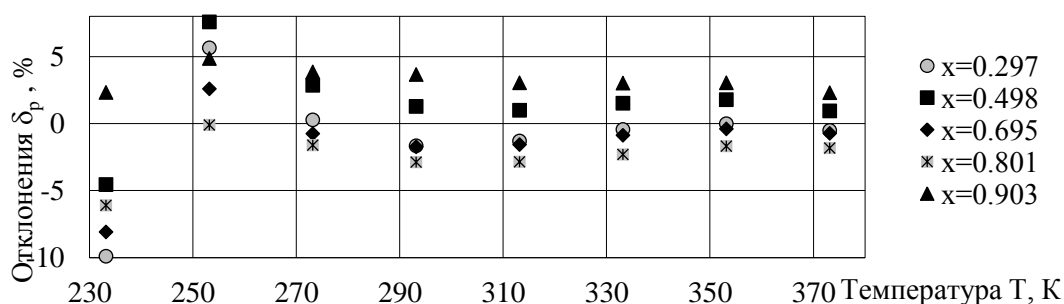


Рисунок 4 – Отклонения рассчитанных по уравнению (1) значений от экспериментальных данных по давлению кипения смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22

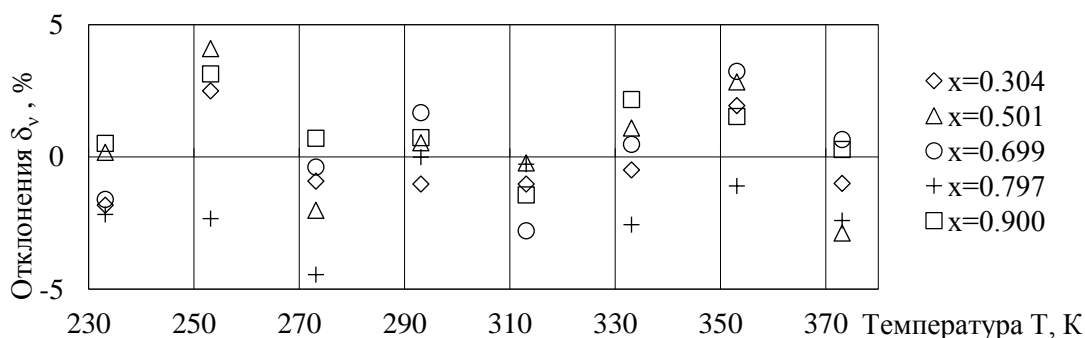


Рисунок 5 – Отклонения рассчитанных по уравнению (2) значений от экспериментальных данных по вязкости смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22

Проведены экспериментальные измерения вязкости и давления кипения смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22 в области температур 233 ... 373 К, при давлениях до 3.7 МПа и массовой доли масла от 0.3 до 0.9. Аппроксимация экспериментальных данных по давлению кипения смеси, как функции температуры и ее массового состава, уравнением (1) проведена со среднеквадратичной погрешностью 3.5% и максимальном отклонении -9.9% – при самой низкой температуре и наименьшей доли масла. Температурная и концентрационная зависимость коэффициента кинематической вязкости смеси хладагента R134a и смазочного масла ISO 22 описана уравнением (2) со среднеквадратичным отклонением 2.1%, а максимальная погрешность составила 5.1%. Приведенные выше корреляционные зависимости позволяют проводить расчеты вязкости и давления кипения исследуемой смеси с точностью, удовлетворяющую инженерную практику.

Список литературы

1. Лапардин, Н. И. Давление кипения и вязкость смеси хладагента R407C со смазочным маслом ISO 46 / Н. И. Лапардин // Харч. наука і технологія. – 2010. – № 4. – С. 66–68.

2. Геллер, В. З. Исследование растворимости и вязкости смеси компрессорного масла ISO 46 с хладоном 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. – No. 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. 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.

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

УДК 62-176.2

BINARY CYCLE USING OZONE-FRIENDLY REFRIGERANTS

БИНАРНЫЙ ЦИКЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ

<p>Martynova N.M.¹, student Janarbekova M.J.¹, student Armanova N.A.¹, student Yermolenko M.V.¹, Candidate of technical science Stepanova O.A.¹, Candidate of technical science.</p>	<p>Мартынова Н.М.¹, студент Жанарбекова М.Ж.¹, студент Арманова Н.А.¹, студент Ермоленко М.В.¹, к.т.н. Степанова О.А.¹, к.т.н.</p>
<p>1 – Shakarim State University of Semey, Kazakhstan, 071411, Semey, Glinki Street, 20a</p>	<p>1 – Государственный университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан, 071411, Семей, улица Глинки, 20а</p>

Abstract

In this article described a binary cycle of a steam-turbine plant with a low-potential working substance (refrigerant). Exergetic analysis of steam-turbine cycle on water vapor and binary cycle is

Жилинская Н.Т., Зайцев А.Г., Базарнова Ю.Г., Сафронова В.И., Сазонова А.Л. Молекулярно-генетическая паспортизация штаммов микроорганизмов сельскохозяйственного назначения после криоконсервирования Zhilinskaya N.T., Zaycev G.A., Bazarnova I.G., Safronova V.I., Sazonova A.L. Agricultural microorganism molecular-genetic certification after cryopreservation	48
Гайсин И.А., Исрафилов И.Х. Влияние теплового режима на показатели качества обжариваемых продуктов Gaysin I.A., Israfilov I.H. The influence of thermal regime on indicators of the quality of the foods being fried	54
Кузнецова Т.А., Иванова А. Р., Попова В. О., Иванченко О. Б. Влияние способов хранения на содержание в биомассе <i>lemna minor</i> пигментов Kuznetsova T.A., Ivanova A. R., Popova V. O., Ivanchenko O. B. The influence of conservation on content pigments in common duckweed	57
Какимов А.К., Муратбаев А.М., Жумадилова Г.А. Цели инкапсулирования Kakimov A.K., Muratbaev A.M., Zhumadilova G.A. Objectives of encapsulation	61
Сулин А.Б., Марченко А.С. Имитационное моделирование процесса выхода на режим термо-электрического воздухоохладителя в условиях образования инея Sulin A.B., Marchenko A.S. Simulation modeling of the process of entering the regime of a thermoelectric air cooler in the conditions of frost formation	63
Лапардин Н.И. Вязкость и давление кипения смесей хладагента r134a и смазочного масла iso 32 Lapardin N.I. Viscosity and vapor pressure of mixtures of refrigerant r134a with lubrication oil iso 22	68
Мартынова Н.М., Жанарбекова М.Ж., Арманова Н.А., Ермоленко М.В., Степанова О.А. Бинарный цикл с использованием озонобезопасных холодильных агентов Martynova N.M., Janarbekova M.J., Armanova N.A., Yermolenko M.V., Stepanova O.A. Binary cycle using ozone-friendly refrigerants	73
Малинина О.С., Касьянов А.В., Рабцун А.О. Анализ влияния параметров внешних источников на эффективность абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины Malinina O.S., Kasyanov A.V., Rabtsun A.O. The influence of parameters external sources on the efficiency of the absorption bromine lithium refrigerating machine	79
Морозюк Л.И., Грудка Б.Г. Возможности практической реализации абсорбционно-резорбционной холодильной машины в системах малой энергетики Morozyuk L.I., Hrudka B.H. Opportunities for practical implementation of absorption-rezorption refrigeration machine in the systems of small energy	82
Морозюк Л.И., Соколовская-Ефименко В.В., Гайдук С.В., Мошкатиук А.В. Исследование влияния осадений на наружной поверхности воздушного конденсатора Morozyuk L.I., Sokolovska-Yefymenko V.V., Gaiduk S.V., Moshkatuk A.V. Investigation of the effect of fouling on the external surface of air cooled condenser	89