

УДК 621.564.3

Выбор базисных аппроксимирующих функций для максимизации коэффициента теплоотдачи водно-пропиленгликолевого электролитного хладоносителя

Д-р техн. наук **В. В. КИРИЛЛОВ**

vadkir42@yandex.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Канд. физ.-мат. наук **М. В. ЧАШНИКОВ**

m.chashnikov@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный университет

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

Решается задача вычисления оптимальной пары значений параметров электролитного хладоносителя (концентрации соли и массовой доли пропиленгликоля) доставляющей максимум коэффициенту теплоотдачи от стенок трубы. Известна зависимость этого коэффициента от вязкости, плотности, теплопроводности и теплоемкости хладоносителя. Данные функции заданы таблицей, на основе которой производится аппроксимация методом наименьших квадратов. Коэффициент теплоотдачи вычисляется для каждой пары значений аргументов, заданных в таблице, а затем производится аппроксимация. Это дает более точный результат, чем при аппроксимации каждой из четырех функций в отдельности. Рассмотрены два варианта аппроксимации: полиномами второй степени и комбинацией линейных функций с гиперболами. Выбрана аппроксимация полиномами как дающая меньшую невязку. Проверены необходимые условия экстремума. Поскольку они выполняются за пределами рассматриваемой области значений аргументов, нет смысла проверять их на достаточность, а максимум коэффициента теплоотдачи достигается на границе данной области. Искомая пара значений аргументов найдена методом множителей Лагранжа. Приведен график линий уровня аппроксимирующего полинома и результат вычисления оптимальной пары параметров.

Ключевые слова: водно-пропиленгликолевый электролитный хладоноситель, аппроксимация, оценка, максимизация.

Информация о статье

Поступила в редакцию 28.01.2016, принята к печати 20.04.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-2-76-80

Ссылка для цитирования

Кириллов В. В., Чашников М. В. Выбор базисных аппроксимирующих функций для максимизации коэффициента теплоотдачи водно-пропиленгликолевого электролитного хладоносителя // Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. С. 76–80.

Basis approximating functions selection to maximize heat transfer coefficient of water-propylene glycol electrolyte coolant

D. Sc. **V. V. KIRILLOV**

vadkir42@yandex.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Ph. D. **M. V. CHASHNIKOV**

m.chashnikov@spbu.ru

Saint Petersburg State University

Russia, 199034, St. Petersburg, Universitetskaya Emb. 7/9

The article deals with the task of finding optimum parameters for electrolyte coolant (salt concentration and water-propylene glycol weight ratio) maximizing heat transfer coefficient from tube walls. The coefficient dependence on coolant viscosity, density, thermal capacity, and specific heat capacity is known. Function data are given in the table on the basis of which approximation by least square method is made. Heat transfer coefficient is calculated for every pair of arguments from the table, and then it is approximated. The result is more exact than when approximating each of the functions. Two variants of approximation are considered: by second order polynomial and by a combination of linear functions with hyperbolas. Second order polynomial approximation has been chosen as it shows less error. Necessary extremum conditions are verified. They

being met beyond the range of argument values in question, we do not to check their sufficiency, and transfer maximum is reached at the boundary of the range. The sought argument values are calculated by Lagrange method of multipliers. The graph for approximating polynomial contour line and calculation results of optimum parameters are shown.

Keywords: water-propylene glycol electrolyte coolant, approximation, estimation, maximization

В настоящее время, на российских предприятиях для создания искусственного холода, часто используют системы косвенного охлаждения, в которых применяются различные по составу и свойствам хладоносители (ХН). Теоретические и экспериментальные исследования показали, что наиболее перспективными с точки зрения санитарно-гигиенических, экологических характеристик, химической устойчивости, надежности являются водно-пропиленгликолевые (ВПГ) хладоносители [1, 2]. В последние годы все больший интерес вызывают водно-пропиленгликолевые электролитные (ВПГЭ) хладоносители, которые по совокупности теплофизических и физико-химических эксплуатационных свойств превосходят наиболее часто используемые ВПГ хладоносители и ХН на основе неорганических солей. В частности, они имеют значительно более низкие температуры замерзания, обладают меньшей вязкостью по сравнению с упомянутыми хладоносителями. В качестве электролитов используются, главным образом, галогениды щелочных металлов. Преимущества ВПГЭ хладоносителей обуславливаются тем обстоятельством, что их создание было основано на научной методологии, учитывающей межчастичные взаимодействия между компонентами раствора, природу растворителя с использованием математико-статистических методов [3–11]. Их применение необходимо, во-первых, потому, что в силу невозможности детерминированного описания многофункциональной системы с большим числом взаимодействующих факторов с помощью термодинамических уравнений появляется возможность изучения формальной связи между параметрами системы. Во-вторых, метематико-статистический подход позволяет оптимизировать химический состав растворов хладоносителей, поскольку только создание ХН с оптимальными свойствами может решить задачу повышения эффективности систем хладоснабжения. Под оптимизацией будем понимать перевод системы в новое состояние, приближающее ее к экстремуму целевой функции при заданных ограничениях.

Ранее нами предлагались способы оптимизации вязкости, теплоемкости, других физико-химических и теплофизических свойств, тех, которые в значительной степени определяют возможность эффективного использования хладоносителя [12, 13].

Основное назначение хладоносителя — переносить тепло от охлаждаемого объекта к хладагенту холодильной машины. Это свойство ХН характеризуется коэффициентом теплоотдачи от хладоносителя к стенке трубы K_α , воплотившем в себя основные характеристики раствора — плотность, теплопроводность, теплоемкость, вязкость [13, 14]:

$$K_\alpha = \lambda^{0,57} c_p^{0,43} \rho^{0,8} \mu^{-0,37}, \quad (1)$$

где λ — теплопроводность, Вт/(м·К); c_p — теплоемкость при постоянном давлении, Дж/(кг·К); впоследствии бу-

дем обозначать эту характеристику без индекса — c ; ρ — плотность, кг/м³; μ — вязкость, Па·с.

Цель данного исследования — оптимизировать с низкими температурами замерзания хладоносители по комплексу K_α . Объекты исследования — растворы ХН, входными параметрами которых являются массовая доля (%) пропиленгликоля (ПГ) в водно-пропиленгликолевом растворителе, концентрация электролита, моль/кг, температура (t , °С), при которой используется раствор хладоносителя; это так называемая рабочая температура, зависит от температуры замерзания хладоносителя и, как правило, выше температуры замерзания на 6–8°.

Электролит был выбран с тем расчетом, чтобы в его присутствии значительно понижалась температура замерзания и лишь незначительно увеличивалась вязкость. Верхний и нижний уровни массовой доли ПГ были выбраны исходя из следующих обстоятельств. При массовой доле 50% достигается низкая температура замерзания (–32 °С), что является благоприятным фактором. Водно-пропиленгликолевые растворы с содержанием ПГ свыше 50% обладают высокой вязкостью даже в присутствии электролитов, снижающих вязкость. При массовой доле пропиленгликоля ниже 35% даже при высокой концентрации электролита трудно достигается низкая температура замерзания, тем более что обеспечить высокую концентрацию трудно из-за ограниченной растворимости электролита в смешанном растворителе.

Концентрация электролита (2,4–3,0 моль/кг) была продиктована стремлением понизить температуру замерзания, с одной стороны, и не допустить выпадения соли в осадок при низкой температуре, что могло бы произойти при концентрации свыше 3,0 моль/кг, с другой.

Широкий диапазон температур (от –5 до –30 °С) был выбран с целью использования хладоносителя для охлаждения объектов различного назначения; в то же время нижний предел был обусловлен температурой замерзания ХН, которая зависит от его природы и состава. Оптимизируемые параметры, входящие в формулу для комплекса K_α , характеризующего теплоотдачу, приведены в таблице.

Представим параметры хладоносителя в виде функций двух переменных [12]: x_1 (массовая доля ПГ) и x_2 (концентрация электролита). Коэффициент K_α тоже может быть представлен через формулу (1) в виде $K = f(x_1, x_2)$. Значения этой функции могут быть вычислены в каждом из узлов с использованием таблицы значений параметров λ , c , ρ , μ . Под термином «узел» мы понимаем пару (x_1, x_2) , соответствующую данному столбцу и данной строке таблицы. Для максимизации коэффициента K_α удобно представить его аналитически в виде дифференцируемой функции от x_1, x_2 , выбрав аппроксимацию, максимально приближенную к значениям K_α в узлах [16, 17].

Рассмотрим два варианта аппроксимации функции $K_\alpha(x_1, x_2)$:

— полиномами вида

$$a_1x_1^2 + a_2x_1x_2 + a_3x_2^2 + a_4x_1 + a_5x_2 + a_6,$$

— функциями вида $a_1x_1 + a_2 \frac{1}{x_1} + a_3x_2 + a_4 \frac{1}{x_2} + a_5$.

Преимущество первого варианта в том, что аппроксимирующие функции не имеют разрывов и всюду дифференцируемы.

Во втором методе используется меньшее количество неизвестных параметров, что облегчает вычисления, при этом в рассматриваемой области значений x_1, x_2 все базисные функции существуют и являются дифференцируемыми.

Критерием выбора одного из этих вариантов является норма вектора невязки δ :

$$\|\delta\|^2 = \|Hz - b\|^2 = \sum_{k=1}^{nl} \left(\sum_{s=1}^m h_{ks} z_s - b_k \right)^2, \quad (2)$$

где l — количество строк в таблице;

n — количество столбцов в таблице;

m — количество базисных аппроксимирующих функций;

$z = (a_1, \dots, a_m)^T$ — вектор коэффициентов аппроксимации;

H — матрица ($nl \times m$);

b — вектор значений коэффициента K_α в узлах.

Элементы матрицы H вычисляются следующим образом. Вводится сквозная нумерация клеток исходной таблицы по формуле:

$$k = i + (j-1)n; \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, l, \quad (3)$$

где i — индекс столбца, содержащего данную клетку; j — индекс строки, содержащей данную клетку.

Вариант 1.

$$h_{k1} = x_{1(i)}^2; \quad h_{k2} = x_{1(i)}x_{2(j)}; \quad h_{k3} = x_{2(j)}^2;$$

$$h_{k4} = x_{1(i)}; \quad h_{k5} = x_{2(j)}; \quad h_{k6} = 1. \quad (4)$$

Вариант 2.

$$h_{k1} = x_{1(i)}; \quad h_{k2} = x_{2(j)}; \quad h_{k3} = \frac{1}{x_{1(i)}};$$

$$h_{k4} = \frac{1}{x_{2(j)}}; \quad h_{k5} = 1. \quad (5)$$

Компоненты вектора z вычисляются методом наименьших квадратов в обоих вариантах путем минимизации вектора невязки (2). Для аппроксимации выбирается тот вариант, который обеспечивает меньшую норму этого вектора.

Далее следует выбрать пару (x_1^*, x_2^*) , на которой коэффициент K_α достигает максимального значения. Необходимым условием максимума в задаче без ограничений являются следующие равенства:

$$\frac{\partial K_\alpha}{\partial x_1} = \frac{\partial K_\alpha}{\partial x_2} = 0. \quad (4)$$

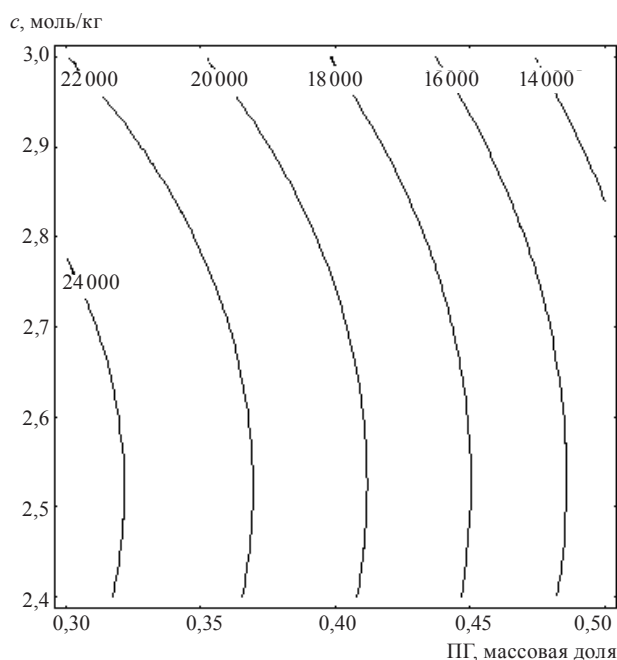
В первом случае равенства (4) принимают такой вид:

$$2a_1x_1 + a_2x_2 + a_4 = 0; \quad a_2x_1 + 2a_3x_2 + a_5 = 0. \quad (5)$$

При условии $4a_1a_3 \neq a_2^2$ система (5) имеет единственное решение:

Исходные экспериментальные данные для оптимизации коэффициента теплоотдачи ВПГЭ хладонотителя

Концентрация электролита, моль/кг	Температура, °C	Массовая доля ПГ, %																			
		30				35				40				45				50			
		ρ	λ	c	μ	ρ	λ	c	μ	ρ	λ	c	μ	ρ	λ	c	μ	ρ	λ	c	μ
2,4	-5	1104	0,343	4034	0,0079	1113	0,335	3883	0,0088	1121	0,328	3736	0,0104	1128	0,324	3494	0,0157	1132	0,318	3313	0,0219
	-10	1112	0,331	3990	0,0104	1120	0,322	3846	0,0113	1127	0,303	3798	0,0137	1133	0,299	3448	0,0201	1138	0,296	3284	0,0280
	-15	1120	0,309	3954	0,0137	1127	0,298	3812	0,0158	1133	0,294	3754	0,0174	1138	0,286	3412	0,0252	1143	0,277	3238	0,0344
	-20	1127	0,288	3914	0,0180	1133	0,275	3775	0,0200	1138	0,273	3701	0,0229	1142	0,267	3387	0,0314	1146	0,261	3165	0,0415
2,6	-5	1113	0,346	3869	0,0085	1121	0,339	3731	0,0093	1128	0,334	3522	0,0116	1134	0,329	3369	0,0179	1139	0,316	3106	0,0252
	-10	1121	0,337	3836	0,0107	1128	0,331	3698	0,0118	1134	0,330	3478	0,0151	1139	0,324	3324	0,0219	1143	0,305	3071	0,0298
	-15	1128	0,330	3801	0,0133	1134	0,325	3664	0,0160	1140	0,321	3441	0,0209	1145	0,317	3281	0,0284	1149	0,296	3025	0,0375
	-20	1134	0,321	3776	0,0158	1139	0,317	3627	0,0176	1144	0,312	3395	0,0241	1149	0,306	3229	0,0320	1153	0,281	2896	0,0422
2,8	-5	1139	0,314	3736	0,0193	1144	0,310	3588	0,0212	1150	0,304	3362	0,0278	1155	0,300	3156	0,0363	1158	0,276	2865	0,0472
	-10	1129	0,331	3695	0,0110	1135	0,327	3546	0,0127	1139	0,324	3305	0,0160	1143	0,319	3041	0,0222	1146	0,310	2814	0,0306
	-15	1135	0,322	3650	0,0148	1141	0,319	3502	0,0160	1146	0,318	3264	0,0215	1149	0,315	2997	0,0283	1152	0,297	2779	0,0371
	-20	1140	0,316	3613	0,0180	1146	0,313	3464	0,0215	1152	0,310	3230	0,0270	1156	0,302	2953	0,0341	1157	0,284	2735	0,0435
3,0	-5	1144	0,310	3587	0,0232	1151	0,306	3439	0,0260	1157	0,303	3185	0,0325	1160	0,292	2913	0,0404	1163	0,276	2698	0,0506
	-10	1148	0,299	3562	0,0285	1155	0,294	3415	0,0331	1162	0,290	3143	0,0393	1165	0,284	2896	0,0475	1168	0,267	2657	0,0590
	-15	1141	0,307	3403	0,0154	1146	0,303	3255	0,0185	1149	0,297	3047	0,0241	1151	0,296	2831	0,0325	1150	0,279	2583	0,0423
	-20	1146	0,300	3388	0,0214	1151	0,294	3241	0,0238	1153	0,288	3030	0,0306	1155	0,287	2817	0,0395	1157	0,271	2558	0,0500
3,0	-25	1150	0,293	3374	0,0265	1155	0,287	3228	0,0290	1157	0,281	3015	0,0365	1159	0,279	2805	0,0464	1161	0,264	2535	0,0576
	-30	1153	0,275	3333	0,0327	1158	0,268	3189	0,0361	1161	0,263	2939	0,0437	1163	0,258	2769	0,0542	1165	0,251	2510	0,0666



Линии уровня коэффициента теплоотдачи

$$x_1 = \frac{a_2 a_5 - 2 a_3 a_4}{4 a_1 a_3 - a_2^2}; \quad x_2 = \frac{a_2 a_4 - 2 a_1 a_5}{4 a_1 a_3 - a_2^2}. \quad (6)$$

Во втором случае имеем следующие необходимые условия:

$$a_1 - \frac{a_3}{x_1^2} = 0; \quad a_2 - \frac{a_4}{x_2^2} = 0. \quad (7)$$

Система (7) имеет 4 решения, но в нашей задаче $x_1 > 0, x_2 > 0$, поэтому выбираем только одно решение:

$$x_1 = \sqrt{\frac{a_3}{a_1}}, \quad x_2 = \sqrt{\frac{a_4}{a_2}}. \quad (8)$$

Если пара значений (x_1^*, x_2^*) определяется формулами (6) или (8), то в этой точке выполняется необходимое условие максимума. Проверить достаточное условие можно при сравнении значения $K_\alpha(x_1^*, x_2^*)$ со значениями этого коэффициента в ближайших узлах.

Если же пара (x_1^*, x_2^*) выходит за пределы данной области, то максимум достигается на ее границе. В этом случае нахождение максимума может осуществляться, например, методом Лагранжа [18, 19]. Такой пример подробно рассмотрен в [12].

Перейдем к применению данной теории к конкретному водно-пропиленгликолевому хладоносителю, параметры которого заданы таблицей, при температуре -15°C .

В результате проведения соответствующих вычислений оказалось, что лучшее приближение дает вариант 1. Получено следующее приближение полиномом 2-й степени:

$$K_\alpha = (-59,03x_1^2 + 1,54x_1x_2 - 12,02x_2^2 - 4,95x_1 + 60,05x_2 - 44,54) \cdot 10^3.$$

График этой зависимости показан на рисунке.

Условия (6) выполняются за пределами исследуемой области. Отсюда следует, что максимальное значение K_α достигается на границе при концентрации электролита 2,51 и массовой доле ПГ 30%.

Список литературы

1. Генель Л. С., Галкин М. Л., Сорокин С. С. Некоторые особенности применения хладоносителей на основе пропиленгликоля в холодильном оборудовании // Холодильная техника. 2000. № 5. С. 26–27.
2. Генель Л. С., Галкин М. Л. Выбор промежуточных хладоносителей // Холодильный бизнес. 2005, № 1. С. 17–20.
3. Кириллов В. В. Новый подход к выбору промежуточного хладоносителя с заданными свойствами. // XI Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ. — СПб., 2005. С. 154.
4. Кириллов В. В. Теплофизические свойства и коррозионная активность хладоносителей на основе электролит-содержащих водно-пропиленгликолевых растворов. // Холодильная техника. 2006. № 12. С. 27–30.
5. Бараненко А. В., Кириллов В. В. Разработка хладоносителей на основе электролитных водно-пропиленгликолевых растворов. // Холодильная техника. 2007. № 3. С. 38–41.
6. Кириллов В. В., Герасимов Е. Д. Энергетическая эффективность применения хладоносителей на основе водно-пропиленгликолевых растворов электролитов. // Холодильная техника. 2008, № 12. С. 10–13.
7. Кириллов В. В., Сивачев А. Е. Свойства водно-органических хладоносителей с высоким содержанием пропиленгликоля. // Холодильная техника. 2011, № 8. С. 12–16.
8. Кириллов В. В. Влияние сольватации на температуру замерзания водно-пропиленгликолевых растворов хлорида натрия, используемых в качестве хладоносителей. // XIV МНПК «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия». — Новосибирск, 2015. С. 29–34.
9. Бараненко А. В., Кириллов В. В., Бочкарев И. Н. Оптимизация свойств хладоносителей с помощью метода планирования эксперимента // Вестник Международной академии холода. 2007, № 4. С. 11–16.
10. Apelblat A. Limiting conductances of electrolytes and the Walden product in mixed solvents in a phenomenological approach // J. Phys. Chem. B. 2008. Vol. 112. P. 7032–7044.
11. Вайсман И. И., Лямина Р. Б., Кесслер Ю. М. и др. Влияние структурных характеристик растворителя на подвижность ионов при бесконечном разбавлении. // Журнал физической химии. 1988. Т. 62. С. 838–840.
12. Кириллов В. В., Чашникова В. В. Аппроксимация целевых функций для оптимизации параметров хладоносителя. // Вестник Международной академии холода. 2008. № 4. С. 22–24.
13. Кириллов В. В., Чашникова В. В., Сивачев А. Е. Оптимизация свойств хладоносителей при помощи множеств Парето. // Вестник Международной академии холода. 2011. № 1. С. 47–51.
14. Быков А. В., Калнинь И. М., Крузе А. С. Холодильные машины и тепловые насосы. М.: Агропромиздат, 1988. 277 с.
15. Гоголин А. А., Данилова Г. Н., Азарсков В. М. и др. Интенсификация теплообмена в испарителях холодильных машин. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. 223 с.

16. Borges, C. F. On polynomial function approximation with minimum mean squared relative error and a problem of Tchebycheff // *Applied Mathematics and Computation*, Elsevier Inc. 2015 April, Vol. 258, P. 22–28.
17. Migliorati, G. Adaptive polynomial approximation by means of random discrete least squares // *Lecture Notes in Computational Science and Engineering*, Springer-Verlag. Vol. 103, 2015, P. 547–554.
18. Ma, J. A principle for critical point under generalized regular constraint and ill-posed Lagrange multipliers under nonregular constraints // *Numerical Functional Analysis and Optimization*, Taylor and Francis Ltd., February 2015. Vol. 36, Issue 2,1, P. 225–239.
19. Ollerton, R. L. Lagrange multipliers, adjoint equations, the Pontryagin maximum principle and heuristic proofs // *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Taylor and Francis Ltd., June 2013, Vol. 44, Issue 4, P. 609–614.
8. Kirillov V. V. Influence of freezing temperature on the solvation water-propylene glycol solutions of sodium chloride, used as refrigerants. XIV conference «Scientific Perspectives XXI century. new century: achievements and prospects». Novosibirsk, 2015. p. 29–34. (in Russian)
9. Baranenko A. V., Kirillov V. V., Bochkarev I. N. Optimizing the properties of refrigerants using the method of experimental design. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2007. No 4. p. 11–16. (in Russian)
10. Apelblat A. Limiting conductances of electrolytes and the Walden product in mixed solvents in a phenomenological approach. *J. Phys. Chem. B*. 2008. Vol. 112. P. 7032–7044.
11. Vaisman I. I., Lyamina R. B., Kessler Yu. M. et al. Effect of the structural characteristics of the solvent on the mobility of ions at infinite dilution. *Zhurnal fizicheskoi khimii*. 1988. vol. 62. p. 838–840. (in Russian)
12. Kirillov V. V., Chashnikova V. V. Approximation of objective functions for optimization of parameters of coolant. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2008. No 4. p. 22–24. (in Russian)
13. Kirillov V. V., Chashnikova V. V., Sivachev A. E. Optimization of refrigerants properties using Pareto sets. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2011. No 1. p. 47–51.
14. Bykov A. V., Kalnin' I. M., Kruze A. S. Chillers and heat pumps. M.: Agropromizdat, 1988. 277 p.
15. Gogolin A. A., Danilova G. N., Azarskov V. M. et al. Enhancement of heat transfer in the evaporators of refrigerating machines. M.: Leg. i pishch. prom-st', 1982. 223 p.

References

1. Genel' L. S., Galkin M. L., Sorokin S. S. Some features of application of coolant on the basis of propylene glycol in refrigerating appliances. *Kholodil'naya tekhnika*. 2000. No 5. p. 26–27. (in Russian)
2. Genel' L. S., Galkin M. L. Choice of intermediate coolant. *Kholodil'nyi biznes*. 2005, No 1. p. 17–20. (in Russian)
3. Kirillov V. V. A new approach to the choice of the intermediate refrigerant with predetermined properties. XI Russian conference on thermophysical properties of substances. SPb., 2005. p. 154. (in Russian)
4. Kirillov V. V. Thermophysical properties and corrosiveness refrigerants based electrolyte-containing water-propylene glycol solutions. *Kholodil'naya tekhnika*. 2006. No 12. p. 27–30. (in Russian)
5. Baranenko A. V., Kirillov V. V. Development of refrigerants based electrolyte aqueous propylene glycol solutions. *Kholodil'naya tekhnika*. 2007. No 3. p. 38–41. (in Russian)
6. Kirillov V. V., Gerasimov E. D. The energy efficiency of refrigerants based on water-propylene glycol solutions of electrolytes. *Kholodil'naya tekhnika*. 2008, No 12. p. 10–13. (in Russian)
7. Kirillov V. V., Sivachev A. E. Properties of water and organic refrigerants rich in propylene. *Kholodil'naya tekhnika*. 2011. No 8. p. 12–16. (in Russian)

О Перечне рецензируемых научных изданий

В соответствии с приказом Минобрнауки России от 25 июля 2014 г., **1 декабря 2015 г.** сформирован Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Издания, текущие номера которых или их переводные версии входят хотя бы в одну из международных реферативных баз данных и систем цитирования Web of Science, Scopus, Astrophysics Data System, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer, Agris или GeoRef считаются входящими в Перечень по отраслям науки, соответствующим их профилю.

Вестник Международной академии холода включен в Перечень двум международным базам: **Agris (Agricultural Research Information System)** и **Chemical Abstracts**.