УДК 629.463.125

*Вадим Миколайович Іщенко, к.т.н., доцент,
(завідувач кафедри «Вагони та вагонне господарство», Державний
університет інфраструктури та технологій),
Надія Сергіївна Брайковська, к.т.н., професор,
(директор Київського інституту залізничного транспорту),
Юрій Володимирович Щербина, к.т.н.,
(старший викладач кафедри «Вагони та вагонне господарство»,
Державний університет інфраструктури та технологій)*

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ В ХОЛОДИЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ РЕФРИЖЕРАТОРНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

У статті розглянуті питання, пов'язані з підходами до ефективного використання альтернативних холодильних агентів в діючому холодильному обладнанні рефрижераторного рухомого складу. Дослідження та аналіз властивостей холодильних агентів запропоновано виконувати за найбільш вагомими показниками, які визначені на підставі вимог до альтернативних холодоагентів. Визначені підходи до раціонального вибору альтернативного холодоагенту для діючого холодильного обладнання, проведено дослідження щодо застосування чистих, а не сумішних альтернативних холодильних агентів в діючому обладнанні рефрижераторних вагонів.

Ключові слова: рефрижераторний рухомий склад, холодильна машина, альтернативний холодильний агент, показники якості, ефективність використання.

Вступ. Під час експлуатації холодильного обладнання рефрижераторного рухомого складу на багатокомпонентному альтернативному холодильному агенті у його роботі виникають недоліки, які обумовлені особливостями сумішевих альтернативних холодоагентів і пов'язані з селективною втратою будь-якого компонента при витіканні з контуру холодильної машини, що впливає на холодопродуктивність машини, та створення і підтримання температурного режиму перевезення швидкопсувних вантажів в рефрижераторних вагонах.

В холодильному обладнанні можливо застосування як сумішевих, так і чистих (простих) альтернативних холодоагентів. Перевага віддається насамперед чистим холодильним агентам, тому доволі важливими питаннями є визначення можливості застосування чистих альтернативних холодильних агентів в діючому холодильному обладнанні рефрижераторних вагонів [5].

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-1-17

Постановка задачі. Підвищення ефективності використання альтернативних холодильних агентів в діючому холодильному обладнанні пов'язано з функціонуванням та експлуатацією рефрижераторного рухомого складу при перевезенні швидкопсувних вантажів. Головним напрямком пошуку нових рішень розв'язання цієї проблеми є раціональний вибір альтернативного холодоагенту для холодильного обладнання рефрижераторних вагонів. В теперішній час в холодильній техніці використовується більш десятка різних холодильних агентів, які на ринку позиціонуються як альтернативні, озонобезпечні, але при цьому мають не ідентичні показники [1, 3, 4]. Таким чином актуальною задачею є створення методик, які дозволяють оцінити показники якості холодильного агента на підставі найбільш вагомих серед них та провести комп'ютерне моделювання зміни характеристик холодильної машини з метою раціонального вибору альтернативного холодоагенту для діючого холодильного обладнання рефрижераторних вагонів.

Мета і завдання дослідження. Метою написання цієї статті є визначення методичних підходів до оцінки показників якості холодильних агентів з метою раціонального вибору альтернативного холодильного агента для діючого холодильного обладнання та ефективного його використання і оцінки основних показників холодильного агента R134a, який запропоновано для експериментального застосування в холодильному обладнанні рефрижераторних вагонів, як чистого альтернативного холодильного агента.

Матеріали та методи дослідження. Рішення Монреальського протоколу докорінно змінили підхід до традиційних озоноруйнуючих холодильних агентів, тому холодильний агент хладон-12 (R12), який застосовувався в холодильному обладнанні рефрижераторного рухомого складу протягом багатьох років, визнаний озоноруйнуючою речовиною і його виробництво і використання в теперішній час заборонено [4].

У ситуації, що склалась, актуальним є не тільки розв'язання наукового завдання щодо забезпечення працездатності, але і підвищення ефективності функціонування холодильного обладнання рефрижераторних вагонів при його експлуатації на альтернативному R12 холодильному агенті в умовах діючої системи ремонту та обслуговування рефрижераторного рухомого складу. Це викликає необхідність оцінки показників альтернативних холодильних агентів та характеристик холодильної машини з метою раціонального вибору та ефективного використання в діючому холодильному обладнанні.

Дослідження показників та властивостей холодильних агентів виконуємо на підставі вимог, що пред'являються до них. Вимоги до холодильних агентів поділяються на наступні групи: екологічні, термодинамічні, експлуатаційні та економічні [5].

Термодинамічні вимоги визначають робочі якості холодильного агента, і для альтернативних холодильних агентів особливу увагу пред'являють до тиску, питомої об'ємної холодопродуктивності і холодильного коефіцієнту.

Згідно вимог до альтернативних холодильних агентів визначаємо основні критерії до дослідження їх показників:

1. Значення диференціала, P_k / P_0 ;
2. Значення температури в кінці процесу стиснення t , °C;
3. Значення питомої об'ємної холодопродуктивності q_v , $\text{кДж} / \text{кг}$;
4. Значення холодильного коефіцієнта;

5. Екологічні показники.

За встановленими критеріями проведемо дослідження та порівняння показників холодильних агентів R12 та R134a

Значення показників холодильних агентів визначимо при стандартному температурному режимі роботи для фреонових компресійних холодильних машин одноступеневого стиснення, який обумовлений: температура кипіння холодильного агента у випарнику $t_0 = -15^\circ\text{C}$; температура всмоктування пари холодильного агента в компресор $t_{\text{вс}} = +15^\circ\text{C}$; температура конденсації $t_{\text{к}} = +30^\circ\text{C}$; температура переохолодження холодильного агента перед дроселюванням $t_{\text{к}} = +25^\circ\text{C}$ [2].

Диференціал холодильного агента – відношення тиску в конденсаторі $P_{\text{к}}$ до тиску у випарнику P_0 ($P_{\text{к}} / P_0$). Чим більше різниця між тиском в конденсаторі і тиском у випарнику, тим умови роботи компресора є більш важкими. Тому абсолютні робочі тиски та їх різниця визначають надійність і ефективність холодильної машини.

Значення температури холодильного агента в кінці процесу стиснення впливає на надійність і ефективність холодильної машини. Чим більше температура холодильного агента в кінці стиснення, тим більші навантаження виникають в компресорі, збільшуються сили тертя в спряжених парах, зменшується надійність і ефективність холодильної машини.

Питома об'ємна холодопродуктивність холодильного агента q_v – кількість теплоти, яку отримує холодильний агент для утворення 1м^3 сухої насиченої пари [12].

$$q_v = \frac{q_0}{v_1'} = \frac{i_1 - i_4}{v_1'} \quad (1)$$

де q_0 – питома масова холодопродуктивність холодильного агента, $\text{кДж} / \text{кг}$;

v_1' – питомий об'єм пари холодильного агента на всмоктуванні в компресор, $\text{м}^3 / \text{кг}$;

i_1 – ентальпія холодильного агента в кінці процесу кипіння у випарнику, $\text{кДж} / \text{кг}$;

i_4 – ентальпія холодильного агента на початку кипіння у випарнику, $\text{кДж} / \text{кг}$.

Питома об'ємна холодопродуктивність визначає об'єм, що описують поршні компресора, тобто конструктивну характеристику компресора.

Холодильний коефіцієнт визначається відношенням теплоти, відведеної від тіла, що охолоджується, до роботи, що витрачається в цьому процесі [12].

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{q_0}{i_2 - i_1'} \quad (2)$$

де l – питома робота стиснення, $\text{кДж} / \text{кг}$;

i_2 – ентальпія холодильного агента в кінці процесу стиснення, $\text{кДж} / \text{кг}$;

i_1' – ентальпія холодинного агента на всмоктуванні в компресор, $\text{кДж} / \text{кг}$.

Екологічні властивості холодинного агента характеризують потенціал руйнування озону (ODP) і потенціал глобального потепління (GWP) або (HGW) [5].

Потенціал руйнування озону ODP визначається наявністю атомів хлору в молекулі холодинного агента і прийнятий за одиницю для R11 та R12.

Потенціал глобального потепління GWP прийнятий за одиницю для діоксиду вуглецю (CO_2) з тимчасовим горизонтом 100 років, а потенціал HGW підраховують щодо значення цього параметра для R11, також прийнятий за одиницю.

Для визначення показників холодинних агентів R12 та R134a згідно стандартного температурного режиму будуюмо цикл холодинної машини в $\lg p$ діаграмах та визначаємо параметри холодинного агента в характерних точках циклу: температуру $t, ^\circ\text{C}$; тиск $P, \text{МПа}$; ентальпію $i, \text{кДж} / \text{кг}$; питомий об'єм пари $v_1, \text{м}^3 / \text{кг}$.

Рис. 1. Цикл холодинної машини в $\lg p$ діаграмі

Лінія (4-1) – ізотермічний і ізобарний процес кипіння холодоагенту у випарнику;

Лінія (1-1') – ізобарний перегрів пари холодоагенту на всмоктуванні в компресор;

Лінія (1'-2) – адіабатний процес стиску холодоагенту в компресорі;

Лінія (2-2') – ізобарний процес охолодження перегрітої пари до сухої насиченої пари в конденсаторі;

Лінія (2'-3) – ізотермічний і ізобарний процеси конденсації холодоагенту в конденсаторі;

Лінія (3-3') – ізобарний процес переохолодження рідкого холодоагенту перед дроселюванням;

Лінія (3'-4) – ізентальпний процес дроселювання рідкого холодоагенту.

За приведеною методикою дослідження визначаємо значення параметрів холодильних агентів і виконуємо їх порівняльний аналіз.

Таблиця 1. Значення параметрів холодильних агентів при стандартному температурному режимі холодильної машини

№ з/п	Параметр	Розмірність	Холодильний агент		
			R12	R134a	Розбіжність Δ , %
1	Диференціал холодильного агента, (P_k / P_0)	-	4,0	4,7	14,89
2	Температура в кінці процесу стиснення, t	°C	70	65	7,14
3	Питома об'ємна холодопродуктивність, q_v	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	1171,6	1060,9	9,44
4	Холодильний коефіцієнт, ε	-	4,13	4,18	1,19

На підставі аналізу показників (табл. 1) можливо зробити висновок, що середнє значення розбіжності найбільш вагомих показників якості холодильних агентів R12 та R134a складає 8,16 % і це дає підстави для можливості використання холодильного агента R134a з потенціалом руйнування озона ODP = 0 як альтернативний холодильному агенту R12.

Властивості холодильного агента оцінюються також на підставі аналізу коефіцієнту перетворювання теплоти (coefficient of performance - COP), який визначається за формулою [12]

$$COP = \frac{Q_0}{N_{ad}} \quad (3)$$

де Q_0 – холодопродуктивність, Вт

N_{ad} – потужність, що визначається на здійснення циклу, Вт

Аналіз величини COP циклу холодильної машини полягає в аналізі термодинамічних властивостей холодильного агента при встановленому температурному режимі. В документації заводу-виробника робочих речовин використовується величина COP робочої речовини в стандартному температурному режимі.

Холодопродуктивність є основною характеристикою холодильної машини, яка визначається властивостями холодильного агента та значеннями температур його конденсації t_k і кипіння t_0 , тобто $Q_0 = f(t_k, t_0)$.

Значення холодопродуктивності визначається на основі виразу об'ємної холодопродуктивності компресора [2]

$$Q_0 = \lambda \cdot V_h \cdot q_v \quad (4)$$

де λ – коефіцієнт подачі;

V_h – об'єм, що описують поршні компресора, $\text{м}^3 / \text{год}$

В теоретичному процесі стиснення пари холодильного агента в компресорі здійснюється адіабатно, при цьому потужність, що витрачається, визначається за формулою [12]

$$N_{ad} = G \cdot (i_2 - i_1) \quad (5)$$

де G – кількість циркулюючого холодильного агента, $\text{кг} / \text{с}$

i_1 та i_2 – ентальпії пари холодильного агента на початку та наприкінці стиснення, $\text{Дж} / \text{кг}$

Для розглядання можливості застосування альтернативного холодоагенту R134a в холодильній установці $\text{BP18} \times 2-1-2$ п'яти вагонної рефрижераторної секції РС-4 БМЗ [6] розраховуємо значення холодопродуктивності; потужності, що витрачається; COP та порівнюємо їх значення з значеннями холодильного агента R12, який застосовувався в холодильному обладнанні. Значення холодопродуктивності, потужності, що витрачається, COP холодильних агентів R134a та R12 приведені на рис. 2-4.

Рис. 2. Холодопродуктивність компресора холодильної машини $\text{BP 18} \times 2-1-2$ при застосуванні холодильних агентів R12 та R134a

З рис. 2, де зображено значення холодопродуктивності компресора холодильної машини $\text{BP18} \times 2-1-2$ бачимо, що при використанні холодильного агента R12 холодопродуктивність компресора більше на 3,0 кВт, чим при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a.

Рис. 3 Потужність, що витрачається компресором холодильної машини ВР 18×2-1-2 при застосуванні холодильних агентів R12 та R134a

З рис. 3, де зображено потужність, що використовується компресором компресора холодильної машини ВР18×2–1–2 бачимо, що при використанні холодильного агента R12 потужність, що витрачається компресором на 0,8 кВт більше чим при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a.

Рис. 4 Значення COP холодильної машини ВР 18×2-1-2 при застосуванні холодильних агентів R12 та R134a

З рис. 4, де зображено значення COP холодильної машини ВР18×2–1–2 бачимо, що при використанні холодильного агента R12 значення COP менше на 0,12, чим при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a.

Порівняльний аналіз показників холодильної машини ВР18×2–1–2 п'ятивагонної рефрижераторної секції РС-4 БМЗ дає підстави визначити доцільність застосування альтернативного холодильного агента R134a замість холодильного агента R12 за наступними факторами:

- стандартна холодопродуктивність компресора, при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a на 10,5 % менше, чим при використанні холодильного агента R12, це збільшує тривалість попереднього охолодження кузова

рефрижераторного вагона секції БМЗ перед завантажуванням мороженого вантажу при температурі зовнішнього повітря $t_z = +30^\circ\text{C}$ на 22 хвилини;

– потужність, що витрачається компресором в стандартному температурному режимі при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a на 12,91 % менше чим при використанні холодильного агента R12;

– значення COP при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a більше на 2,8 % чим при використанні холодильного агента R12;

– зменшення потужності, яка витрачається компресором, збільшення значення COP свідчить про підвищення ефективності роботи холодильної машини при незначному збільшенні часу попереднього охолодження рефрижераторного вагона перед завантаженням вантажу, що дає підстави стверджувати про доцільність експериментального дослідження застосування альтернативного холодильного агента R134a в діючому холодильному обладнанні рефрижераторного рухомого складу з наступним встановленням можливості його використання.

Висновки. На підставі виконаних досліджень та проведеного аналізу:

1. Визначені методичні підходи до оцінки показників якості холодильних агентів з метою раціонального вибору альтернативного холодильного агента для діючого холодильного обладнання рефрижераторного рухомого складу та ефективного його використання.

2. Виконано оцінку показників якості холодильних агентів за встановленими критеріями, які визначалися на підставі вимог до альтернативних холодильних агентів.

3. Визначено середнє значення розбіжності найбільш вагомих показників якості холодильних агентів R12 та R134a, що складає 8,16 %, це дає підстави запропонувати застосування холодильного агента R134a, який має потенціал руйнування озона $\text{ODP} = 0$ як альтернативний холодильному агенту R12 в холодильному обладнанні рефрижераторних вагонів.

4. Значення COP при застосуванні альтернативного холодильного агента R134a в діючому холодильному обладнанні рефрижераторного вагона секції БМЗ більше на 2,8 % чим при використанні холодильного агента R12, що свідчить про підвищення ефективності роботи холодильної машини.

5. Запропоновано за результатами розрахунків циклів холодильної машини $\text{BP18} \times 2 - 1 - 2$ п'ятивагонної рефрижераторної секції РС-4 БМЗ та їх порівняльного аналізу при застосуванні холодильних агентів R12 та R134a здійснити експериментальне дослідження з використанням в холодильному обладнанні рефрижераторного рухомого складу не сумішевий, а чистий альтернативний холодильний агент R134a.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цветков О.Б. Холодильные агенты. СПб: СПбГУНиПТ, 2003. 216 с.
2. Ибраев А.М., Мустафин Т.Н., Хамидуллин М.Н. Сравнительный анализ холодильных агентов пароконденсационных холодильных машин по ожидаемой холодопроизводительности. // Вестник Казан. технолог. ун-та. 2014. №14, т.17. С. 159-162.
3. Бабакин Б.С., Показеев К.В., Выгодин В.А., Чаплина Т.О. (2009) Экология и холодильная техника – М.: ДеЛи принт, 2009, 532 с.
4. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/monreal.pdf

5. Бабакин Б.С., Стефанчук В.И., Ковтунов Е.Е. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. М.: Колос, 2000. –160с.
6. Машина холодно-нагревательная ВР18×2-1-2. Паспорт ВР18×2-1-2-2ПР.
7. ОСТ 24.050.65 Вагоны рефрижераторные. Методика проведения теплотехнических испытаний УДК629.463.125.001.4.Группа Д59.
8. Ищенко В.Н. Термодинамические аспекты альтернативной замены холодильного агента в холодильных системах подвижного состава. // Збірник наукових праць Київського університету економіки і технології транспорту. 2005. С. 53-57.
9. Ищенко В.Н. Энергетическая эффективность рефрижераторных вагонов для перевозки скоропортящихся грузов. // Одеська державна академія холоду. Холодильна техніка і технологія. Науково-технічний журнал. 2007. №5 (109). С. 40-46.
10. Ибраев А.М. Анализ энергетических потерь парокомпрессионной холодильной машины, связанных с процессом перегрева рабочего тела в испарителе. // Вестник Казан. технолог. ун-та. 2013. №21, т.16. С. 238-241.
11. Coulomb D. The refrigerants future: the phase down of HFCs and its consequences // Вестник Международной академии холода 2014, №1 С. 3-6.
12. Бараненко А.В., Бухарин Н.Н., Пекарев В.И., Тимофеевский Л.С. Холодильные машины. СПб: Политехника, 2006. 944 с.
13. Ларин И.К. Фреоны и озоновый слой Земли // Холодильная техника. 2002, №1. С.34-37.
14. Мазур В.А. Альтернативные хладагенты стратегия выбора // Холодильная техника. 2002. №6. С. 9-10.
15. Хладагенты [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ingenium-company.ru/catalog/rashod_mat/hladageni/

REFERENCES

1. Tsvetkov O.B. (2003) Kholodil'nyye agenty. - 216 s. (In Russian)
2. Ibrayev A.M., Mustafin T.N., Khamidullin M.N. (2014) Sravnitel'nyy analiz kholodil'nykh agentov parokompressionnykh kholodil'nykh mashin po ozhidayemoy kholodoproizvoditel'nosti. // Vestnik Kazan. tekhnolog. un-ta - t.17 №14 - 2014. - 159-162. (In Russian)
3. Babakin B.S., Pokazeyev K.V., Vygodin V.A., Chaplina T.O. (2009) Ekologiya i kholodil'naya tekhnika - M.: DeLi print, 2009, 532 s. (In Russian)
4. Monreal'skiy protokol po veshchestvam, razrushayushchiy ozonovyy sloy. [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupu: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/monreal.pdf
5. Babakin B.S., Stefanчук V.I., Kovtunov Ye.Ye. (2000) A'l'ternativnyye khladagenty i servis kholodil'nykh sistem na ikh osnove. - M.: Kolos, 2000 - 160s.: Il. (In Russian)
6. Mashina kholodil'no-nagrevatel'naya VR18 × 2-1-2. Pasport VR18 × 2-1-2-2PR.
7. OST 24.050.65 Vagony refrizheratornyye. Metodika provedeniya teplotekhnicheskikh ispytaniy UDK629.463.125.001.4.Gruppa D59.
8. Ishchenko V.N. Termodinamicheskiye aspekty a'l'ternativnoy zameny kholodil'nogo agenta v kholodil'noy sisteme podvizhnogo sostava. / V.N. Ishchenko, N.S. Braykovskaya // Nauchnyye issledovaniya Kiyevskogo natsional'nogo universiteta - 2005. - P. 53-57. (In Ukrainian)
9. Ishchenko V.N. Energeticheskaya effektivnost' refrizheratornykh vagonov dlya perevozki skoroportyashchikhsya грузов. / V.N. Ishchenko, N.S. Braykovskaya. // Odes'ka derzhavna akademiya kholodu. Kholodil'na tekhnika i tekhnologiya. Naukovo-tekhnichnyi zhurnal. - 2007. №5 (109) - P. 40-46. (In Ukrainian)
10. Ibrayev A.M. Analiz energeticheskikh poter' parokompressionnoy kholodil'noy mashiny. // Vestnik Kazan. tekhnolog. un-ta - t.16 №21 - 2013. - S. 238-241. (In Russian)
11. Coulomb D. The refrigerants future: the phase down of HFCs and its consequences // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda 2014, №1 S. 3-6. (In Russian)
12. Baranenko A.V., Bukharin N.N., Pekarev V.I., Timofeyevskiy L.S. Kholodil'nyye mashiny - SPb: Politehnika, 2006. - 944 s. (In Russian)
13. Larin I.K. Freony i ozonovyy sloy Zemli // Kholodil'naya tekhnika. 2002, №1. S.34-37. (In Russian)
14. Mazur V.A. A'l'ternativnyye khladagenty strategiya vybora // Kholodil'naya tekhnika. 2002. - №6. - P. 9-10. (In Ukrainian)
15. Khladagenty [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupu: http://www.ingenium-company.ru/catalog/rashod_mat/hladageni/

*Надежда Сергеевна Брайковская, к.т.н., профессор,
(директор Киевского института железнодорожного транспорта),
Вадим Николаевич Ищенко, к.т.н., доцент,
(заведующий кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»), Юрий
Владимирович Щербина, к.т.н.,
(старший преподаватель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»)*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭФФЕКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ
В ХОЛОДИЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ РЕФРИЖЕРАТОРНОГО
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

В статье рассмотрены вопросы, связанные с подходами к эффективному использованию альтернативных холодильных агентов в действующем холодильном оборудовании рефрижераторного подвижного состава. Исследования и анализ свойств холодильных агентов предложено выполнять по наиболее весомым показателям, которые определены на основании требований к альтернативным холодильным агентам. Определены подходы к рациональному выбору альтернативного холодильного агента для действующего холодильного оборудования, проведено исследование на возможность применения чистых, а не смесевых альтернативных холодильных агентов в действующем оборудовании рефрижераторных вагонов.

***Ключевые слова:** рефрижераторный подвижной состав, холодильная машина, альтернативный хладагент, показатели качества, эффективность использования.*

*Nadezhda Braikovska, Ph.D., professor,
(Director of the Kyiv Institute of Railway Transport)
Vadym Ishchenko, Ph.D., associate professor
(Head of chair «Wagons and wagon facilities»)
Yurii Scherbina, , Ph.D.,
(senior lecturer of department «Wagons and wagon facilities »)*

**METHODICAL APPROACHES TO EFFICIENT USE OF ALTERNATIVE
REFRIGERATING AGENTS IN REFRIGERATING MOLDING COMPOSITE
REFRIGERATION EQUIPMENT**

The article discusses issues related to approaches to the effective use of alternative refrigeration agents in existing refrigeration equipment for refrigerated rolling stock. At present, a large number of different refrigerants are used in refrigeration technology, which are positioned on the market as alternative, ozone-safe, but at the same time have not identical indicators. One of the directions of the search for new solutions to the rational choice of alternative refrigerants for refrigeration equipment, which is in operation, has been determined. A method has been proposed that allows assessing the quality indicators of a refrigerant based on the most significant ones, which have been determined on the basis of the requirements for alternative refrigerants. By means of computer simulation, changes in the characteristics of the refrigerating machine have

been established depending on the modes of its operation when using an alternative refrigerant. Analysis of the thermodynamic parameters of an alternative refrigerant in the refrigeration cycle has been carried out using the heat conversion coefficient. Based on the proposed methodology, approaches to the rational choice of an alternative refrigerant for existing refrigeration equipment have been defined. A study has been conducted on the possibility of using clean, rather than mixed, alternative refrigerating agents in the existing equipment of refrigerated wagons..

Keywords: *refrigerated rolling stock, refrigerator, alternative refrigerant, quality indicators, efficiency of use.*