

УДК 662.63

Коханський А.І.*(Одеська національна морська академія, м. Одеса)***Редунов Г.М.***(Одеська державна академія холоду, м. Одеса)***Тітлов О.С.***(Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса)*

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НА МОРСЬКИХ СУДНАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ (АХА)

Обсуждаются вопросы применения на судах тепловикористовуючих абсорбційних холодильних агрегатів малої продуктивності для хранения пищевых продуктов, полуфабрикатов и сырья. Для работы таких аппаратов на судах могут быть использованы выхлопные газы дизель-генераторов судовых энергетических установок. Рассматриваются две схемы безнасосных абсорбційних холодильных агрегатів — с воздушным и жидкостным охлаждением элементов.

The questions of application come into a question on the courts of heatusing of absorption refrigeration aggregates of the small productivity for storage of food products, ready-to-cook foods and raw material. For work of such vehicles on courts exhaust gases of dizel-generator of ship power plants can be utilized. Two charts of no-pump of absorption refrigeration aggregates are examined — with the air and liquid cooling of heat elements.

Вступ та основна частина

Проблеми енергоресурсозбереження, що стоять сьогодні перед світовою спільнотою, найбільшої актуальності набувають на транспорті, зокрема, на морському. Для суднових систем холодильної техніки і кондиціонування повітря відомою енергоресурсозберігаючою пропозицією є застосування тепловикористовуючих апаратів, які утилізують теплоту скидних газів головних суднових двигунів і котельних установок [1]. Ефективність пропозиції пов'язана з тим, що втрати тепла зі скидними газами казанів, на сучасних суднах складають 7...8 %, втрати тепла в дизельних установках суден 28...40 % [1].

Окрім тепловологісної обробки повітря в системах кондиціонування штучний холод, вириблений тепловикористовуючими холодильними машинами може використовуватися для глибокого охолодження надувочного повітря і побутових потреб.

Потреба в штучному холоді для цих цілей складає 2000...5000 кВт, що нескладно забезпечити за допомогою тепловикористовуючих холодильних машин — пароежекторних [1] і абсорбційних [2,3].

Разом з тим при вирішенні завдань енергозбереження практично не приділяється уваги малим споживачам штучного холоду на морських суднах — апаратам низькотемпературного зберігання харчових продуктів і напівфабрикатів для потреб командного складу. Потреби холоду в таких апаратах незначні, в порівнянні з виробничими, а традиційним виробником холоду в них є фреонові парокомпресійні агрегати, що використовують тільки електричні джерела енергії.

Ряд фреонів R11, R13, R113, R502, R503 і серед них широко відомий R12 — активно руйнують атмосферний озон, чим сприяють попаданню на поверхню Землі жорсткого сонячного випромінювання, згубного для всього тваринного і рослинного світу і планети [4].

Значний внесок в ці несприятливі для екології ефекти вносять і системи холодильної техніки, більшість яких в даний час працюють на R12.

Світова спільнота реагує на погіршення екологічної обстановки цілим поряд заборон і обмежень (Монреальський протокол, 1986 р.; Конвенція ООН по клімату, Ріо-де-Жанейро, 1992; Кіотський протокол, 1997 р.), які в даний час не виконуються більшістю країн, що розвиваються, та країн з перехідною економікою, у тому числі і країнами колишнього СРСР. Таке положення значною мірою пов'язане з тим, що комплекс технічних і економічних

заходів, пов'язаних з переходом холодильної техніки на екологічно чисті холодагенти, повною мірою можуть здійснити тільки країни з розвинутою економікою.

До таких проблем переходу відносять: пошук нових синтетичних масел; низьку енергетичну ефективність нових екологічно безпечних хладагентів; недостатній професійний рівень розробників і обслуговуючого персоналу.

Ці проблеми примушують розробників дрібних холодильних апаратів, до яких відносяться моделі побутової і торгової холодильної техніки, звертати пильну увагу на абсорбційні холодильні агрегати (АХА), які можуть стати одним з альтернативних варіантів переходу на екологічно безпечні холодагенти.

Робоче тіло АХА — водоаміачний розчин (ВАР) з добавкою інертного газу — водню, гелію або їх суміші абсолютно екологічно безпечно — має нульові значення озоноруйнівного потенціалу і потенціалу «парникового» ефекту [5].

АХА мають і ряд таких унікальних якостей, як:

а) безшумність, висока надійність і тривалий ресурс, відсутність вібрації, магнітних і електричних полів при експлуатації [6];

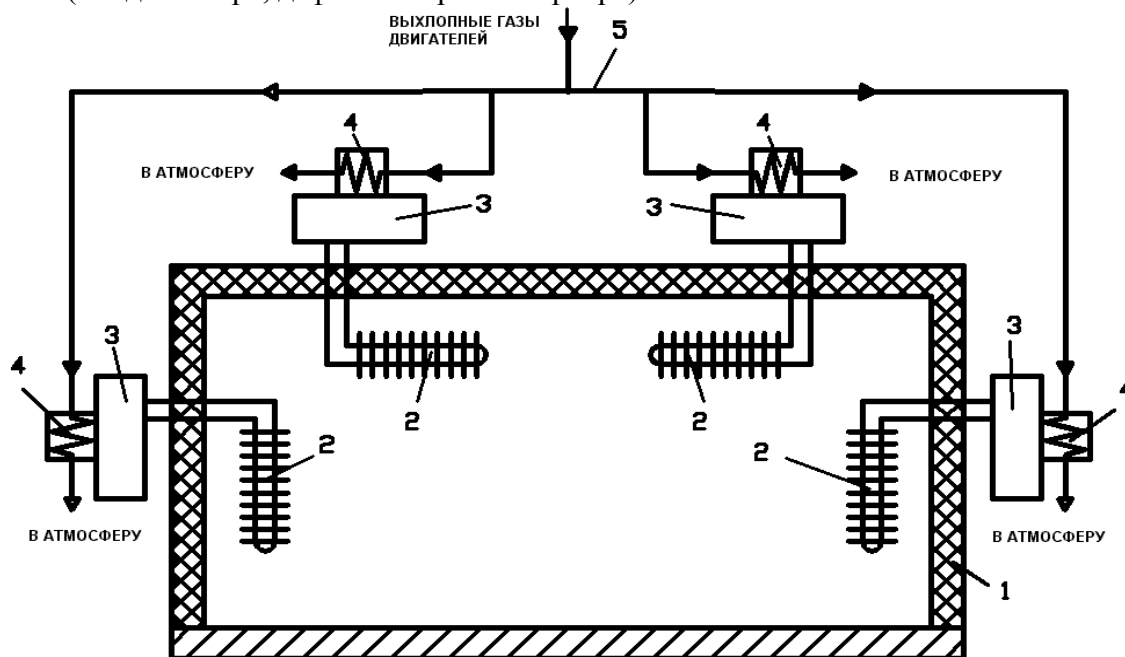
б) можливість використання в одному апараті декількох різних джерел теплової енергії — як електричних, так і альтернативних (теплота згорання органічного палива, сонячне випромінювання, вихлопні гази двигунів внутрішнього згорання) [7];

в) можливість роботи з неякісними джерелами енергії, у тому числі і електричними в діапазоні напруги мережі 160...240 В [8].

До переваг АХА слід віднести мінімальну вартість серед існуючих типів побутового холодильного устаткування, що у багатьох випадках і визначає їх популярність у користувачів [9].

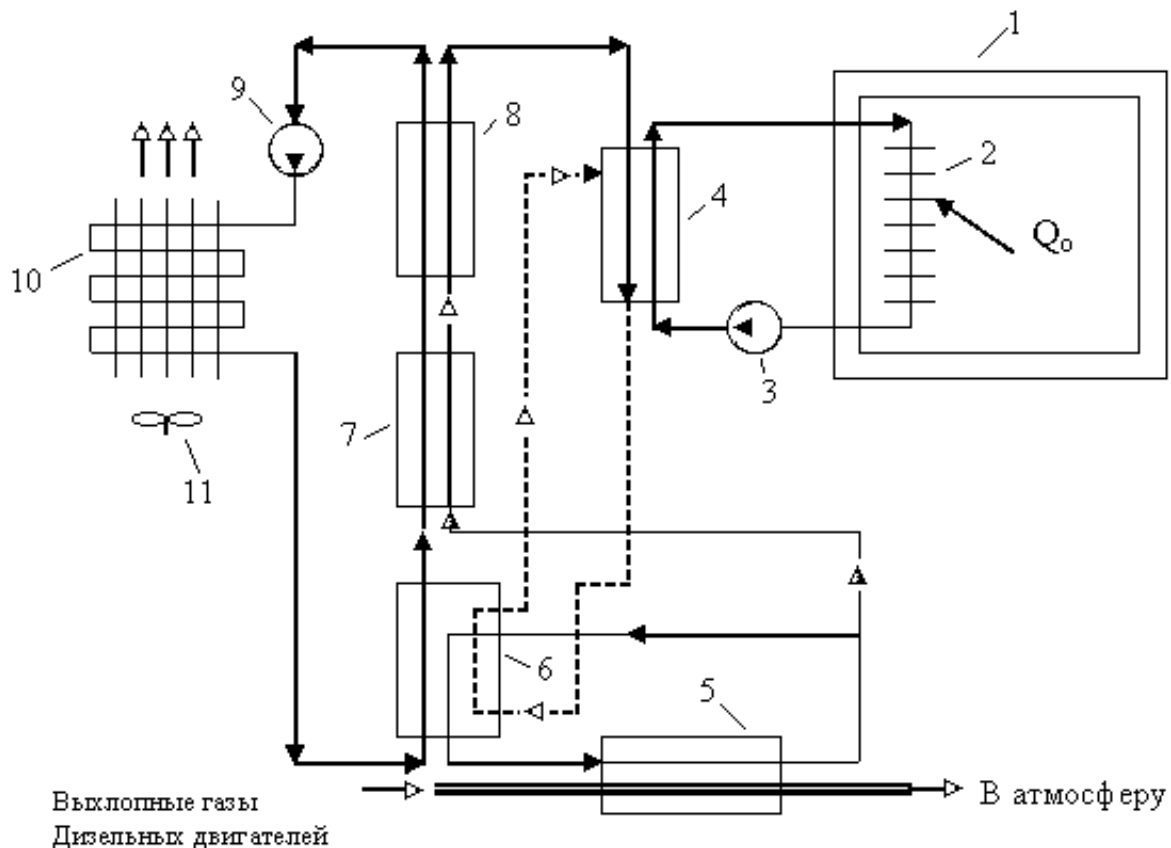
Холодильні апарати з АХА, оснащені пальниковими пристроями, широко використовуються туристами і мандрівниками, оскільки їм немає альтернативи в районах з відсутністю електроенергії.

Для роботи на морських судах можуть бути використані два типи АХА — з повітряним [1, 6, 8] (рис. 1) і рідинним [10, 11] (рис. 2) охолодженням теплорозсіюючих елементів (конденсатора, дефлегматора і абсорбера).



1 — холодильна камера; 2 — випарники АХА; 3 — теплорозсіюючі елементи АХА; 4 — кип'ятильник; 5 — магістраль підведення тепла

Рис.1 – Схема використання АХА з повітряним охолодженням теплорозсіюючих елементів



1 — холодильна камера; 2 — охолоджувач розсолу; 3 — насос розсолу; 4 — випарник; 5 — кип'ятильник; 6 — абсорбер; 7 — дефлегматор; 8 — конденсатор; 9 — насос контура охолодження теплорозсіюючих елементів; 10 — повітряний теплообмінник; 11 — вентилятор

Рис.2 – Схема використання АХА з рідинним охолодженням теплорозсіюючих елементів

У першому випадку забезпечується повна автономність холодильного апарату, але конструкція достатньо громіздка, в другому випадку ситуація зворотна: металоемність мінімальна, але потрібний циркуляційний насос для прокачування охолоджуючої води.

АХА із повітряним охолодженням теплонавантажених елементів в режимі природної конвекції (надалі — АХА ПО) серійно випускаються в Україні на Васильківському заводі холодильників (Київська область).

Холодопродуктивність вітчизняних АХА ПО не перевищує 50 Вт, тому переважно вони використовуються в побутових і торгових холодильних апаратах ємністю від 30 літрів до 200 літрів [6, 12]. За кордоном відоме застосування АХА ПО в холодильниках ємністю понад 300 літрів [13].

Побутові і торгові абсорбційні апарати, як правило, працюють з електричними джерелами енергії потужністю від 70 до 300 Вт [6, 9, 12, 13], оскільки вони розташовуються всередині житлових і робочих приміщень.

АХА з рідинним охолодженням теплонавантажених елементів (надалі — АХА РО) розраховані на холодопродуктивність 1200...1500 Вт. В даний час вони знайшли застосування в теплових насосах, що використовуються для альтернативного опалювання невеликих житлових будинків [10, 11]. Джерелом енергії для АХА з рідинним охолодженням служать продукти згорання органічного палива (природного газу, пропана, гасу, бензину і т. д.). Пальниковий пристрій розраховується на теплове навантаження 3500...5000 Вт.

У всіх випадках застосування АХА на морських судах, не зіткнеться з типовою для тепловикористовуючих холодильних апаратів проблемою — залежністю від режиму роботи енергетичної установки, коли типовим рішенням є установка спеціального парогенератора,

що включається на стоянках і забезпечує стабільну роботи холодильної машини [1], а недоліком — збільшення складу суднового енергетичного устаткування і пов'язані з цим проблеми зростання металоємності, зниження надійності і безпеки, наявністю додаткового обслуговуючого персоналу і так далі.

При використанні АХА у складі суднових низькотемпературних камер проблеми енергозабезпечення можуть бути вирішені і без підключення додаткового енергетичного устаткування, а тільки за рахунок утилізації тепла вихлопних газів дизель-генераторів.

Так, наприклад, сучасні типові дизельні двигуни «WARTSILA DIESEL» мають наступний діапазон параметрів експлуатації (табл. 1).

Таблиця 1

Технічні характеристики двигунів «WARTSILA DIESEL»

Параметри	4R32D	6R32D	8R32D	9R32D	12R32 D	16R32 D	18R32 D
Потужність двигуна, кВт	1480	2220	2960	3330	4440	5920	6660
Кількість вихлопних газів, кг/с (100 % навантаження)	3,0	4,4	5,9	6,5	11,8	11,8	12,9
(90 % навантаження)	2,7	4,1	5,4	5,9	8,2	10,9	11,8
(75 % навантаження)	2,4	3,5	4,6	4,9	7,1	9,2	9,8
(50 % навантаження)	1,7	2,6	3,3	3,4	5,1	6,5	6,9
Температура вихлопних газів після турбокомпресора, °С (100 % навантаження)	345	325	335	350	325	335	350
(90 % навантаження)	340	320	335	350	320	335	350
(75 % навантаження)	335	310	340	345	310	340	345
(50 % навантаження)	320	290	330	340	290	330	345
Теплова потужність, що йде з вихлопними газами, кВт (100 % навантаження)	625	820	1165	1395	2200	2335	2770
(90 % навантаження)	550	740	1070	1265	1480	2155	2535
(75 % навантаження)	475	600	935	1025	1205	1870	2050
(50 % навантаження)	310	380	635	690	750	1250	1440
Примітка. 1. Результати приведені для режиму роботи дизельного двигуна 720 об/хв. 2. При розрахунку теплової потужності, що йде з вихлопними газами, використовувалася величина теплоємності газу, рівна 1,13 кДж/(кг·К), а кінцева температура газу приймалася 160 °С.							

Як показують оцінні розрахунки, навіть при ККД перетворення енергії вихлопних газів 25 % дизельного двигуна мінімальної потужності (4R32D), що працює на 50 %-ному навантаженні, на судні можна експлуатувати до 15 АХА з рідинним охолодженням або до 500 середніх АХА ПО, забезпечуючи виробництво, не менше, 20 кВт штучного холоду.

Необхідною умовою роботи АХА є і рівень температур джерела теплової енергії — 160...175 °С [15]. Як показує аналіз табл. 1, за цим критерієм цілком проходять всі типи дизельних двигунів у всьому діапазоні їх режимів роботи (від 100 до 50 % навантаження), причому температурний напір складає, не менше, 115 °С.

Ефективність використання АХА, що працюють в режимі утилізації тепла скидних газів суднових дизельних двигунів, зростає за наявності системи регулювання теплового навантаження на генераторному вузлі.

Доцільність регулювання пов'язана як з прямою економією енергоресурсів, так і з забезпеченням штатної роботи (підтримка необхідного температурного режиму низькотемпературного зберігання) холодильного апарату за змінних умов експлуатації.

Для даного випадку під змінними умовами експлуатації слід розуміти:

- а) зміну режиму роботи дизельного двигуна, коли витрата вихлопних газів може змінитися, практично, в два рази, а температура — на 30...35 °С (таблиця 1);
- б) зміна умов охолодження теплорозсіюючих елементів АХА в різних кліматичних зонах і при зміні погодних умови (вітер, пряме сонячне випромінювання, дощ);
- в) завантаження холодильної камери теплими харчовими продуктами.

Висновки

1. Рациональне використання скидної енергії для виробництва штучного холоду дозволить не тільки зменшити число АХА, а отже зменшити металоємність судна, але і використовувати відпрацьоване тепло, що володіє значним температурним потенціалом (не менше 160 °С) для подальшої глибшої утилізації, наприклад, для обігріву приміщень в холодну погоду.

2. Перспективи застосування абсорбційних холодильних апаратів на морських судах зв'язані і з унікальною можливістю експлуатації АХА ПО в широкому діапазоні температур, у тому числі і нижче 0 °С. При низьких температурах навколишнього середовища (менше 10 °С) не рекомендується експлуатація компресійних холодильних апаратів [16], із-за можливості запусіння масла і поломки рухомих елементів компресора. У конструкціях АХА ПО рухомі елементи відсутні і, відповідно, відсутні які-небудь обмеження.

3. АХА ПО доцільно розташовувати на судах за межами житлових і господарських приміщень. В цьому випадку відпрацьовані гази за відсутності подальшої утилізації можуть бути відведені безпосередньо в атмосферу, а теплорозсіюючі елементи знаходяться в тепловій взаємодії із зовнішнім повітрям.

Література

1. Загоруйко, В.А. Судовая холодильная техника / В.А. Загоруйко, А.А. Голиков. – К.: Наукова думка, 2000. – 607 с.
2. Богданов, А.И. Абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины / А.И. Богданов // Холодильная техника. – 2002. – № 10. – С. 16.
3. Абсорбционные холодильные машины компании Dunham-Bush International // Холодильная техника. – 2000. – № 11. – С. 23-25.
4. Железный, В.П. Эколого-энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике/ В.П. Железный, В.В. Жидков. – Донецк: Донбас, 1996. – 144 с.
5. Perspectives in refrigerant development. –Bitzer Kuhlmaschinenbau, IKK93. – 1993. – № 9306E. – 23 p.
6. Лепяев, Д.А. Ремонт бытовых холодильников: Справочник – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 304 с.
7. Проблемы энергосбережения в бытовой абсорбционной холодильной технике/ Н.Д. Захаров [и др.] // Холодильная техника и технология. – 1999. – № 62. – С. 108-119.
8. Завертаний В.В. Разработка низкотемпературных камер с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.03 / Владимир Вячеславович Завертаний; ОГАХ. – Одесса, 1995. – 223 с.
9. Бабакин, Б.С Бытовые холодильники и морозильники / Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 2000. – 656 с.
10. Stierlin, H. J.R. Ferguson Diffusion absorption Heat Pump (DAHP) //ASHRAE TRANSACTIONS. – 1980. –V.96. – Pl.1 – P.274-280.
11. Stierlin H. Messungen an Diffusions-Fbsorptions-Warmepumpen (DAWP) / H. Stierlin [et al.]. – Schlussbericht, 1994.– 95 p.
12. Сводные данные товаров народного потребления: Часть 1. Холодильники и морозильники бытовые электрические, термостаты бытовые. – М.: Министерство общего машиностроения СССР, 1990. – 102 с.
13. Материалы международной выставки "Домотехника - 89" – С. 23–65.
14. Инструкция по проектированию судовых установок «Вяртсиля VASA 32», 1990.
15. Титлов А.С. Поиск энергосберегающих режимов работы перекачивающих термосифонов АХА / А.С. Титлов, Д.С. Тухай, О.Б. Васильев // Холодильная техника и технология. – 2000. – № 67. – С. 12-20.
16. ДСТУ 2295-93 (ГОСТ 16317-95 ISO 5155-83, ISO 7371-85, IEC 335-2-24-84). Прилади холодильні електричні побутові. Загальні технічні умови [Текст] – Взамен ГОСТ 16317-87; введ. 1995 – 07– 20. – К.: Держстандарт України, 1996. – 35 с.