

УДК 629.12:621.575.932

А.С. Титлов, Д.П. Гожелов, Г.В. Шлапак, Г.М.Редунов

Одесская национальная академия пищевых технологий, Канатная,112, Одесса, 65039

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ НА СУДАХ БЕЗНАСОСНЫХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Обсуждаются вопросы применения на судах теплоиспользующих холодильных машин малой производительности для хранения пищевых продуктов, полуфабрикатов и сырья. Для работы таких аппаратов на судах могут быть использованы выхлопные газы дизель-генераторов. Рассматриваются две схемы безнасосных абсорбционных холодильных агрегатов – с воздушным и жидкостным охлаждением теплорассеивающих элементов.

Ключевые слова: утилизация тепла выхлопных газов; абсорбционный холодильный агрегат; судовая холодильная техника

О.С. Титлов, Д.П. Гожелов, Г.В. Шлапак, Г.М.Редунов

Одеська національна академія харчових технологій, Канатна,112, Одеса, 65039

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ НА СУДАХ БЕЗНАСОСНИХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Обговорюються питання використання на судах тепловикористовуючих холодильних машин малої продуктивності для зберігання харчових продуктів, напівфабрикатів і сировини. Для роботи таких апаратів на судах можуть бути використані вихлопні гази дизель-генераторів. Розглядаються дві схеми безнасосних абсорбційних холодильних агрегатів - з повітряним і рідинним охолодженням теплорассеиваючих елементів.

Ключові слова: утилізація тепла вихлопних газів; абсорбційний холодильний агрегат; судова холодильна техніка

DOI: 10.15673/0453-8307.3/2015.42638



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ВВЕДЕНИЕ

Современные проблемы энергоресурсосбережения наибольшую актуальность приобретают на морском транспорте. Для судовых систем холодильной техники и кондиционирования воздуха известным энергоресурсосберегающим предложением является применение теплоиспользующих аппаратов, утилизирующих теплоту уходящих газов главных судовых двигателей и котельных установок [1]. Эффективность предложения связана с тем, что потери тепла с уходящими газами котлов на современных судах составляют 7...8 %, потери тепла в дизельных установках судов 28...40 % [1].

Вместе с тем при решении задач энергоресурсосбережения практически не уделяется внимания малым потребителям искусственного холода на морских судах – аппаратам низкотемпературного хранения пищевых продуктов, полуфабрикатов и сырья для нужд экипажа. Традиционным производителем холода в них являются парокомпрессионные агрегаты, использующие только электрические источники энергии, а что предполагает дополнительный запас топлива для работы дизель-генераторов.

Для решения задачи малой холодопроизводительности на судах могут быть использованы безнасосные абсорбционные холодильные агрегаты (АХА). Рабочее тело АХА – водоаммиачный раствор (ВАР) с добавкой инертного газа – водорода, гелия либо их смеси абсолютно экологически безопасно – имеет нулевые значения озоноразрушающего потенциала и потенциала «парникового» эффекта [2].

АХА имеют и ряд таких уникальных качеств, как: высокая надежность и длительный ресурс; возможность использования в одном аппарате нескольких источников тепловой энергии различной физической природы – теплота сгорания органического топлива, солнечное излучение, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания) [3]; минимальная стоимость среди аналогов, что во многих случаях и определяет их популярность у пользователей [4].

II. АНАЛИЗ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ

Для работы на морских судах могут быть использованы два типа АХА – с воздушным [4] (рис.1) и жидкостным [5] (Рис.2) охлаждением теплорассеивающих элементов (конденсатора, дефлегматора и абсорбера).

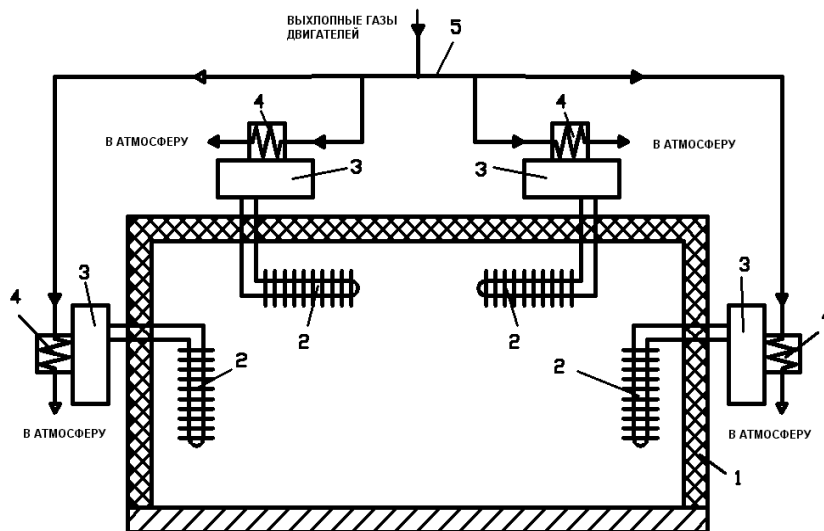


Рис. 1 – Схема использования АХА с воздушным охлаждением теплорассеивающих элементов:
 1 – холодильная камера; 2 – испарители АХА; 3 – теплорассеивающие элементы АХА;
 4 – кипятильник; 5 – магистраль подвода тепла

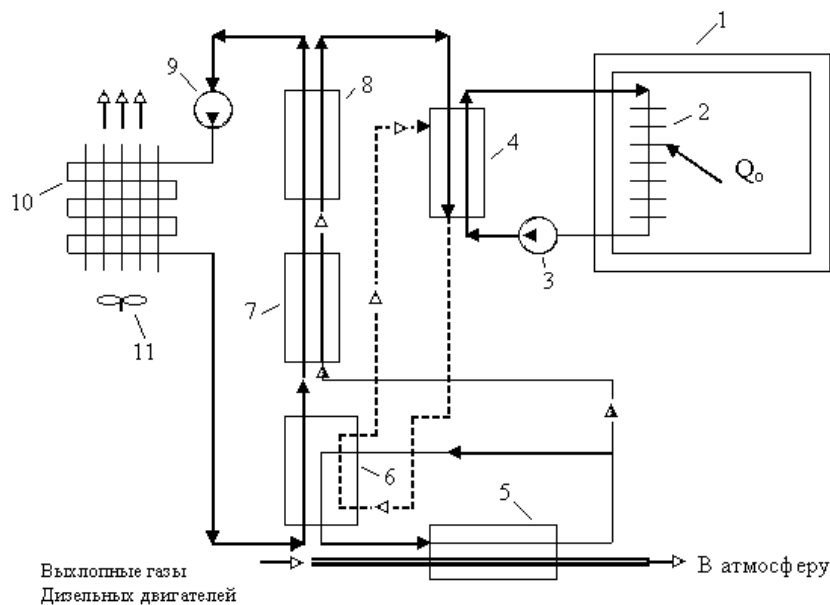


Рис. 2 – Схема использования АХА с жидкостным охлаждением теплорассеивающих элементов:
 1 – холодильная камера; 2 – рассольный охладитель; 3 – рассольный насос; 4 – рассольный испаритель; 5 – кипятильник; 6 – абсорбер; 7 – дефлегматор; 8 – конденсатор; 9 – насос контура охлаждения теплорассеивающих элементов; 10 – воздушный теплообменник; 11 - вентилятор

В первом случае обеспечивается полная автономность холодильного аппарата, но конструкция достаточно громоздка. Во втором случае ситуация обратная – металлоемкость минимальна, но требуется циркуляционный насос для прокачки охлаждающей воды.

Холодопроизводительность отечественных АХА с воздушным охлаждением не превышает 50 Вт, поэтому преимущественно они используются в бытовых и торговых холодильных аппаратах емкостью от 30 литров до 200 литров. За рубежом

известно применение АХА с воздушным охлаждением в холодильниках емкостью свыше 300 литров [6]. Бытовые и торговые абсорбционные аппараты, как правило, работают с электрическими источниками энергии мощностью от 70 до 300 Вт [4], так как они располагаются внутри жилых и рабочих помещений.

АХА с жидкостным охлаждением теплорассеивающих элементов (в дальнейшем - АХА с жидкостным охлаждением) рассчитаны на холодопроизводительность порядка 1200...1500 Вт. В

настоящее время они нашли применение в тепловых насосах, использующихся для альтернативного отопления небольших жилых домов [5]. Источником энергии для АХА с жидкостным охлаждением служат продукты сгорания органического топлива (природного газа, пропана, керосина, бензина и т.д.). Горелочное устройство рассчитывается на тепловую нагрузку 3500...5000 Вт.

Во всех случаях применение АХА на морских судах, не столкнется с типичной для теплоиспользующих холодильных аппаратов проблемой – зависимостью от режима работы энергетической установки, когда типовым решением является ус-

тановка специального парогенератора, включающегося на стоянках для обеспечения стабильной работы холодильной машины [1].

При использовании АХА в составе судовых низкотемпературных камер проблемы энергообеспечения могут быть решены и без подключения дополнительного энергетического оборудования, а только за счет утилизации тепла выхлопных газов дизель-генераторов.

Так, например, современные типовые дизельные двигатели «WARTSILA DIESEL» имеют следующий диапазон параметров эксплуатации (см. табл.1).

Таблица 1 – Технические характеристики двигателей «WARTSILA DIESEL»

Параметры	4R32D	6R32D	8R32D	9R32D	12R32D	16R32D	18R32D
Мощность двигателя, кВт	1480	2220	2960	3330	4440	5920	6660
Количество выхлопных газов, кг/с							
(100 % нагрузка)	3,0	4,4	5,9	6,5	11,8	11,8	12,9
(90 % нагрузка)	2,7	4,1	5,4	5,9	8,2	10,9	11,8
(75 % нагрузка)	2,4	3,5	4,6	4,9	7,1	9,2	9,8
(50 % нагрузка)	1,7	2,6	3,3	3,4	5,1	6,5	6,9
Температура выхлопных газов, °С							
(100 % нагрузка)	345	325	335	350	325	335	350
(90 % нагрузка)	340	320	335	350	320	335	350
(75 % нагрузка)	335	310	340	345	310	340	345
(50 % нагрузка)	320	290	330	340	290	330	345
Уходящая тепловая мощность, кВт							
(100 % нагрузка)	625	820	1165	1395	2200	2335	2770
(90 % нагрузка)	550	740	1070	1265	1480	2155	2535
(75 % нагрузка)	475	600	935	1025	1205	1870	2050
(50 % нагрузка)	310	380	635	690	750	1250	1440

Как показывают оценочные расчеты, даже при КПД преобразования тепловой энергии выхлопных газов 25 % минимальной мощности (на примере двигателя 4R32D), работающего на 50 % -ной нагрузке, на судне можно эксплуатировать до 15 АХА с жидкостным охлаждением или до 500 средних АХА с воздушным охлаждением, обеспечивая производство, не менее, 20 кВт искусственного холода.

Необходимым условием работы АХА является и уровень температур источника тепловой энергии – 160...175 °С [7]. Как показывает анализ таблицы 1, по этому критерию вполне проходят все типы дизельных двигателей во всем диапазоне их режимов работы (от 100 до 50 % нагрузки), причем температурный напор составляет, не менее, 115 °С.

Эффективность использования АХА, работающих в режиме утилизации тепла уходящих газов судовых дизельных двигателей, возрастет при наличии системы регулирования тепловой нагрузки на генераторном узле. Целесообразность регулирования связана как с прямой экономией

энергоресурсов, так и с поддержанием требуемого температурного режима холодильной камеры при переменных условиях эксплуатации.

Для рассматриваемого случая под переменными условиями эксплуатации следует понимать: изменение режима работы дизельного двигателя, когда расход выхлопных газов может измениться, практически, в два раза, а температура – на 30...35 °С (табл.1); изменение условий охлаждения теплоотсеивающих элементов АХА в различных климатических зонах и при перемене погодных условия (ветер, прямое солнечное излучение, дождь); загрузка холодильной камеры отпеленными пищевыми продуктами.

Рациональное использование бросовой энергии для производства искусственного холода позволит не только снизить число АХА и уменьшить вес судна, но и использовать отработанное тепло, обладающее значительным температурным потенциалом (не менее 160 °С) для дальнейшей более глубокой утилизации, например, для обогрева помещений в холодную погоду.

III. ВЫВОДЫ

1. Перспективы применения холодильных аппаратов абсорбционного типа на морских судах связаны с уникальной возможностью эксплуатации АХА с воздушным охлаждением в широком диапазоне температур, в том числе и отрицательных, когда не рекомендуется эксплуатация компрессионных холодильных аппаратов из-за возможности сгущения масла и поломки движущихся элементов компрессора.

2. АХА с воздушным охлаждением целесообразно располагать на судах за пределами жилых и хозяйственных помещений. В этом случае отработанные газы при отсутствии дальнейшей утилизации могут быть отведены непосредственно в атмосферу, а теплоотдающие элементы находятся в тепловом взаимодействии с наружным воздухом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загоруйко В.А., Голиков А.А. Судовая холодильная техника. – К.: Наукова думка, 2000. – 607 с.

2. Железный В.П., Жидков В.В. Эколого-энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике. – Донецк: Донбас, 1996. – 144 с.

3. Захаров Н.Д., Тюхай Д.С., Титлов А.С., Васылив О.Б., Халайджи В.Н. Проблемы энергосбережения в бытовой абсорбционной холодильной технике // Холодильная техника и технология. – 1999. – № 62. – С. 108-119.

4. Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Бытовые холодильники и морозильники. – М.: Колос, 2000. – 656 с.

5. Steirlin H. J.R. Ferguson. Diffusion absorption Heat Pump (DAHP) //ASHRAE TRANSACTION. – 1980. – V.96. – Pl.1-P.274-280.

6. Титлов А.С. Современный уровень разработок и производства бытовых абсорбционных холодильных приборов / А.С. Титлов // Холодильный бизнес. – 2007. – № 8. – С. 12-17; № 9. – С. 28-30; № 10. – С. 47-49; № 11. – С. 46-47.

7. Титлов А.С., Тюхай Д.С., Васылив О.Б. Поиск энергосберегающих режимов работы перекачивающих термосифонов АХА //Холодильная техника и технология. –2000. -№ 67. – С. 12-20.

A.S.Titlov, D.P. Gozhelov, G.V. Shlapak, G.M. Redunov

Odessa National Academy of Food Technologies, Kanatnaya, 112, Odessa, 65039, Ukraine

ORCID: 0000-0003-1908-5713

ANALYSIS OF PROSPECTS FOR USE ON VESSELS PUMPLESS ABSORPTION-TYPE REFRIGERATING UNITS

The issues of the heat-utilizing low-capacity refrigerating machines utilization on the vessels for storage of food, raw materials and semi-finished products are discussed in the paper. The exhaust gases of diesel generators may be used for such units operation on the vessels. Two schemes of pumpleless absorption-type refrigerating units – with air- and liquid-cooling of heat dissipating elements are examined.

Key words: *exhaust gases heat recycling; absorption-type refrigerating unit; marine refrigeration equipment.*

REFERENCES

1. **Zahoruyko V.A., Holykov A.A. 2000.** Sudovaya kholodil'naya tekhnika. – K.: Naukova dumka, 2000. – 607 p.

2. **Zhelezny V.P., Zhydkov V.V. 1996.** Ekoloho-enerheticheskiye aspekty vnedreniya al'ternativnykh khladagentov v kholodil'noy tekhnike. – Donetsk: Donbas, 1996. – 144 p.

3. **Zakharov N.D., Tyukhay D.S., Titlov A.S., Vasyliv O.B., Khalaydzhy V.N. 1999.** Problemy énerhosberezheniya v bytovoy absorbtionnoy kholodil'noy tekhnike. *Kholodyl'na tekhnika i tekhnolohyya [Refrigeration engineering and technology]*, no. 62, 108-119.

4. **Babakyn B.S., Vyhodyn V.A. 2000.** Bytovye kholodil'niki i morozil'niiy / 2-e izd., ispr. i dop.

– М.: Kolos, 2000. – 656 s.

5. **Steirlin H., Ferguson J.R. 1980.** Diffusion absorption Heat Pump (DAHP) //ASHRAE TRANSACTION. – 1980. – V.96. – Pl.1-P.274-280.

6. **Tytlov A.S. 2007.** Sovremennyy uroven' razrabotok i proizvodstva bytovykh absorbtionnykh kholodil'nykh priborov. *Kholodyl'nyy byznes*. No. 8, pp. 12-17; no. 9, pp. 28-30; no. 10, pp. 47-49; no. 11 pp. 46-47.

7. **Titlov A.S., Tyukhay D.S., Vasyliv O.B. 2000.** Poisk enerhosberehayushchikh rezhimov raboty perekachivayushchikh termosifonov AKHA. *Kholodyl'na tekhnika i tekhnolohyya [Refrigeration engineering and technology]*, 67, 12-20.

Отримана в редакції 20.03.2015, прийнята до друку 23.04.2015