

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].

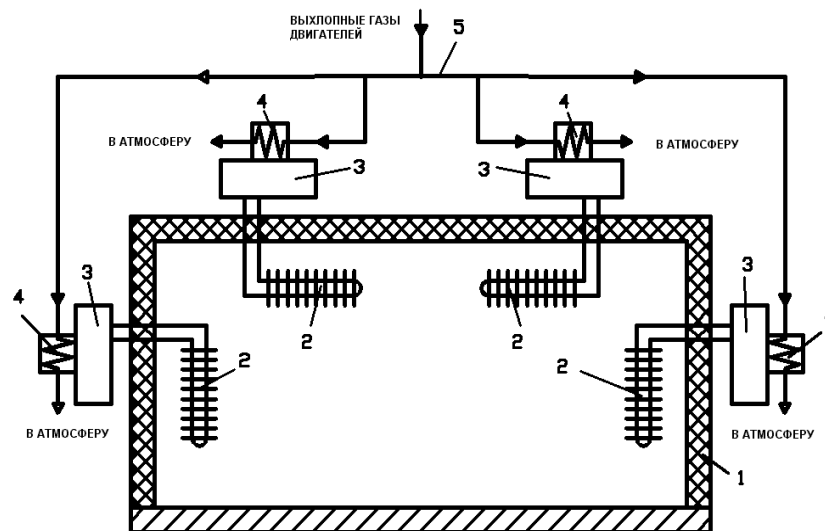
Вместе с тем при решении задач энергоресурсосбережения практически не уделяется внимания малым потребителям искусственного холода на морских судах – аппаратам низкотемпературного хранения пищевых продуктов, полуфабрикатов и сырья для нужд экипажа. Традиционным производителем холода в них являются пароконденсационные 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].

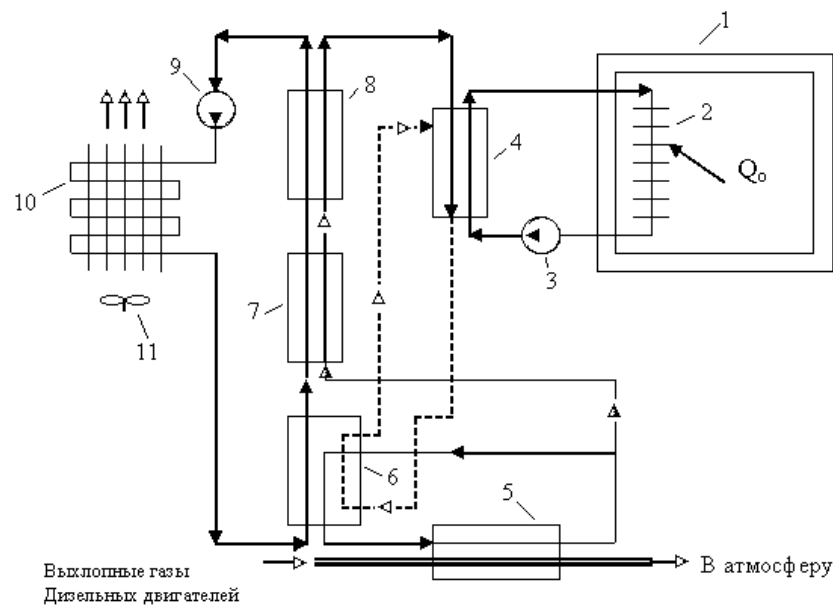
АХА имеют и ряд таких уникальных качеств, как: высокая надежность и длительный ресурс; возможность использования в одном аппарате нескольких источников тепловой энергии различной физической природы – теплота сгорания органического топлива, солнечное излучение, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания [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

установка 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 pumpless 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