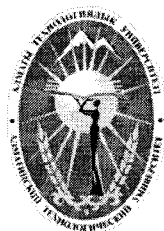


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



V ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2015»
V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2015»
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2015»

Конференция баяндамаларының жинағы

19 ақпан, 2015 ж.

Сборник докладов конференции

19 февраля 2015 г.

Proceedings of the Conference

February 19, 2015

Алматы, 2015

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.397
К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией доктора химических наук,
академика **Кулажанова К.С.**

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Кизатова М.Ж., Бараненко А.В.,
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2015: Сборник докладов международной научно-технической конференции (19 февраля 2015 г.) – Алматы: АТУ, 2015. – 152 с.

ISBN 978-601-263-312-2

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых и специалистов Казахстана, Германии, России, Японии и Украины по направлениям: теплоснабжения, кондиционирования и экологии.

Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также гостиничном бизнесе и спортивных комплексах.

УДК 621.56/59(063)
ББК 31.397

ISBN 978-601-263-312-2

©АТУ, 2015

УДК 629.12:621.575.932

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА СУДАХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ
АГРЕГАТОВ**

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

Одесская национальная академия пищевых технологий, Министерство образования и науки Украины

E-mail: titlow@mail.ru, redgen@yandex.ru, gozhelov@mail.ru, igo42476000@yandex.ru

Стоящие в настоящее время перед мировым сообществом проблемы энергоресурсосбережения наибольшую актуальность приобретают на транспорте, в частности, на морском.

Для судовых систем холодильной техники и кондиционирования воздуха известным энергоресурсосберегающим предложением является применение теплоиспользующих аппаратов, утилизирующих теплоту уходящих газоглавных 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].

Кроме тепловлажностной обработки воздуха в системах кондиционирования искусственный холод, произведенный теплоиспользующими холодильными машинами, может использоваться для глубокого охлаждения надувочного воздуха и бытовых нужд.

Потребность в искусственном холоде для этих целей составляет 2000 – 5000 кВт, что несложно обеспечит при помощи теплоиспользующих холодильных машин – пароэжекторных [1] и абсорбционных [2,3].

Вместе с тем при решении задач энергоресурсосбережения практически не уделяется внимания малым потребителям искусственного холода на морских судах – аппаратам низкотемпературного хранения пищевых продуктов и полуфабрикатов для нужд командного состава. Потребности холода в таких аппаратах незначительны, по сравнению с производственными, а традиционным производителем холода в них являются фреоновые парокомпрессионные агрегаты, использующие только электрические источники энергии.

Ряд фреонов R11, R13, R113, R502, R503 и среди них широко распространенный R12 – активно разрушают атмосферный озон, чем способствуют попаданию на поверхность Земли жесткого солнечного излучения, губительного для всего животного и растительного мира и планеты [4].

Значительный вклад в эти неблагоприятные для экологии эффекты вносят и системы холодильной техники, большинство которых в настоящее время работает на R12.

Мировое сообщество реагирует на ухудшение экологической обстановки целым рядом запретов и ограничений (Монреальский протокол, 1986 г.; Конвенция ООН по климату, Рио-де-Жанейро, 1992; Киотский протокол, 1997 г.), которые в настоящее время не выполняются большинством развивающихся стран и стран с переходной экономикой, в том числе и странами СНГ. Такое положение в значительной мере связано с тем, что комплекс технических и экономических мероприятий, связанных с переходом холодильной техники на экологически чистые хладагенты, в полной мере могут осуществить только страны с развитой экономикой.

К таким проблемам перехода относят: поиск новых синтетических масел; низкую энергетическую эффективность новых экологически безопасных хладагентов; недостаточный профессиональный уровень разработчиков и обслуживающего персонала.

Эти проблемы заставляют разработчиков мелких холодильных аппаратов, к которым относятся модели бытовой и торговой холодильной техники, обращать пристальное внимание на абсорбционные холодильные агрегаты (АХА), которые могут стать одним из альтернативных вариантов перехода на экологически безопасные хладагенты.

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 [5].

Холодильники с АХА имеют и ряд таких уникальных качеств, как:

а) бесшумность, высокая надежность и длительный ресурс, отсутствие вибрации, магнитных и электрических полей при эксплуатации [6];

б) возможность использования в одном аппарате нескольких различных источников тепловой энергии – как электрических, так и альтернативных (теплота сгорания органического топлива, солнечное излучение, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания) [7];

в) возможность работы с некачественными источниками энергии, в том числе и электрической в диапазоне напряжения сети 160...240 В [8].

К достоинствам АХА следует отнести минимальную стоимость среди существующих типов бытового холодильного оборудования, что во многих случаях и определяет их популярность у пользователей [9].

Холодильные аппараты с АХА, оснащенные горелочными устройствами, широко используются туристами и путешественниками, так как им нет альтернативы в районах с отсутствием электроэнергии.

Для работы на морских судах могут быть использованы два типа АХА – с воздушным [1,6,8] (рис. 1) и жидкостным [10,11] (рис. 2) охлаждением теплорассеивающих элементов (конденсатора, дефлегматора и абсорбера).

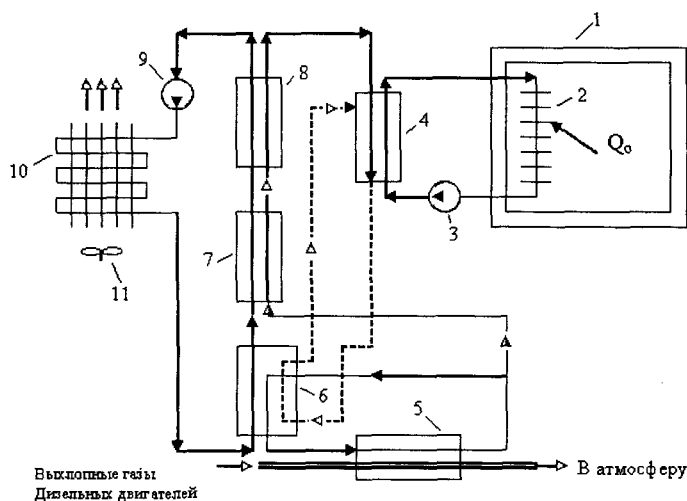


Рисунок 1 – Схема использования АХА с воздушным охлаждением теплорассеивающих элементов 1 – холодильная камера; 2 – испарители АХА; 3 – теплорассеивающих элементы АХА; 4– кипятильник; 5 – магистраль подвода тепловой нагрузки

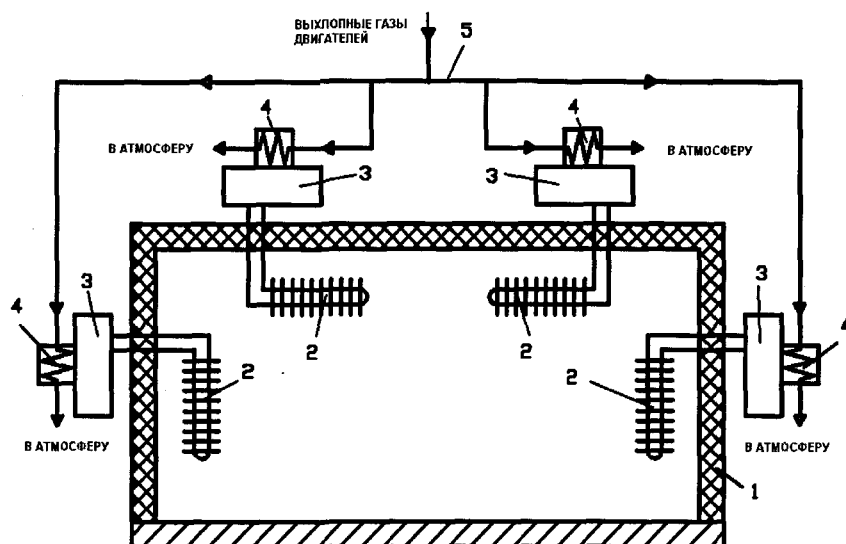


Рисунок 2 – Схема использования АХА с жидкостным охлаждением теплорассеивающих элементов: 1 – холодильная камера; 2 – рассольный охладитель; 3 – рассольный насос; 4 – рассольный испаритель; 5 – кипятильник; 6 – абсорбер; 7 – дефлегматор; 8 – конденсатор; 9 – насос контура охлаждения теплорассеивающих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

АХА с воздушным охлаждением теплорассеивающих элементов в режиме естественной конвекции (в дальнейшем - АХА с воздушным охлаждением) серийно выпускаются в Украине на Васильковском заводе холодильников (Киевская область).

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 [6,12]. За рубежом известно применение АХА с воздушным охлаждением в холодильниках емкостью свыше 300 литров [13]. Бытовые и торговые абсорбционные аппараты, как правило, работают с электрическими источниками энергии мощностью от 70 до 300 Вт [6,9,12,13], так как они располагаются внутрижилых 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, используемых для альтернативного отопления небольших жилых домов [10,11]. 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 и обеспечивающего стабильную работу холодильной машины [1], а недостатком – увеличение состава судового энергетического оборудования и связанные с этим проблемы роста металлоемкости, снижения надежности и безопасности, наличием дополнительного обслуживающего персонала и т.д.

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 (табл. 1).

Как показывают оценочные расчеты, даже при КПД преобразования энергии выхлопных газов 25 % дизельного двигателя минимальной мощности (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°C [15]. Как показывает анализ табл. 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°C.

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 обеспечением штатной работы (поддержание требуемого температурного режима низкотемпературного хранения) холодильного аппарата при переменных условиях эксплуатации.

Для рассматриваемого случая под переменными условиями эксплуатации следует понимать:

- а) изменение режима работы дизельного двигателя, когда расход выхлопных газов может измениться, практически, в два раза, а температура – на 30...35 °С (табл.1);
- б) изменение условий охлаждения теплорассеивающих элементов АХА в различных климатических зонах и при перемене погодных условия (ветер, прямое солнечное излучение, дождь);
- в) загрузка холодильной камеры отепленными пищевыми продуктами.

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)							
(90 % нагрузка)	3,0	4,4	5,9	6,5	11,8	11,8	12,9
(75 % нагрузка)	2,7	4,1	5,4	5,9	8,2	10,9	11,8
(50 % нагрузка)	2,4	3,5	4,6	4,9	7,1	9,2	9,8
	1,7	2,6	3,3	3,4	5,1	6,5	6,9
Температура выхлопных газов после							

турбокомпрессора, °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
Тепловая мощность, уходящая с выхлопными газами, 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
Примечание. 1. Результаты приведены для режима работы дизельного двигателя 720 об/мин. 2. При расчете тепловой мощности, уходящей с выхлопными газами, использовалась величина теплоемкости газа, равная 1,13 кДж/(кг·К), а конечная температура газа принималась 160 °С.							

Рациональное использование бросовой энергии для производства искусственного холода позволит не только снизить число АХА, а следовательно уменьшить металлоемкость 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.

Выводы

1. Перспективы применения холодильных аппаратов абсорбционного типа на морских судах связаны и с уникальной возможностью эксплуатации АХА с воздушным охлаждением в широком диапазоне температур, в том числе и отрицательных. При низких температурах окружающей среды (менее 10 °С) не рекомендуется эксплуатация компрессионных холодильных аппаратов [16], из-за возможности загустевания масла и поломки движущихся элементов компрессора. В конструкциях АХА с воздушным охлаждением движущие элементы отсутствуют.

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 теплорассеивающие элементы находятся в тепловом взаимодействии с наружным воздухом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загоруйко В.А., Голиков А.А. Судовая холодильная техника. – К.: Наукова думка, 2000. – 607 с.
2. Богданов А.И. Абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины «ОКБ Теплосибмаш» / Холодильная техника. – 2 002. – № 10. – С.16.
3. Абсорбционные холодильные машины компании Dunham-Bush International / Холодильная техника. – 2000. – № 11. – С.23-25.
4. Железный В.П., Жидков В.В. Эколого-энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике. – Донецк, Донбас, 1996. – 144 с.
5. Perspectives in refrigerant development. – Bitzer Kuhlmaschinenbau, IKK93. - 1993. - №9306E. – 23 p.
6. Лепав Д.А. Ремонт бытовых холодильников – М.: Легпромбытиздат., 1989. – 304 с..
7. 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.
8. Завертанный В.В. Разработка низкотемпературных камер с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами. Дисс... канд. техн. наук: 05.04.03. – Одесса, 1995. – 223 с.
9. Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Бытовые холодильники и морозильники. – М., Колос, 2000. – 656 с.
10. Steirlin H. J.R. Ferguson. Diffusion absorption Heat Pump (DAHP) //ASHRAE TRANSACTION. – 1980. – V.96. – Pt.1-P.274-280.
11. Stierlin H., Wassermann U., Dorfler W., Bosel J. Messungen an Diffusions-Fbsorptions-Warmepumpen (DAWP).- Schlussbericht, 1994.– 95 s.
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 «Вярсиля VASA 32», 1990.
15. 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.

16. ДСТУ 2295-93 (ГОСТ 16317-95 ISO 5155-83, ISO 7371-85, ІЕС 335-2-24-84). Прилади холодильніелектричні побутові. Загальні технічні умови. –Взамен ГОСТ 16317-87; Введ. 20.07.95. –К: Держстандарт України, 1996. – 35 с.