

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**



Одеса - 2021

**УДК 621.565; 621.**

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, обладнання кондиціонування повітря, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

### **НАУКОВИЙ КОМІТЕТ**

**Голова - Єгоров Б.В.** - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

**Заступники голови**

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

**Косой Б.В.** – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

**Члени наукового комітету:**

**Вансєв С.М.**- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

**Семенюк Ю.В.** - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Лабай В. Й.** - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

**Лавренченко Г.К.** – д.т.н., професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор;

**Морозюк Л.І.** - д.т.н., професор;

**Потапов В. О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

### **Організаційний комітет:**

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н. доц. Жихарева Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

водоснабжения термосифона АХА появляется возможность использовать температурный потенциал отходящих продуктов сгорания и полностью исключить эксплуатационные затраты.

УДК 621.575.932:621.565.92

## **ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ С АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

Березовская Л.В., Титлов А.С.

Одесская национальная академия пищевых технологий  
E-mail [milaberez2016@gmail.com](mailto:milaberez2016@gmail.com) ; [titlov1959@gmail.com](mailto:titlov1959@gmail.com)

Перевод систем холодильной техники на экологически безопасные хладагенты привлекает внимание разработчиков бытовой холодильной техники и к абсорбционным холодильным приборам (АХП), в состав которых входит абсорбционный холодильный агрегат (АХА), рабочее тело которого состоит из природных компонентов – водоаммиачного раствора (ВАР) с добавкой инертного газа (водорода). Поэтому применение АХП может рассматриваться как один из вариантов перевода на экологически безопасные хладагенты.

АХП имеют ряд таких позитивных качеств, как бесшумность, надежность и длительный ресурс работы, отсутствие вибрации, магнитных и электрических полей при эксплуатации, возможность использования в одном агрегате нескольких источников энергии – как электрических, так и тепловых. АХП практически не чувствительны к изменению параметров тока в сети в диапазоне напряжения 160...240 В.

К достоинствам АХП следует отнести и меньшую по сравнению с компрессионными аналогами стоимость, что во многих случаях имеет решающее значение. АХП эффективны при использовании в качестве минихолодильников, минибаров, во встраиваемых и в транспортных моделях холодильников, когда холодопроизводительность не превышает 20 Вт и нецелесообразно использовать компрессионные холодильные машины.

Вместе с тем, АХП имеют повышенное по сравнению с аналогичными компрессионными моделями энергопотребление, что ограничивает область их применения и долю на рынке бытовой холодильной техники.

По этой причине работы, направленные на повышение энергетической эффективности АХП, являются актуальными.

На основе теоретического анализа, аналитических и экспериментальных исследований разработаны научно-технические основы создания энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных приборов, которые обладая рядом позитивных качеств (бесшумность, надежность и длительный ресурс работы, меньшая по сравнению с компрессионными аналогами стоимость, отсутствие вибрации, магнитных и электрических полей при эксплуатации, возможность использования в одном агрегате нескольких источников энергии – как электрических, так и тепловых) и имея рабочее тело, состоящее из природных компонентов, могут рассматриваться как один из вариантов перехода на эко-логически безопасные хладагенты.

Установлено, что наиболее перспективными направлениями при создании энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных приборов являются: совершенствование термодинамических циклов АХА; совершенствование режимов работы и конструкций элементов АХА; рациональное использование холода в бытовых АХП; энергосберегающее управление

режимами работы бытовых АХП; расширение функциональных возможностей бытовых холодильных приборов на базе АХА за счет утилизации «бросового» тепла цикла.

Энергетический и эксергетический анализ циклов АХА показал, что: состав инертного газа не влияет на эффективность цикла – замена водорода гелием приводит лишь к росту количества циркулирующего газа в 2 раза, что усложняет работу КЕЦ; максимальную энергетическую эффективность имеют двух-трех-четырёхкамерные АХП, работающие в диапазоне температур охлаждения – от минус 18 °С до плюс 12 °С; энергетическая эффективность АХП, оснащенных горелочными устройствами, по сравнению с аппаратами с электрическими источниками энергии, выше в 3 раза (для условий Украины); основные эксергетические потери в цикле АХА приходятся на генератор (при работе на электроэнергии – до 80 % от общих потерь, с горелочными устройствами – до 60 %).

Результаты энергетического анализа режимных параметров серийных и опытных моделей АХА позволили сформулировать ряд рекомендаций для производителей: необходимо обеспечивать максимальное переохлаждение потока жидкого аммиака и потока слабого ВАР на входе в абсорбер с максимальным приближением к температуре окружающей среды; для кардинального решения задач переохлаждения потоков в жидкого аммиака и слабого ВАР следует использовать низкотемпературный потенциал потока холодной насыщенной ПГС, причем в низкотемпературных аппаратах весь поток насыщенной ПГС следует использовать только для переохлаждения потока слабого ВАР; температура кипения в генераторе не должна превышать 175 °С (ее рост до 195 °С сопровождается снижением от 24 % до 7 %).

Моделирование и анализ режимов работы элементов АХА с использованием результатов экспериментальных исследований серийных и опытных моделей позволили сформулировать рекомендации в части обеспечения энергосберегающих режимов работы: для снижения затрат холода на предвари-тельное охлаждение (от 10 % до 15 %) необходимо предварительно охлаждать поток очищенной ПГС на входе адиабатного участка испарителя с недорекупацией в 1...5 °С (для морозильников) и в 5...10 °С (для моделей с НТО); достаточно поддерживать температурный напор в 5 °С между потоком жидкого аммиака и минимальной температурой испарения для всех типов АХА (за исключением, работающих в составе универсальных АХП).

Результатами моделирования и анализа режимов работы элементов АХА стали оригинальные энергосберегающие конструкции: испарителя с промежуточным сливом жидкого аммиака, которая позволяет рационально распределить холод для предварительного охлаждения потоков жидкого аммиака и очищенной ПГС и обеспечить в НТО объемом 40 дм<sup>3</sup> температуру минус 19...минус 21 °С; «сплюсненного» ЖТО, которая позволяет уменьшить длину ЖТО и повысить надежность работы АХА; АХА с эффективным отводом теп-лоты абсорбции за счет интенсификации внутреннего и внешнего теплообмена и использования низкотемпературного потенциала потока насыщенной ПГС. Установлено, что при наличии вытяжного канала на задней стенке холодильного шкафа за счет интенсификации циркуляции воздуха снижение энергопотребления составляет 10...20 %, при этом повышенная температура воздушного потока в верхней части вытяжного канала позволяет установить дополнительную ТК для термической обработки пищевых продуктов, сырья и полуфабрикатов. Применение вентиляторов для обдува теплорассеивающих элементов АХА энергетически нецелесообразно.

На основе анализа энергосберегающих режимов работы генератора АХА разработаны: оригинальный двухступенчатый способ подвода тепла, который в диапазоне температур окружающей среды 10...32 °С снижает энерго-потребление на 10..15 %; оригинальные конструкции генераторных узлов с расположением источников тепла во внутренних полостях и с теплоизоляцией в виде засыпки гранул из ВПЯМ, что позволяет снизить энергопотребление на 10 %, упростить технологию производства и повысить надежность работы АХП.

Предложены новые подходы к выбору толщины теплоизоляции охлаждаемых камер АХП,

основанные на учете стоимости камер, стоимости эксплуатации и темпов их изменения, которые учитывают специфику работы АХП (размещение теплорассеивающих элементов АХА на задней стенке шкафа и наличие тепловых перетечек между камерами).

Предложен и апробирован в серийном и опытном производстве ВЗХ новый принцип конструирования АХП на базе дополнительных теплопередающих систем (ТТ, ДФТС) для тепловой связи «объект охлаждения – испаритель АХА. На его основе разработаны конструкции, которые отличаются от традиционных выносом испарителя АХА за пределы полезного объема охлаждаемых камер и установкой его в специальном теплогидроизолированном блоке. Показана целесообразность применения сжимаемого медного ВПЯМ в качестве заполнителя в зоне тепловой связи испарителя АХА и плоских теплопринимающих поверхностей. Это позволяет: увеличить полезный объем охлаждаемых камер; исключить из технологии производства экологически опасную операцию оцинковки поверхности испарителя; уменьшить энергопотребление (на 7...9 % в однокамерном холодильнике с НТО «Киев-410» АШ-160 и на 15...18 % в абсорбционном морозильнике «Стugna-101» АМЛ-180); снизить уровень температур в охлаждаемых камерах (в НТО – на 7...8 °С, на 12...14 °С – в морозильнике); время выхода на рабочий режим сократить на 25...30 % в холодильнике с НТО и на 50...55 % – в морозильнике.

С учетом результатов экспериментальных исследований реальных конструкций разработана математическая модель нестационарных температурных полей теплоизоляционных камер АХП с ТТ или ДФТС. На основе модели разработана номограмма, позволяющая проводить выбор числа ТТ и толщины стенки внутреннего корпуса в зависимости от объема камеры.

Установлено, что наличие теплоизоляционного кожуха на всей высоте подъемного участка дефлегматора, рассчитанного из условия полной очистки парового потока аммиака в жестких условиях эксплуатации, позволяет повысить холодопроизводительность испарителя по сравнению с традиционной частичной теплоизоляцией на 15...20 %.

Показана энергетическая эффективность форсирования подводимой тепловой нагрузки в период пуска абсорбционных морозильников – снижение энергозатрат в этот период составляет от 25 до 35 %.

Показано, что способ управления однокамерным АХП с НТО с постоянным подводом тепловой нагрузки и контролем температуры потока на выходе подъемного участка дефлегматора позволяет снизить энергопотребление до 20 %, по сравнению с традиционным двухпозиционным.

Установлено, что АХП могут применяться во всем диапазоне температур холодильного хранения, используемом в быту – от минус 18 °С до плюс 12 °С, т.е. стать универсальным бытовым холодильным прибором, причем реализация требуемых режимов холодильного хранения может быть достигнута посредством изменения тепловой нагрузки в генераторе АХА. Минимальное энергопотребление универсального АХП в диапазоне температур окружающей среды 10...32 °С и во всем диапазоне температур холодильного хранения достигается в режиме «110-Q<sub>ном</sub>-0», где Q<sub>ном</sub> – номинальная тепловая нагрузка генератора АХА, которая распределяется между основным и компенсационными нагревателями в зависимости от температуры окружающей среды и режима холодильного хранения. По сравнению с лучшими мировыми аналогами снижение энергопотребления достигает 60 %.

Установлено, что перспективным направлением энергосбережения в бытовой технике является разработка приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких комбинированных приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится в окружающую среду, а передается в специальную ТК, температура воздуха в которой может достигать 70 °С.

Экспериментальные исследования бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, созданных на базе серийной модели ВЗХ «Кристалл – 408» АШ-150 показали: введение в состав бытовых абсорбционных холодильников дополнительной ТК, связанной в тепловом отношении с

подъемным участком дефлегматора АХА, не приводит к росту энергопотребления и не ухудшает эксплуатационные характеристики камер охлаждения.

Оценка техногенного воздействия на окружающую среду бытовых холодильных приборов позволила сделать следующие выводы: новые АХП существенно превышают по экологическим характеристикам (в среднем – на 35 %) лучшие зарубежные и отечественные аналоги; в сложившихся условиях в Украине эксплуатация новых моделей на органическом топливе будет оказывать соизмеримое или меньшее, по сравнению с компрессионными аналогами, техногенное воздействие на окружающую среду.



УДК 621.575.932:621.565.92

## **ИСПОЛЬЗОВАНИИ БРОСОВОГО ТЕПЛА БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ**

Гратий Т.И., Титлов А.С.

Одесская национальная академия пищевых технологий

E-mail: [tgratij@ukr.net](mailto:tgratij@ukr.net); [titlov1959@gmail.com](mailto:titlov1959@gmail.com)

Каждая семья сегодня имеет бытовой холодильник, который, как правило, работает круглосуточно. Вся энергия, использованная бытовым холодильником в конечном счете, рассеивается его конденсатором в окружающий воздух в виде низкопотенциальной теплоты. Полезное использование этой теплоты в масштабе страны может дать значительную экономию энергетических ресурсов. Поэтому разработка технологий и устройств для ее полезного использования является актуальной задачей на сегодня. Одним из возможных путей использования бросовой низкопотенциальной теплоты конденсаторов бытовых холодильников является использование ее для нагрева воды для бытовых потребностей.

Подобная разработка бала выполнена на базе серийно выпускаемого бытового холодильника [1]. Усовершенствование комбинированного бытового холодильника с двухступенчатым конденсатором первая ступень, которого охлаждается водой и должна обеспечить нагрев воды в термоизолированном автономном блоке от температуры 25 °С до температуры 42 °С при обеспечении средней температуры в камере для хранения свежих продуктов не выше 4 °С и температуры в морозильной камере холодильника не выше минус 18 °С, определенных ДСТУ EN ISO 15502:2009 «Холодильные приборы бытового назначения. Характеристики и методы испытания».

Для описания процесса нагревания воды в блоке горячей воды при работе холодильника с двухступенчатым конденсатором был использованный закон сбережения энергии. Математическая модель учитывает мощность, которая потребляется холодильным агрегатом, и суммарную мощность тепловыделений в окружающее пространство от конденсатора второй степени и блока горячей воды, а также отдача тепла в автономном блоке горячей воды при конденсации холодильного агента. Для упрощения постановки задачи предусматривалось, что температура конденсации равняется температуре воды в блоке горячей воды.

Расчеты показали, что теоретически в течение суток максимальное значение массы воды, которое возможно нагреть до температуры 42 °С, составляет 48...54 кг [2].

Перспективным, с точки зрения энергосбережения [3], направлением в современной технике

	<b>СЕРЕДОВИЩА</b>	
	<i>Селіванов А.П., викладач вищої категорії, Одеський технічний коледж, Тітлов О.С., завідувач кафедру, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
45	<b>РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ МОРСЬКИХ І РІЧКОВИХ СУДЕН НА БАЗІ АБСОРБЦІЙНИХ ВОДО АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТИВ З ВТОРИННИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b>	141
	<i>Адамаєв Д.Б., аспірант, Тітлов О.С., завідувач кафедру, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
46	<b>ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ</b>	142
	<i>Березовська Л.В., аспірантка, Тітлов О.С., завідувач кафедру, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
47	<b>ВИКОРИСТАННЯ СКИДНОГО ТЕПЛА ПОБУТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ</b>	145
	<i>Гратій Т.І., аспірантка, Тітлов О.С., завідувач кафедру, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
48	<b>ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬВ УКРАЇНІ ТА СВІТІ</b>	148
	<i>Ткач Сергій аспірант ОНАХТ</i>	
49	<b>СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ НА ПРИРОДНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ</b>	151
	<i>Сазанський А.Р., аспірант Хмельнюк М.Г. дтн. проф. ІКХЕ, ОНАХТ</i>	
50	<b>ДО ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА МОРСЬКИХ СУДАХ</b>	153
	<i>Кіценко А.Р., аспірант. ІКХЕ, ОНАХТ</i>	

**СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ**

1	<b>ВИЯВЛЕННЯ ТА УСУНЕННЯ ОТРУЙНОЇ ДІЇ ПРОЦЕСУ ВАКУУМУВАННЯ НА ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРІОПОСУДУ</b>	155
	<i>Жунь Г.Г., д.т.н., професор, Старіков В.В., Борщ О.С., НТУ “ХПІ”, м. Харків</i>	
2	<b>СХЕМНЕ РІШЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АМІАКУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ</b>	159
	<i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор, Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Костенко Є.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
3	<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗРІДЖУВАЧІВ ГЕЛІУ</b>	160
	<i>Бондаренко В.Л., д.т.н., професор, Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Чігрін А.О., інженер, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
4	<b>ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ВИРОБНИЦТВІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ</b>	161
	<i>Бондаренко В.Л., д.т.н., професор, Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Медушевський Є.В., ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
5	<b>ДО РОЗРАХУНКІВ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛІВ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ З ДВОМА НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛА</b>	161
	<i>Соколовська-Єфименко В.В., к.т.н., доцент, Грудка Б.Г, к.т.н., ст.викладач, Басов А.М., викладач-стажист, аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
6	<b>МОДЕЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОДАВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА TAG 2513Z</b>	162
	<i>Кравченко М.Б., д.т.н., професор, Кокул С.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
7	<b>ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ НА БАЗІ КОМПРЕСОРА TAG 2513Z</b>	165
	<i>Кравченко М.Б., д.т.н., професор, Кокул С.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И  
ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND  
TECHNOLOGY**

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**

Одеса - 2021