



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

ХІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

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

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII 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, 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.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова наукового комітету – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.
e - mail: info@krioprom.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.		стр.
19.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ РЕЖИМОВ В ПЛОТНОМ ПРОДУВАЕМОМ СЛОЕ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ	68
20.	АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АНОДНОГО БЛОКА МАГНЕТРОНА	71
21.	ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ХОЛОДОАГЕНТІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ІЗОТЕРМІЧНИХ НАПІВПРИЧЕПІВ THERMO-KING В УКРАЇНІ	73
22.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	75
23.	ЕНЕРГЕТИЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОТРИМАННІ БІОПЕСТИЦИДІВ	78
24.	ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ ПІД ЧАС КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ У ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ТРУБАХ	80
25.	ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ	82
26.	ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ	85
27.	КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ЗАСОБІВ СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ	88
28.	ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ	90
29.	ШТУЧНЕ ЗАМОРОЖУВАННЯ-ВІДТАВАННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД	93
30.	ПЕРСПЕКТИВНІ СХЕМИ І КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ЗЕРНОВИХ КОМПЛЕКСІВ	95
31.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ЛАВРОВОГО ЛИСТА ЗРІДЖЕНИМ ГАЗОМ	98
32.	ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАГНЕТРОНА	100
33.	СИСТЕМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ДВОСТУПЕНЕВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ МАШИННОГО ВІДДІЛЕННЯ АВТОНОМНИХ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	103
34.	АНАЛИЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ АВТОНОМНОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	105
35.	ОХОЛОЖДЕННЯ ЦИКЛОВОГО ПОВІТРЯ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ ГАЗІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГОЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	107
36.	ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ БЛОКІВ АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ ТА РАДІУСІВ ЗОН МОЖЛИВИХ РУЙНУВАНЬ	111

УДК 532.529.5:536.248.2

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

В. П. Данько, к.т.н., доцент, КубГТУ, Краснодар, vladislav.danko@mail.ru

Методы испарительного охлаждения сред хорошо известны. На их основе реализуются процессы охлаждения воды в градирнях, охлаждения воздуха в воздухоохладителях, процессы в испарительных конденсаторах [1, 2]. Работа таких охладителей основана на естественной неравновесности окружающей среды, проявляющейся в гигроскопической разности температур между «сухим» и «мокрым» термометрами наружного воздуха, причем температура воздуха по «мокрому» термометру является естественным пределом испарительного охлаждения сред. Этот процесс отличается малым потреблением энергии на его реализацию и сравнительной экологической чистотой применения. Практическое применение методов испарительного охлаждения сдерживается низкой эффективностью процесса при сравнительно высоких влагосодержаниях наружного воздуха.

Осушительно-испарительные системы разрабатываются в нескольких основных вариантах: адсорбционном и абсорбционном, последний тип в вариантах с прямой и непрямой регенерацией абсорбента. На основании проведенного аналитического обзора сорбционных систем [1, 4] нами был выбран в качестве основного решения абсорбционный тип осушительно-испарительной системы с непрямой регенерацией абсорбента.

Цель данной работы разработка основных принципов проектирования и компоновки альтернативных систем жизнеобеспечения (АСЖ), принцип действия которых основан на реализации открытого абсорбционного цикла с солнечной регенерацией абсорбента. Такие системы позволяют обеспечивать экологичность применения, уменьшение энергетических потерь, возможность комплексного жизнеобеспечения, включающего отопление, горячее водоснабжение, охлаждение и кондиционирование воздуха для жилых и производственных помещений.

Суть открытого абсорбционного цикла заключается в том, что наружный воздух предварительно осушается в условиях непрерывного цикла, так что при этом резко возрастают потенциалы испарительного охлаждения с использованием осушенного воздуха, который затем поступает в испарительный охладитель, где может быть обеспечено глубокое охлаждение среды в альтернативных системах АСЖ, либо в альтернативных системах кондиционирования воздуха комфортного и технологического назначения (обеспечивается получение воздуха с требуемыми параметрами комфортности по температуре и относительной влажности). При этом процесс испарительного охлаждения может быть эффективен безотносительно параметров наружного воздуха (его относительной влажности и влагосодержания), то есть, использован повсеместно для решения указанных задач охлаждения сред и кондиционирования воздуха, не прибегая к искусственному холоду. Сравнительно с традиционными решениями, с применением парокомпрессионных охладителей сред, такие схемы обеспечивают значительное снижение энергопотребления и высокую экологическую чистоту [5].

Поддержание непрерывности осушительно-испарительного цикла обеспечивается в абсорбционных системах солнечной регенерацией абсорбента в десорбере-регенераторе.

Перспективность практического использования альтернативных систем жизнеобеспечения обосновывается их достоинствами:

- Экологическая безопасность (проблема глобального потепления, озонобезопасность и пр.). В работах [1, 4], на основании методологии «Полный жизненный цикл», были показаны высокие экологические преимущества осушительно-испарительных охладителей в сравнении с традиционными парокомпрессионными охладителями;
- Более высокая энергоэффективность (примерно в два раза выше по сравнению с компрессионными охладителями по данным зарубежных исследований [3, 5];
 - Возможность решения задач комплексного жизнеобеспечения: включающего отопление, горячее водоснабжение, охлаждение и кондиционирование воздуха для жилых и производственных помещений.

Однако этим системам присущи и недостатки:

- Большие габариты, вызванные необходимостью создания большой теплообменной поверхности;

- Большое число теплообменных аппаратов различного назначения, входящих в состав систем, что повышает стоимость оборудования;
- Необходимость использования дополнительного нагревателя, компенсирующего недостаток теплоты, получаемой от солнечного коллектора для регенерации абсорбента, что позволяет достичь требуемые значения температур охлаждающих сред в АСЖ; в конечном итоге решение этой задачи требует снижения температурного уровня регенерации абсорбента;
- Опасность загрязнений рабочих поверхностей теплообменной аппаратуры, входящей в состав осушительной части АСЖ (десорберов-регенераторов и абсорберов-осушителей), ввиду возможности отложения и кристаллизации водных растворов сорбентов, особенно при работе на высоких концентрациях абсорбента.

К сожалению, в подавляющем числе опубликованных работ, вопросы взаимного согласования положительных и отрицательных сторон практического использования АСЖ не рассматриваются.

Основными направлениями для разрабатываемых систем, как показал опыт предыдущих исследований, являются:

- Разработка и сравнительная оценка различных схемных решений осушительно-испарительных систем с непрямой регенерацией абсорбента [1, 4, 5];
- Создание нового поколения теплообменной аппаратуры ТМА для альтернативных систем, характеризующегося малым весом и стоимостью с преимущественным использованием полимерных материалов, наиболее отвечающим требованиям устойчивой работы ТМА является тип аппаратов с трехфазным псевдооживленным слоем насадки ПН, способный к самоочищению рабочих поверхностей, что принципиально важно в случае абсорбционных систем, где используются водные растворы абсорбентов [1-5];
- Проведение теоретических и экспериментальных исследований процессов испарительного охлаждения, осушения воздуха (процесса абсорбции) и солнечной регенерации абсорбента в ТМА с подвижной псевдооживленной насадкой;
- Сравнительный анализ экологических показателей традиционных и новых систем солнечного тепло- и холодообеспечения на основе методики «Полный жизненный цикл, ПЖЦ», включая разработку методологии ПЖЦ применительно к специфике решаемых задач и ее практическое применение в направлении выбора основных решений [1].

Для реализации процессов теплообмена и обеспечения однородных гидродинамических условий противоточную схему контакта газа и жидкости. В слое насадки жидкость стекает по отдельным ее элементам главным образом в виде тонких пленок, и поверхностью контакта фаз является в основном смоченная поверхность элементов насадки (ЭН). При перетоке жидкости с одного элемента насадки на другой жидкая пленка разрушается, и на нижележащем элементе вновь формируется. При этом часть жидкости проходит в виде струй и капель через расположенные ниже элементы насадки, а некоторое количество задерживается в ней, вследствие смачивания поверхности ЭН и скопления в узких каналах, образуемых соприкасающимися насадочными телами (задержка жидкости), что приводит к увеличению гидравлического сопротивления и снижению эффективности процесса массообмена.

В зависимости от скорости движения газа теплообменные аппараты могут функционировать в следующих гидродинамических режимах: пленочном; в режимах активного гидродинамического взаимодействия потоков: подвисяния, эмульгирования и захлебывания. Пленочный режим наблюдается при малой нагрузке по газу и жидкости: малых скоростях газа и небольших плотностях орошения насадки $q_{жс}$ (объем жидкости, проходящей через единицу площади поперечного сечения аппарата в единицу времени). В таком режиме скорость газа практически не влияет на количество задерживаемой в насадке жидкости. С возрастанием скорости газа, в условиях противотока, сила трения между потоками увеличивается, жидкость движется медленнее и быстрее накапливается в насадке. В этом режиме, называемом режимом подвисяния, спокойное течение жидкостной пленки нарушается и газ начинает барботировать через слой задержанной жидкости в виде пузырьков. В результате, межфазная поверхность контакта возрастает, при одновременном резком увеличении гидравлического сопротивления. Накопление жидкости в насадке продолжается до тех пор, пока сила трения между газом и жидкостью не уравновесит силу тяжести жидкости, находящейся в насадке. При этом наступает режим эмульгирования, характеризующийся инверсией фаз (газ становится дисперсной фазой, а жидкость сплошной) и образованием газо-жидкостной

эмульсии. Этот режим обеспечивает высокую эффективность процессов, но одновременно требует повышенных энергозатрат на движение теплоносителей и рождает сильную нестабильность. Если дальше увеличивать скорость движения газа, то сила трения между фазами окажется больше силы тяжести и возникнет режим захлебывания, при котором движение жидкости будет направлено вверх и она будет уноситься из аппарата потоком газа [1].

Материалом для изготовления элементов насадки могут быть металлы, керамика, полимеры, дерево, кокс. Элементы насадок выполняют в виде тел вращения, пытаясь увеличить площадь поверхности, что повышает эффективность тепло и массообмена. Основными формами являются сферы, шары, кольца, «седла», цилиндры, призмы. В ряде случаев применяют сетчатые (капиллярные) материалы.

Преимущества аппаратов с подвижной насадкой ПН перед другими типами контактных аппаратов, определившие их широкое распространение:

- устойчивая работа в загрязненных средах с самоочисткой насадочных поверхностей и стенок корпуса;
- малая чувствительность характеристик к резким колебаниям нагрузок по газу и жидкости;
- нетребовательность к первоначальному качеству распределения жидкости, что важно для промышленных аппаратов с ПН;
- высокая поперечная равномерность, упрощающая возможность масштабирования;
- широкий диапазон рабочих нагрузок (сообщается о значениях $q_{ж}$ до $200 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ ч})$ и $w_{г}$ до 8 м/с , на пустое сечение аппарата);
- высокая интенсивность процессов переноса в слое;
- простота конструктивного оформления;
- компактность; малые вес и стоимость насадки; использование недефицитных материалов.

Аппараты с ПН – новое решение колонных аппаратов, обеспечивающее возможность эксплуатации в экстремальных условиях (загрязненные среды, резкие колебания нагрузок), повышение предельных нагрузок, высокую поперечную равномерность (упрощение задачи масштабирования), нетребовательность к качеству распределения потоков.

Выводы.

1. Разработаны принципиально новые схемные решения альтернативных систем жизнеобеспечения, позволяющие, в зависимости от необходимости производить подачу холодной и горячей воды, производить отопление и технологическое или комфортное кондиционирование бытовых и офисных помещений;

2. На основе проведенных научных изысканий [5] разработаны инженерные принципы проектирования аппаратов альтернативных систем жизнеобеспечения и их базовые варианты.

1. Физические основы низкотемпературной техники и холодильной технологии / Данько В.П., Карнаух В.В., Кудрин А.Б., Радионенко В.Н. // Донецк-Краснодар, 2016.

2. Новая технология изготовления стеновых камней из газобетона / Gavrilenko V.N., Danko V.P. // Обладнання та технології харчових виробництв. Збірник наукових праць. 1999. № 3. С. 246-250.

3. Физика / Данько В.П. // Краснодар, 2017.

4. Исследование гидродинамических процессов в псевдооживленном слое теплообменных аппаратов для альтернативных систем жизнеобеспечения / Данько В.П. // Инженерная физика. 2017. № 11. С. 70-75.

Study of hydrodynamics features in the apparatuses with movable nozzle / Danko V.P., Karnauh V.V., Titlov A.S. // Сибирский журнал науки и технологий. 2017. Т. 18. № 3. С. 499-504.