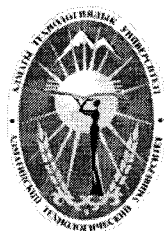


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ
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 621.575.932:621.565.92

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АБСОРБЦИОННЫЕ ХОЛОДИЛЬНИКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.П. Селиванов

Одесская Национальная академия пищевых технологий, Одесский технический колледж, Украина

E-mail: selivanov_ref@mail.ru

Использование теплоиспользующих холодильных машин на современном этапе развития технологий снова становится актуальным и позволяет эффективно использовать классические методы получения холода и низких температур на новом витке технического прогресса. Человечество в течение последнего полувека своей истории не только совершило колоссальный научно-технологический рывок, но и истощило энергоресурс среды своего обитания, что поставило перед ведущими умами задачи энергоэффективности и оптимизации существующего накопленного опыта.

Трудно переоценить вклад разработчиков холодильников компрессорного типа в создание экономичных, эффективных и долговечных холодильных аппаратов, однако не стоит недооценивать характерные особенности холодильников абсорбционного типа. К таким особенностям можно отнести, например, возможность использования для их работы различных неэлектрических источников энергии (газ, биогаз, керосин, бензин, сбросовое тепло и т.д.), а также возможность работы на электрических источниках низкого качества. Падение напряжения в сети до 160 В, что характерно для удалённых районов сельской местности, практически не оказывает влияния на их работоспособность. Подобное падение напряжения пагубно влияет на любые типы электрических приводов и, соответственно, делает невозможным использование эффективных компрессионных холодильников.

Немаловажным аспектом разработок абсорбционных моделей является озонобезопасность их рабочего тела (водоаммиачная смесь и водород). Проблемы перехода на экологически безопасные хладагенты (поиск новых синтетических масел; низкая энергетическая эффективность новых экологически безопасных хладагентов) заставляют разработчиков бытовой и торговой холодильной техники обращать пристальное внимание на холодильные аппараты с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами (АДХМ).

Особенности работы абсорбционно-диффузионной холодильной техники позволяло применять сбросовое тепло производственных мощностей предприятий непрерывного цикла тяжёлой, нефтегазовой и химической промышленности с одной стороны и применять «малоэффективные» источники энергии в торговой и бытовой технике с другой стороны.

Основными разработчиками и производителями абсорбционной бытовой холодильной техники за рубежом являются европейские фирмы “Elektrosuisse-Valentini” (Италия), “Electrolux” (Швеция), имеющая также филиалы в Великобритании, Дании, Франции, Германии, Швейцарии, Люксембурге, Италии и “Sibir” (Швейцария) [2].

Производством бытовой абсорбционной холодильной техники заняты также фирмы [2]: “Smeg” (Италия), “Philips” (Голландия), “CampingGasInternational” (Франция), “Blomberg”, “Bosch”, “Siemens”, “Vulka-Lehel” (Германия), “Caravell” (Дания), “Lehel” (Венгрия), “Polar” (Польша), “УроАскоОу” (Финляндия), “Sanyo” (Япония), “Brist” (Болгария).

В России специализированные производства развёрнуты также на заводах холодильников в Москве («Иней»), Санкт-Петербург («Ладога») и в Великих Луках («Морозко») [3].

В Украине ведущим разработчиком и производителем бытовой абсорбционной холодильной техники до последнего времени являлся Васильковский завод холодильников (модели «Кристалл», «Киев») [2].

Очевидно, что последние мировые тенденции требуют пересмотреть эффективность применения упомянутой техники в расчётных режимах, поскольку, исходя из общефизических представлений, решать проблемы энергосбережения при эксплуатации бытовых абсорбционных холодильников и морозильников можно посредством [1]:

- а) оптимизации цикла, схем, конструкций АХА и охлаждаемых камер, а также режимов работы АХП;
- б) использования естественного низкотемпературного потенциала наружного воздуха в холодное время года для холодильного хранения продуктов и для отвода бросового тепла холодильного цикла.

В первом направлении проведена колоссальная работа учеными и разработчиками всего мира и в области схемно-цикловых решений, а также конструкций теплообменного оборудования и объектов охлаждения на сегодняшний момент используются самые передовые технологии, определяющие высокую степень совершенства изделия.

Существующие разработки в области использования низкотемпературного потенциала окружающей среды позволяют, к примеру, при помощи диодных испарительно-конденсационных систем, установленных в стенке здания с некоторым углом наклона к горизонту, осуществлять тепловую связь с воздухом окружающей среды [1]. Это предложение может найти применение в северных регионах, где 7...8 месяцев в году температура наружного воздуха значительно ниже 0 °С.

Использовать естественный холод для хранения пищевых продуктов в настоящее время предлагают разработчики тепло-насосной «системы ХОЛТ» (по оригинальной терминологии разработчиков – «холодильник-теплицы» [1]), с выносом всего или части холодильника в окружающую среду.

Следует отметить, что терминология в этом направлении разработок еще не сложилась и имеют место и другие названия, например, разработчики абсорбционной холодильной техники НПО прикладной механики (Железногорск, Российская Федерация) применяют термин «сезонный холодильник» [2].

Не требует особых доказательств тот факт, что применение в качестве «сезонного холодильника», использующего низкотемпературный потенциал окружающей среды, холодильного агрегата абсорбционного типа, более эффективно, целесообразно и безопасно, нежели компрессионных аналогов и систем. Во-первых, отсутствуют проблемы загустения масла в компрессоре в нерабочий период, а во-вторых, появляется возможность значительно повысить энергетическую эффективность безнасосного теплоиспользующего цикла за счет снижения общего давления в системе и дополнительного переохлаждения потоков жидкого аммиака на входе испарителя и слабого ВАР на входе абсорбера [3].

Необходимо отметить, что в настоящее время уже имеются разработки по способам управления АХА в случаях, когда теплорассеивающие элементы и генераторный узел расположены за пределами отапливаемых помещений, т.е. находятся при температуре наружного воздуха, в том числе и по способам запуска АХА при температуре воздуха ниже минус 10°С [3].

Современное бытовое и торговое холодильное оборудование проектируется для работы в «жестком» режиме эксплуатации для данных климатических условиях (в Украине – это обеспечение нормативных температурных параметров в охлаждаемом объеме при температуре воздуха в помещении 32°С [2]). В то же время в нашем умеренном климате основное время эксплуатации аппаратов бытовой и торговой техники проходит при температуре воздуха в помещении 16...22 °С. В качестве точки отсчёта принята температура воздуха в помещении, поскольку это и есть среда эксплуатации торгового и бытового холодильного оборудования (ТБХО). При таких температурах воздуха, холодильные аппараты работают не постоянно, а с периодическими отключениями, т.е. в позиционном режиме, что вводит характеристику коэффициента рабочего времени (КРВ) устройства. При более низких температурах воздуха в помещении (менее 10°С) эксплуатация современных компрессионных бытовых и торговых холодильных приборов не рекомендуется.

Анализ результатов экспериментальных исследований опытных и серийных моделей абсорбционных холодильников показал, что их повышенный, по сравнению с компрессионными аналогами, уровень энергопотребления предопределяется существующей методологией расчета и способом управления при эксплуатации. В соответствии с существующими требованиями к бытовым холодильным аппаратам, в первую очередь, необходимо обеспечить заданный температурный режим в холодильной камере в «жестком» режиме эксплуатации, при этом, как правило, работа АХА осуществляется в непрерывном режиме – при коэффициенте рабочего времени равном единице (КРВ = 1), а значение энергопотребления во внимание не принимается.

При таком подходе теплоорассеивающие элементы АХА обладают запасом поверхности в условиях эксплуатации при умеренных (18...25 °С) и низких температурах окружающей среды.

Запас поверхности позволяет повысить холодопроизводительность испарителя АХА за счет:

- дополнительного переохлаждения жидкого аммиака в конденсаторе;
- повышения степени очистки парогазовой смеси (ПГС) в абсорбере;
- снижения температуры ПГС на входе в испаритель.

При низких температурах окружающей среды паровой поток аммиака лишь частично заполняет конденсатор, а равновесная концентрация аммиака в жидком водоаммиачном растворе (ВАР) смещается в область низких давлений. Оба эти фактора вызывают снижение полного давления в системе и рост интенсивности диффузионных процессов при испарении и абсорбции, что дополнительно приводит к росту холодопроизводительности испарителя.

К отрицательным моментам работы АХА в условиях умеренных и низких температур окружающей среды следует отнести:

- частичную конденсацию паров аммиака в дефлегматоре;
- переохлаждение крепкого (насыщенного аммиаком) ВАР на входе в жидкостном теплообменнике (ЖТО);
- рост тепловых потерь с элементов генераторного узла.

Все эти факторы при неизменной величине подводимой тепловой нагрузки на генератор-термосифон приводят к снижению подачи аммиака в испаритель, т.е. вызывают снижение холодильной мощности.

Результирующее воздействие на холодопроизводительность испарителя АХА температур окружающей среды определяется особенностями конструкции, режимами и условиями эксплуатации холодильного аппарата.

Несмотря на многофакторность воздействия температуры окружающей среды на работу элементов АХА однозначным является ее влияние на значения теплопритоков в охлаждаемые камеры, т.е. на значение требуемой холодопроизводительности в режиме хранения.

Так, при эксплуатации холодильной камеры с уровнем температур хранения плюс 5°С в помещении с температурой 19°С требуется примерно в два раза меньшая холодопроизводительность, чем в «жестких» условиях эксплуатации.

При создании «сезонного холодильника» абсорбционного типа необходимо принимать во внимание характерные особенности пускового периода в режиме позиционного управления. И высокая инерционность системы заставляет в серьез задуматься о создании специализированных систем регулирования на базе пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) регуляторов [1].

На базе Одесской Национальной академии пищевых технологий были проведены опытные исследования торгово-бытового холодильника типа «ларь» вместимостью 100 дм³ на базе абсорбционного холодильного агрегата производства Васильковского завода холодильного оборудования. Холодильник был установлен в неотапливаемом и неохлаждаемом помещении. Контролировались: температурное поле охлаждаемого объема, температура на верхнем участке генераторного узла, температура конденсации, температура абсорбции, параметры электрической сети, потребляемая мощность. На первоначальном этапе проведения опытов применено простейшее позиционное регулирование с параметром настройки -18°С. Температурный режим связан с областью применения исследуемого образца. Холодильный «ларь» (рис.1) применяется, как правило, для долгосрочного хранения замороженных продуктов. Подобные объемы и режимы хранения характерны для частных хозяйств или потребителя среднего уровня достатка, делающего запасы на перспективу. То есть охватывается тот социальный слой, который на сегодняшний момент находится в маркетинговом провале. Иными словами, нуждается в качественном холодильном оборудовании, которое им не в состоянии предоставить ведущие мировые производители по умеренным бюджетным ценам.

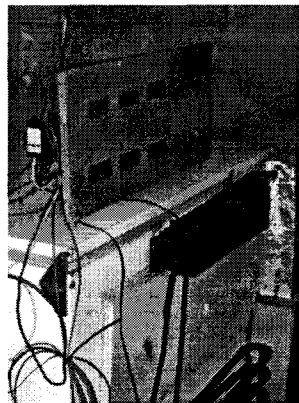


Рисунок 1 – Внешний вид лабораторного стенда на базе абсорбционного холодильника типа «Ларь» вместимостью охлаждаемого объёма 100 дм³

Возможность получения надёжных характеристик была исследована в широком диапазоне параметров электрической сети, моделируя ненадёжность подачи питания. Исследованию также подлежали равномерность температурного поля в камере и экономия использования абсорбционного бытового холодильника в качестве «сезонного».

Генераторный узел, работая в позиционном режиме, дал классические характеристики, широко описанные в литературе, оптимизация и автоматизация которых хорошо известны.

Сезонно усредненные температурные уровни агрегата представлены на рис.2. По результатам проведения опытов в течении трёх лет были получены статистические данные и сделаны следующие обобщенные выводы:

использование суточного и сезонного изменения температуры окружающей среды дает значительное повышение энергосберегающего эффекта (до 35% при параметре настройки -18°C);

были проведены исследования низкотемпературного абсорбционного холодильного агрегата (НТХА) при естественном и принудительном обдуве конденсатора. Полученные данные показали энергетическую неэффективность принудительного обдува теплоотсеивателей холодильного аппарата;

были проведены исследования при теплоизолированном и нетеплоизолированном подъемном участке дефлегматора. Описаны зависимости и сезонные рекомендации по обслуживанию абсорбционного «сезонного» холодильника;

задача аккумуляции холода напрямую не решалась. Однако выравнивание температурного поля производилось за счёт заполнения охлаждаемого объёма продуктом;

поддержание параметра настройки (-18 °С) производилось двухпозиционно в автоматическом режиме, поэтому значения коэффициента рабочего времени (КРВ) в течение опытного периода изменялось от нуля до единицы.

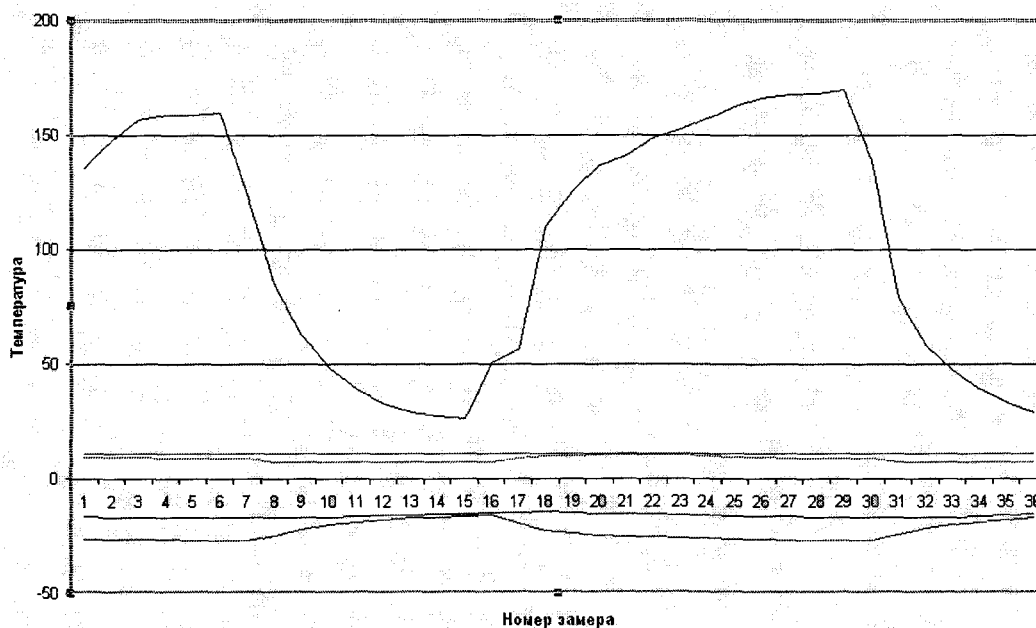


Рисунок 2 - Усредненные температурные поля исследуемого холодильного агрегата.

Однако отдельной проблемой стало поддержание равномерности температурного поля (рис.3) в охлаждаемом объёме. Отсутствие специальных холодоаккумуляторов, неэффективность теплоизоляции и уплотнения, а также работа на пониженных напряжениях, дали неравномерность, что является вполне решаемой проблемой для агрегата подобного типа.

С одной стороны позиционность процесса кипения в испарителе определяет температурные колебания стенки камеры у испарителя. С другой стороны – инерционность общего объема камеры практически сглаживает эти колебания и дополнительные устройства в практическом использовании очевидной выгоды не приносят. Однако в плане опыта использование тепловых труб может дать положительный результат.

Проблемы управления сложным объектом, которым является холодильная машина, сложны и многоаспектны. Управление может быть направлено как на явление, процесс так и на конкретный объект.

Основными характеристиками сложного объекта можно считать отсутствие математического описания; стохастичность поведения, которая обусловлена сложностью объекта; «нетерпимость» к управлению; нестационарность – чем сложнее объект, тем быстрее он меняется [4].

Классические методы управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде, а для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта (большом количестве внешних и внутренних факторов воздействия) оптимальными являются нечёткие методы управления.

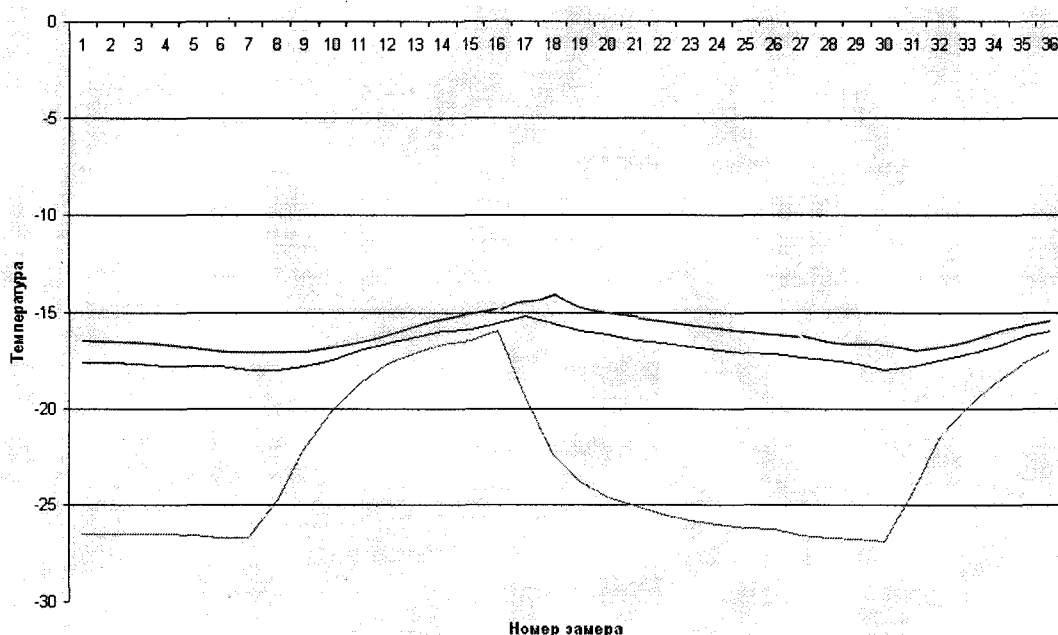


Рисунок 3 - Неравномерность температурных полей в охлаждаемом объеме

Это связано с тем, что стандартный, выпускаемый промышленностью агрегат, эксплуатируется в нестандартных условиях с большим количеством внешних и внутренних факторов, что в общем нарушает классическую модель управления. В такой ситуации упомянутые выше ПИД-системы не могут быть применены в полном объеме из-за отсутствия математического аппарата описания нестационарных процессов в системе. Поэтому применение аппарата нечёткой логики может оказаться одним из немногих возможных вариантов создания адекватной модели работы и управления сложным объектом.

Архитектура или модель нечёткого управления основана на замене классической системы управления системой нечёткого управления, в качестве которой используются системы нечёткого вывода. Одним из наиболее часто применяемых алгоритмов является алгоритм Мамдани, который включает следующие этапы: формирование базы правил систем нечёткого вывода, фаззификация входных переменных, агрегирование подусловий в нечётких правилах, активизация подзаключений в нечётких правилах, аккумуляция заключений нечётких правил, дефаззификация выходных переменных [5]. Формирование субъективных параметров управления в системах нечёткого регулирования зачастую является более гибкой и адекватной системой управления, чем классические методы математического моделирования.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие постановочные выводы:

○По результатам проведенных опытов сформирована база данных, характеризующих и сравнительную (сезонную) экономичность и режим работы абсорбционной холодильной машины, использующей низкотемпературный потенциал окружающей среды;

○Требуется сформировать рекомендации по проектированию и конструированию современных АХА торгово-бытового назначения, работающих в широком диапазоне температур окружающей среды;

○Требуется завершить описание работы исследуемого образца при применении тепловых труб для выравнивания температурного поля по объёму холодильной камеры;

○Требуется создание математической модели влияния локального и годового изменения температуры окружающей среды на параметры работы и энергосберегающие свойства «сезонного» НТАХА;

○Требуется создание модели регулирования с учётом нечёткой фаззификации входных и выходных параметров абсорбционного агрегата «сезонного» типа;

○Требуется проведение маркетинговых исследований для подтверждения необходимости разработки «сезонного» холодильного аппарата с целью популяризации среди производителей бытовой и торговой холодильной техники абсорбционного оборудования.

Применение теплоиспользующих холодильных аппаратов абсорбционного типа в широком диапазоне температур окружающей среды подтвердило свою энергоэффективность и экономичность относительно аналогов иного принципа получения холода и низких температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титлов А.С. «Научно-технические основы создания энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных пиборов», Д.Д., Одесса, ОНАПТ, 2008г.

2. Васильев О.Б. «Оптимизация режимов работы аппаратов различного функционального назначения с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами», К.Д., Одесса, ОНАПТ, 1998г.

3. Гаро В.Е., Захаров Н.Д., Титлов А.С. «Исследование по оптимизации генераторов и теплоизоляционных материалов генераторов АДХА», Отчёт НИС ,Одесса, ОНАПТ, 1991г.

4. Растринин Л.А. «Современные принципы управления сложными объектами» - М: Сов.Радио, 1980г.

5. Леоненков А.В. «Нечёткое моделирование в среде Matlab иFuzzyTech» - СПб.: БХВ-Петербург, 2003г.