

УДК 621.575.932

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА В АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРАХ И ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Титлова О.А., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

Показана важность применения искусственного холода в пищевой промышленности, рассмотрены основные физические процессы, машины и аппараты для его производства. Показаны преимущества абсорбционных холодильных приборов (АХП), а также их важный недостаток – большой расход электроэнергии. В связи с этим рассмотрены основные возможные направления решения задачи повышения энергетической эффективности АХП, показана перспективность совершенствования систем автоматического управления ими.

The importance of artificial cold in the food industry is showed and the basic physical processes, machines and apparatus for its manufacture are considered. The benefits of the absorption refrigerating devices (ARD) are showed, as well as their main lack – the high consumption of the electric energy. For this reason the main possible directions for the energy efficiency improvement of the ARD are considered and the prospects of improving their automatic control systems are showed.

Ключевые слова: искусственный холод, абсорбционные холодильные приборы (АХП), энергетическая эффективность, система автоматического управления (САУ).

1. Производство холода, как важный фактор обеспечения продовольственной безопасности.

Для обеспечения сохранности пищевой продукции применяются множество технологий. Однако ни одна технология переработки, кроме охлаждения, не способна продлить срок хранения продуктов и одновременно сохранить их первоначальные свойства.

По оценке Международного института холода (МИХ) [1] общие потери всех продуктов питания в мире составляют 25 %. При этом на долю скоропортящихся продуктов приходится более половины мирового производства [2]. Поэтому применение холода играет определяющую роль в обеспечении качества и достаточности питания населения, а также в сокращении потерь сельскохозяйственного сырья и продовольствия на пути от производителя к потребителям. Важную роль при этом имеет непрерывная холодильная цепь (НХЦ). НХЦ представляет собой совокупность средств холодильной техники и технологий, а также организационных мероприятий, обеспечивающих необходимые режимы холодильной обработки и хранения сельхозсырья и продуктов на всем пути их следования. НХЦ включает в себя холодильные системы в местах заготовки сырья, холодильные мощности перерабатывающих предприятий, транспортные рефрижераторы, распределительные охлаждаемые терминалы, торговые холодильники, бытовые холодильники [3].

Как показывает многолетний опыт наибольшее отклонение от рекомендуемых и оптимальных режимов в части хранения и энергопотребления имеет место в бытовых холодильниках. В значительной мере это связано с субъективным человеческим фактором и отсутствием систем управления, которые могли бы устраниć его.

2. Физические процессы, машины и аппараты для производства искусственного холода.

Для получения низких температур используют различные физические процессы, которые сопровождаются поглощением теплоты. К наиболее распространенным процессам производства искусственного холода относят следующие [4]:

- а) фазовый переход жидкости в пар, сопровождающийся подводом теплоты (кипение и испарение);
- б) адиабатное расширение газа;
- в) вихревой эффект (эффект Ранка-Хильша);
- г) термоэлектрический эффект (эффект Пельтье).

Процессы с фазовыми превращениями реализуются в парокомпрессионных и теплоиспользующих холодильных машинах – (ПКХМ) и (ТХМ).

В состав ТХМ входят абсорбционные и пароэжекторные холодильные машины.

Абсорбционные холодильные машины (АХМ) разделяются на два класса:

- а) насосные машины высокой производительности (до 100 кВт холода);
- б) безнасосные машины низкой производительности (до 1,0...1,5 кВт холода).

В первом случае АХМ имеют в своем составе циркуляционный насос, который обеспечивает перераспределение рабочего тела в элементах холодильной машины. В безнасосных АХМ движение рабочего тела осуществляется за счет гравитационной циркуляции (перепада высот и разности плотностей).

Холодильные машины с адиабатным расширением газа и вихревым эффектом находят ограниченное применение в промышленности, в основном, в авиастроении. Их главное преимущество состоит в том, что рабочим телом в них служит воздух.

Термоэлектрические холодильники до последнего времени применялись, в основном, в системах охлаждения радиоэлектронной аппаратуры, но в последние годы началось их широкое использование и в бытовой технике.

В настоящее время в бытовой холодильной технике наибольшее распространение получили холодильники на базе ПКХМ – компрессионные холодильные приборы (КХП). Пользователей привлекает достаточно высокая энергетическая эффективность, надежность, простота эксплуатации. Вместе с тем в настоящее время разработчикам КХП приходится сталкиваться с рядом таких проблем, как:

- а) запрет на применение озоноразрушающих хладагентов, в частности R12 и переход на новые синтезированные и природные рабочие тела и масла;

б) безальтернативный источник энергии – электрическое напряжение промышленной частоты с нормированными характеристиками;

в) низкий ресурс работы компрессора в условиях нестабильных характеристик питающего напряжения и высокая стоимость при замене (половина от стоимости нового холодильника).

Альтернативой КХП, особенно в бытовой холодильной технике, являются абсорбционные холодильные приборы (АХП).

3. Абсорбционные холодильные приборы.

3.1. Общая характеристика абсорбционных холодильных приборов. В состав АХП входят абсорбционные холодильные агрегаты (АХА), которые реализуют безнасосный абсорбционно-диффузионный холодильный цикл. Рабочее тело АХА состоит из природных компонентов – водоаммиачного раствора (ВАР) с добавкой инертного газа (водорода, гелия либо их смеси) и является абсолютно экологически безопасным, т.е. имеет нулевые значения озоноразрушающего потенциала и потенциала «парникового» эффекта.

АХП имеют ряд уникальных качеств [5]:

- а) бесшумность, высокая надежность и длительный ресурс работы;
- б) возможность использования в одном агрегате нескольких различных источников тепла – как электрических, так и неэлектрических;
- в) возможность работы с низкокачественными источниками электрической энергии при напряжении в сети до 160 В;
- г) минимальная базовая стоимость по сравнению с компрессионными аналогами.

Однако при многочисленных достоинствах АХП имеют существенный недостаток – большее, по сравнению с компрессионными аналогами, потребление электрической энергии при эксплуатации. Таким образом, актуальной является задача снижения потребления электрической энергии при эксплуатации бытовых АХП. Решение задачи позволит АХП успешно конкурировать с компрессионными аналогами и занять достойное место на рынке бытовой холодильной техники. Это важно также и потому, что вклад бытовой холодильной техники в суммарное энергопотребление отдельной семьи составляет 20...25 % [6].

3.2. Анализ производства и тенденций развития бытовых абсорбционных холодильных приборов. Основными разработчиками и производителями бытовых АХП является ряд европейских фирм: «Electrolux» (Швеция) с филиалами в США, Великобритании, Дании, Франции, Германии, Швейцарии, Люксембурге; «Sibir» (Швейцария); «Elektrosuisse SRL» (Италия).

В Европе разработкой и производством АХП заняты также фирмы «Camping Gas International», «Europroh», «Armines» (Франция); «Bulka-Lehel» (Германия); «Baumatic» (Великобритания); «Norder», «Minilux/ Versal», «Taver» (Испания); «Minifrio» (Португалия); «Tefcold» (Дания); «Brist» (Болгария); «Ram Dis Ticaret A.S.», «Beko Ltd», «Faik Minbar Sogutma Sanavi ve Ticaret A.S.», (Турция) и международная корпорация EEC «Thetford».

В США бытовые АХП создают и выпускают фирмы «Norcold», «Bizzard», «Ez-Freeze Propane Gas Refrigerators», «Diamond Propane Gas Refrigerators», «Servel», «Dandy», «Miller Diamond Deluxe», «Crystal Cold», «SI Solar Co», «Danby refrigerators», «Equator Comet», «Silent Cellars».

На рынках Австралии, Северной и Южной Америки работают фирмы «AMF – Atlantic Mini-Fridge Co Ltd» (Канада-США-Австралия) и «Zero Appliances» (HOAP), «Consul SA» (Бразилия), на рынках Юго-Восточной Азии – «Yuyao Hengyang Electric Appliane Co., Ltd», «Hangzhou East Electric Appliane Co., Ltd», «Linko Gas Refrigerator Manufacturing Co.», «G.V. Manufacturing Co. Ltd», «Shandong Green Electric Equipment Co. Ltd», «Thermal Energy Sci Tech Dev Co», «Dadongnan Electric Appliance C», «Beijing Solar Energy Research» (Китай) и «Sanyo» (Япония).

В России специализированные производства развернуты на заводах холодильников в Москве (модель «Иней» АШ-120) и Санкт-Петербурге (модель «Ладога» АБ-40) [7].

В Украине ведущим разработчиком и производителем абсорбционной холодильной техники является Васильковский завод холодильников, выпускающий модели однокамерных холодильников с низкотемпературным отделением «Кристалл» АШ-155 и «Киев» АШ-160, минихолодильники «Киев-20» АШ-35, в том числе минибары и тумбы «под дерево», а также транспортные холодильники «Киев» АЛ-36 [5].

Основными разработчиками и производителями крупных бытовых АХП являются фирмы США. Так, фирма «Bizzard» выпускает модель с полезным объемом 424 дм³, фирма «Norcold» – 268 и 340 дм³, фирма «Ez-Freeze Propane Gas Refrigerators» – 325 и 412 дм³, фирма «Diamond Propane Gas Refrigerators» – 223, 265, 319 и 370 дм³, фирма «Miller Diamond Deluxe» – 368 и 423 дм³, фирма «Crystal Cold» – 423, 480, 508 и 593 дм³, фирма «SI Solar Co» – 367, 407 и 440 дм³.

Абсорбционные холодильники и морозильники с повышенным объемом входят и в ассортимент ведущих европейских фирм («Sibir», S-210, RC-230; «Electrolux», RA 1302, RGE 400; «Electrosuisse», CF-240), а также выпускаются фирмами «Taver» (2302) и «Zero Appliances» (CF250D).

Производители стремятся улучшить дизайн конструкции, повысить надежность работы АХП, но особое внимание они обращают на энергетическую эффективность, так как этот фактор оказывает едва ли не определяющее влияние на выбор той или иной модели холодильного прибора.

4. Основные направления решения задачи повышения энергетической эффективности бытовых АХП.

Сравнительно низкая энергетическая эффективность бытовых АХП обусловлена спецификой физических процессов, протекающих при реализации абсорбционно-диффузионного холодильного цикла, в частности [8]:

- 1) необходимостью проведения процесса дефлегмации для очистки пара хладагента – аммиака;
- 2) наличием вялых процессов теплообмена в элементах АХА и процессов диффузии при испарении и абсорбции;
- 3) наличием тепловых потерь в окружающую среду от генераторного узла.

Исследования и разработки, позволяющие снизить энергопотребление в бытовых холодильных приборах абсорбционного типа, выполняются в таких направлениях [8]:

- а) совершенствование термодинамических циклов, режимов работы и конструкций элементов АХП;
- б) рациональное использование искусственного холода;
- в) совершенствованием режимов работы, способов и систем управления АХП.

Разработки, выполненные в рамках первых двух направлений, реализуются на этапе проектирования и предполагают изменение конструкции АХА, а в третьем – могут быть реализованы как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации. Рассмотрим подробнее последнее направление разработок.

4.1. Особенности управления АХП. Традиционный подход к проектированию бытовых АХП основан на использовании простейших систем автоматического управления (САУ), которые обеспечивают поддержание нормированной температуры в охлаждающих камерах при работе в жестких условиях эксплуатации. Из этого положения производится расчет холодопроизводительности испарителя и всех элементов холодильного агрегата.

Большинство современных моделей бытовых холодильных приборов как абсорбционного, так и компрессионного типов – это двухкамерные холодильники с морозильной камерой или однокамерные холодильники с низкотемпературным отделением (НТО). Особенность управления такими объектами состоит в том, что контролю подлежит только температура в холодильной камере (ХК). При этом соответствие температуры в морозильной камере или НТО ее заданному значению (минус 6 °C – маркировка «одна звездочка»; минус 12 °C – маркировка «две звездочки»; минус 18 °C – маркировка «три звездочки» [9]) обеспечивается за счет специального проектирования. Согласно нормативным документам температура в ХК во всем диапазоне температур эксплуатации не должна быть ниже 0 °C и не выше плюс 5 °C.

Отличительной характерной особенностью АХП является также существенное влияние температуры воздуха окружающей среды на их работу. При снижении данной температуры – снижаются теплоприто-

ки в охлаждающие камеры и улучшаются условия реализации цикла АХА. В частности, обеспечиваются режимы переохлаждения потока жидкого аммиака на входе в испаритель и слабого ВАР на входе в абсорбер. Переохлаждение способствует интенсификации процесса испарения и абсорбции, что, в конечном счете, повышает энергетическую эффективность цикла АХА. В условиях комфортных (22...25 °C) и пониженных (до 10 °C) температур воздуха окружающей среды, базовая холодопроизводительность будет вызывать переохлаждение и перегораживание пищевых продуктов. Для выхода из такой ситуации разработчики бытовых АХП ограничивают базовую холодопроизводительность испарителя различными способами.

4.2. Пути совершенствования режимов работы АХП и способов их управления. В 50-х – 60-х годах XX века в СССР выпускались абсорбционные холодильники, снабженные одно-, двух- и трехсекционными электронагревателями. Все они были оснащены позиционной системой с возможностью автоматического или ручного регулирования температуры в холодильной камере, за счет отключения подводимой к нагревателю тепловой мощности или перевода на меньшее значение, при достижении заданного значения температуры. В середине 60-х годов XX века научный руководитель фирмы «Sibir» (Швейцария) профессор H. Stierlin предложил использовать двухсекционный нагреватель «40 Вт – 125 Вт» с постоянно подводимой тепловой мощностью в модели «Sibir» E-225 [5]. Он полагал, что в нерабочем периоде, за счет поддержания генераторного узла в «ожидании» состоянии, удастся снизить время пускового периода и получить экономию энергии. Действительно, в результате испытаний было получено снижение энергопотребления до 20 %. Однако, с начала 70-х годов XX века, после проведения испытаний ряда моделей АХП, все отечественные производители перешли на одноступенчатые нагреватели.

Постоянная конкуренция на рынке бытовой холодильной техники, между производителями компрессионной и абсорбционной техники, вынудили последних искать более действенные пути снижения энергопотребления. И так как на этом пути одним из наиболее эффективных направлений стало совершенствование способов управления АХП, то разработчики АХП в последнее время занимались в основном поисками энергосберегающих режимов управления.

Так, Завертаный В.В. [10] проводил экспериментальные исследования низкотемпературной камеры (НТК) «Стугна-101» АЛ-180 производства ВЗХ и впервые обнаружил зависимость максимальной холодопроизводительности испарителя от подводимой тепловой мощности и температур подъемного участка дефлегматора, а также окружающей среды. Он показал, что с изменением подводимой тепловой мощности к генераторному узлу АХА, максимальная холодопроизводительность достигается при наличии температурного скачка (50...60 °C) в характерной точке дефлегматора, расположенной в верхней части теплоизоляционного кожуха генераторного узла. Причем с увеличением температуры воздуха окружающей среды, температурный скачок сдвигается в сторону больших значений подводимой тепловой мощности к генераторному узлу, а с уменьшением – наоборот. Работа НТК «Стугна-101» АЛ-180 в режиме поддержания скачка температур в характерной точке дефлегматора позволила достичь суточного энергопотребления 2,88 кВт·ч, что ниже, чем у зарубежного аналога CF-240 (фирма «Electrosuisse», Испания) на 28 %.

Васылив О.Б. [11], исследуя тот же объект (НТК «Стугна-101» АЛ-180) и развивая идеи Завертаного В.В., указал на потери аммиака за счет его конденсации на подъемном нетеплоизолированном участке дефлегматора. При этом снижается холодопроизводительность испарителя и энергетическая эффективность АХП. Васылив О.Б. для предотвращения неблагоприятной конденсации пара аммиака при его транспортировке в испаритель предложил установить на подъемном участке дефлегматора дополнительную тепловую изоляцию [12]. Для предотвращения попадания паров воды в конденсатор, особенно при работе в условиях повышенных температур воздуха окружающей среды, было предложено стабилизировать температуру парового потока на выходе дефлегматора – входе в конденсатор на значении 50 °C путем отключения подвода тепловой мощности или перехода на меньшее ее значение. Реализуя такой способ управления на НТК «Стугна-101» АЛ-180, Васылив О.Б., даже при работе с односекционным нагревателем, достиг снижения энергопотребления с позиционным алгоритмом управления на 46 %, по сравнению с аналогом CF-240.

Расширяя область применения нового энергосберегающего режима, Васылив О.Б. изучил особенности работы однокамерных АХП с низкотемпературным отделением (НТО). При этом на всем участке дефлегматора АХП с НТО типа «Киев-410» АШ-160 и «Кристалл-408» АШ-150 производства ВЗХ была установлена тепловая изоляция. Проведенные исследования позволили найти для данного класса АХП энергосберегающий способ управления – двухпозиционный (70-40 Вт) с постоянно подводимой мощностью в 40 Вт и контролем температуры на выходе дефлегматора. Энергосбережение, по сравнению с используемым позиционным способом управления, составило для модели «Киев-410» АШ-160 – 21 %, а для модели «Кристалл-408» АШ-150 – 12 %. При этом модель «Киев-410» АШ-160 показала температур-

ные режимы в НТО класса «***» (температура в НТО – не выше минус 18 °C [9]), вместо «**»(температура в НТО – не выше минус 12 °C[9]).

Тюхай Д.С. [13] в своих исследованиях учел влияние условий эксплуатации бытового АХП на способ подвода тепловой мощности к генераторному узлу АХА. Он продолжил изучать особенности работы НТК «Сугна-101М» АЛ-180 (индекс «М» указывает на модернизацию в части установки дополнительной теплоизоляции на подъемном участке дефлегматора), в том числе и в широком диапазоне температур окружающей среды – от 10 °C до 32 °C. Тюхай Д.С. показал, что для класса НТК типа «Сугна-101М» АЛ-180 наиболее энергетически эффективным, в диапазоне температур воздуха окружающей среды 10...32 °C, является трехпозиционный способ подвода тепловой мощности «110-70-0» Вт. Такой способ управления позволил Тюхайю Д.С. снизить энергопотребление НТК «Сугна-101М» АЛ-180 по сравнению с зарубежным аналогом CF-240 до 57 % [13,14].

Кроме этого, Тюхай Д.С. реализовал при управлении НТК способ подвода распределенной по длине термосифона-генератора тепловой нагрузки. Способ был реализован при помощи основного и дополнительного нагревателей. Тюхай Д.С. разделил диапазон температур эксплуатации на четыре зоны и для каждой зоны предложил свой алгоритм управления подводимой к генераторному узлу АХА тепловой мощностью. Это позволило повысить энергетическую эффективность НТК «Сугна-101М» АЛ-180 еще на 10...16 %.

4.3. Анализ путей совершенствование систем автоматического управления АХП. На проблему повышения энергетической эффективности АХП специалисты в области автоматизации обратили свое внимание сравнительно недавно. Видимо именно поэтому, несмотря на рассмотренное выше разнообразие разработанных энергоэффективных режимов работы АХП и способов управления для их реализации, на сегодняшний день существуют только простейшие (штатные) САУ [15,16], которые, как уже отмечалось, реализуют только функцию регулирования температуры в холодильной камере θ_{xk} , обеспечивая ее стабилизацию на заданном фиксированном значении. Регулирующим воздействием в таких САУ является величина тепловой мощности, подводимой к нагревателю термосифона. Структурная схема такой системы приведена на рис. 1.

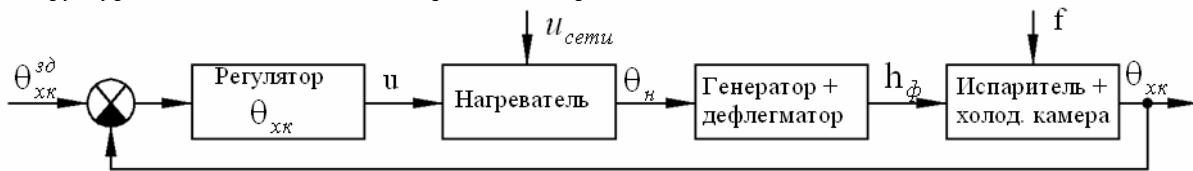


Рис. 1 – Структурная схема САУ температуры холодильной камере в АХП

На структурной схеме выделены две группы возмущений:

- контролируемое возмущение – напряжение сети ($u_{\text{сети}}$), от которого питается нагреватель, информация о величине которого может быть использована в алгоритме управления;
- неконтролируемые возмущения f , информация о которых не может быть использована в алгоритме управления.

К неконтролируемым возмущениям относятся:

- теплопритоки от загруженных продуктов с температурой окружающей среды;
- теплопритоки через стенки ХК;
- эксплуатационные теплопритоки (при открывании двери, от лампочки освещения, нерациональная компоновка продуктов в полезном объеме камеры);
- теплопритоки от инфильтрации наружного воздуха через неплотности конструкции дверей.

Кроме того, на схеме (рис. 1) выделены температура поверхности нагревателя (термосифона) θ_n и уровень ПЖФ в подъемном участке дефлегматора h_ϕ .

В штатных САУ стабилизация θ_{xk} осуществляется только на основе информации о ее текущем значении. При этом алгоритмы регулирования, как и у компрессионных холодильников, где это обусловлено конструкционными особенностями, являются позиционными.

Значительный вклад в совершенствование САУ АХП внес Мазур А.В. [17,18]. Анализируя пути совершенствования САУ АХП, которые могли бы реализовать предложенные разработчиками энергоэффективные режимы работы, он показал, что первоочередной задачей является повышение качества реализации имеющейся функции регулирования θ_{xk} , а уже затем переход к реализации новых функций. Так, в рамках своей диссертационной работы [17], Мазур А.В. предложил несколько перспективных путей совершенствования позиционных алгоритмов управления, позволяющих повысить динамическую точность стабилизации θ_{xk} в окрестности ее заданных значений. Низкая динамическая точность стабилизации θ_{xk}

обуславливается значительной амплитудой ее автоколебаний (колебания, которые возбуждаются в позиционной САУ) и наличием ошибки статизма (несоответствие среднего за период автоколебаний значения регулируемой переменной ее заданному значению).

Наиболее простым из предложенных Мазуром А.В. вариантов совершенствования САУ АХП является введение в позиционный алгоритм регулирования интегрирующей и дифференцирующей составляющих. Показано [17], что, как и в САУ с линейными ПИД-алгоритмами регулирования, это позволяет устранить ошибку статизма регулируемой переменной $\theta_{\text{хк}}$ и снизить амплитуду и период ее автоколебаний, сохранив при этом максимально простое и дешевое исполнительное устройство.

Следующий из предложенных Мазуром А.В. вариант совершенствования САУ АХП состоит в вибрационной линеаризации релейного элемента. При этом вибрационная линеаризация обеспечивается за счет охвата реле инерционной обратной связью с передаточной функцией статического апериодического инерционного звена 1-го порядка. Показано [17,18], что ее применение не только обеспечивает вибрационную линеаризацию реле, но и дополнительно вводит в прямую цепь регулятора форссирующее звено с передаточной функцией – обратной линеаризующей обратной связи.

Предполагается, что применение таких вариантов совершенствования структуры САУ АХП позволит снизить амплитуду колебаний температуры в холодильной камере $\theta_{\text{хк}}$ до $0,2^{\circ}\text{C}$ и, практически, 0°C соответственно.

Введение вибрационной линеаризации реле позволяет, кроме всего прочего, улучшить условия работы нагревателя АХП и увеличить его ресурс, т.к. на его снижение существенно влияет превышение температурой поверхности нагревателя $\theta_{\text{н}}$ значения в 190°C , после которого интенсифицируется процесс его коррозии.

В САУ с вибрационной линеаризацией, ситуация, когда $\theta_{\text{н}}$ выше уровня 190°C , возможна только в пусковых режимах АХП, а амплитуда колебаний $\theta_{\text{н}}$ существенно уменьшается. Вместе с тем она остается значительной. В этом случае снижение ресурса элементов нагревателя возникает из-за его частых температурных деформаций. Решение этой проблемы было найдено Мазуром А.В. за счет использования САУ каскадной структуры, где в качестве внутренней переменной регулирования используется температура поверхности нагревателя $\theta_{\text{н}}$.

Преимущество предложенных Мазуром А.В. путей совершенствования САУ АХП состоит в сохранении простого и дешевого исполнительного устройства – двухпозиционного реле. Однако при этом Мазур А.В. указывает на необходимость отказа от штатного электромеханического регулятора прямого действия, а реализовать новый регулятор предлагает или в цифровом, или в аналоговом варианте.

Выводы. Анализ современного производства и направлений разработок приборов холодильной техники абсорбционного типа показал, что, несмотря на множество неоспоримых достоинств АХП дальнейшее их развитие, в первую очередь, должно быть связано с внедрением энергосберегающих технологий, которые позволили бы им приблизиться по уровню энергопотребления к аналогам компрессионного типа. При этом для решения проблемы энергосбережения необходим системный подход, включающий повышение термодинамической эффективности холодильного цикла. Анализ современного производства показал, что энергосберегающие технологии не должны приводить к усложнению конструкции и быть, по возможности, универсальными для всех типов холодильных приборов абсорбционного типа. Поэтому наиболее перспективным является направление энергосберегающих разработок, которое связано с совершенствованием способов и систем автоматического управления режимами работы АХП. Это связано, в первую очередь с тем, что полученные разработки могут быть внедрены не только в процессе проектирования новых АХП, но и на уже эксплуатирующихся моделях. Кроме того исследования в области совершенствования систем управления АХП являются перспективными еще и потому, что САУ является единственным универсальным средством для любого типа АХП, которое способно реализовать любые из предложенных энергоэффективных режимов работы и учесть все возмущающие воздействия.

Література

- Чумак І.Г., Старчевський І.П., Кочетов В.П. Концепція створення сучасної системи зберігання сільськогосподарської продукції в Україні [Текст] / І.Г. Чумак, І.П. Старчевський, В.П. Кочетов // Холодильная техника и технология. – 2000. – № 65. – С.10–15.
- Чумак И. Г. Холодильное хозяйство в сфере хранения продовольствия. Проблемы модернизации и методы их решения / И. Г. Чумак, В. П. Кочетов, С. А. Усатюк, А. В. Ломакин // Холодильная техника и технология. – 2002. – № 75. – С. 5–8.
- Холодильные установки / И. Г. Чумак, В. П. Чепурненко, А. И. Лагутин и др.. – М. : Агропромиздат, 1991. – 495 с.

4. Холодильная техника /В.Ф.Лебедев, И.Г.Чумак, Г.Д.Аверин и др. /Под ред. В.Ф.Лебедева. -М.: Агропромиздат, 1986.- 335 с.
5. Бабакин Б. С. Бытовые холодильники и морозильники / Б. С. Бабакин, В. А. Выгодин. – Рязань : Узоречье, 2005. – 860 с.
6. Селезнева Ю.А. Совершенствование теплоэнергетических характеристик бытовых холодильников на основе исследования воздухо-теплообменных процессов в их компрессорно-конденсаторном отделении: дис...канд. техн. наук : 05.05.14 / Селезнева Юлия Анатольевна. – Одесса, 2002. – 277 с.
7. Сводные данные товаров народного потребления: Часть 1. Холодильники и морозильники бытовые электрические, терmostаты бытовые. – М. : Министерство общего машиностроения СССР, 1990. – 102 с.
8. Тітлов О.С. Науково-технічні основи створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильників приладів / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 113-127.
9. Прилади холодильні побутові. Експлуатаційні характеристики та методи випробувань : ДСТУ 3023-95 (ГОСТ 30204-95, ISO 5155-83, ISO 7371-85, ISO 8187-91) – [Чинний від 1995-7-20] – К. : Держстандарт України, 1996. – 22 с. – (Національний стандарт України).
10. Завертаний В. В. Разработка низкотемпературных камер с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами: дис. канд. техн. наук : 05.04.03. / Завертаний Владимир Вячеславович. – Одесса, 1995. – 223 с.
11. Васылив О. Б. Оптимизация режимов работы аппаратов различного функционального назначения с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами: дис. канд. техн. наук : 05.04.03 / Васылив Олег Богданович. – Одесса, 1998. – 228 с.
12. Васылив О. Б. Поиск энергосберегающих режимов работы серийных абсорбционных холодильных аппаратов / О. Б. Васылив, А. С. Титлов // Холодильная техника и технология. – 1999. – № 60. – С. 28–37.
13. Тюхай Д. С. Снижение энергопотребления в аппаратах с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами путем организации рациональных тепловых режимов генераторного узла: дис. канд. техн. наук : 05.05.14 / Тюхай Денис Станиславович. – Одесса, 2000. – 147 с.
14. Титлов А. С. Энергосберегающие режимы работы перекачивающих термосифонов АДХМ / А. С. Титлов, Д. С. Тюхай // Промышленная теплотехника. – 2003. – Т. 25.– № 4. – С.76–79.
15. Разработать низкотемпературные абсорбционные холодильные машины на новых рабочих телах: Отчет по НИР (заключительный) / Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти им. М.В. Ломоносова; № ГР. ГРУД010001081Р. – Одесса, 1993. – 236 с.; ил.
16. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
17. Мазур А.В. Повышение энергетической эффективности тепловых процессов пищевых технологий средствами гарантирующего управления : дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Мазур Александр Васильевич. – Одесса, 2006. – 208 с.
18. Мазур А.В. Тепловые процессы пищевых технологий как объекты управления: общность особенностей и принципов повышения энергетической эффективности / Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2007. – Вип. 30. – Т. 1. – С. 237 – 241.