

## РОЗДІЛ 4

АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНІ  
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК [621.565:664.045.5]:66.012-52

О. А. Титлова ✉

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039, Украина

✉e-mail: titlova@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4034-7159>СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Обоснована общая концепция построения САУ для повышения эффективности процесса производства искусственного холода в АХП, предполагающая переход от позиционных к непрерывным (квазинепрерывным) алгоритмам управления и реализацию новых функций управления, обеспечивающих во всех режимах работы АХП необходимую степень очистки пара аммиака от воды и минимизацию потерь тепла с поверхности дефлегматора. Приведены результаты экспериментальных исследований изменения статических и динамических свойств АХП при изменениях интенсивности теплоотвода от внешней поверхности дефлегматора в окружающую среду и величины подводимой к генераторному узлу тепловой мощности. Рассмотрены новые эффективные САУ процессом производства искусственного холода в АХП для повышения энергетической эффективности и улучшения условий хранения пищевых продуктов за счет поддержания стабильных температурных режимов в охлаждаемых камерах и сокращения времени переходных процессов.

**Ключевые слова:** АХП – Дефлегматор – Энергетическая эффективность – САУ – Объект управления – Автоматизированный эксперимент – Статические и динамические характеристики.

О. О. Титлова

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, Україна

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИБОРІВ

Обґрунтована загальна концепція побудови САК для підвищення ефективності процесу виробництва штучного холоду в АХП, що припускає перехід від позиційних до безперервних (квазібезперервних) алгоритмів керування та реалізацію нових функцій керування, що забезпечують в усіх режимах роботи АХП необхідну ступінь очищення пари аміаку від води і мінімізацію втрат тепла з поверхні дефлегматора. Наведено результати експериментальних досліджень зміни статичних та динамічних властивостей АХП при змінах інтенсивності тепловідводу від зовнішньої поверхні дефлегматора в навколишнє середовище і величини теплової потужності, що підводиться до генераторного вузла. Розглянуто нові ефективні САУ процесом виробництва штучного холоду в АХП для підвищення енергетичної ефективності та поліпшення умов зберігання харчових продуктів за рахунок підтримки стабільних температурних режимів в охолоджувані камерах і скорочення часу перехідних процесів.

**Ключові слова:** АХП – Дефлегматор – Енергетична ефективність – САК – Об'єкт керування – Автоматизований експеримент – Статичні та динамічні характеристики.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## I. ВВЕДЕНИЕ

Использование искусственного холода является приоритетным способом длительного хранения пищевых продуктов. При стабильных температурных режимах он позволяет сохранить их первоначальные свойства без существенных изменений [1, 2].

Основными источниками искусственного холода являются компрессионные (КХП) и абсорбцион-

ные (АХП) холодильные приборы. Главным преимуществом КХП, которое обусловило их широкое распространение, является более высокая энергетическая эффективность. Вместе с тем, АХП также имеет ряд преимуществ. Но их важный недостаток – большее по сравнению с КХП потребление электроэнергии [3, 4].

Существующие САУ, как КХП, так и АХП имеют общий недостаток. Они обеспечивают только

стабилизацию температур в охлаждаемых камерах и традиционно реализуют простейшие позиционные алгоритмы управления [5]. Такие алгоритмы обуславливают значительные амплитуды колебаний (автоколебаний) температур в охлаждаемых камерах и, являясь статическими, смещение среднего значения этих колебаний относительно их заданных значений. Все это в конечном итоге, приводит к снижению качества хранящихся в них продуктов.

Важно, что реализация таких САУ в АХП требует существенного ограничения мощности нагревателя генераторного узла. В противном случае будет невозможно обеспечить необходимую степень очистки пара аммиака от паров воды в дефлегматоре, при его включениях. Но даже такое целенаправленное снижение мощности нагревателя не гарантирует полной очистки аммиака во всех возможных режимах работы АХП, прежде всего – в переходных и особенно – в пусковых. Зато оно приводит к значительному увеличению времени переходных процессов, что является еще одним фактором, ухудшающим условия хранения продуктов.

Анализ основных направлений решения задачи повышения энергетической эффективности АХП показал, что предлагаемые варианты, связанные с изменением конструкции АХП, в частности с совершенствованием теплоизоляции, практически исчерпали себя [6, 7]. Направлению, связанному с совершенствованием САУ процессом производства искусственного холода в АХП должного внимания не уделялось [8]. Вместе с тем, такое направление имеет важные преимущества: решения, полученные в рамках данного направления, являются универсальными для всех типов АХП, могут быть внедрены не только на этапе проектирования новых образцов, но и при модернизации уже выпускаемых, т.к. не изменяют конструкцию АХП.

Таким образом, актуальной является задача повышения энергетической эффективности процесса производства искусственного холода и улучшения условий хранения пищевых продуктов в абсорбционных холодильных приборах за счет совершенствования их систем автоматического управления.

## II. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА В АХП КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Разработка общей концепции построения эффективной САУ процессом производства искусственного холода в АХП требует предварительного анализа процесса производства холода в АХП как ОУ.

АХП (рисунок 1) включает в себя: перекачивающий термосифон 1, источник тепла 2, дефлегматор с опускной 3 и подъемной 4 ветвями, горизонтальный ректификатор 5, жидкостный теплообменник (ЖТО) 6, теплоизоляционный кожух 7, конденсатор 8, испаритель 9, абсорбер 10, ресивер крепкого ВАР 11 [9]. Сущность его работы (с акцентом на рассматриваемую здесь проблему) можно отразить следующими фазами.

*Генерация парообразного аммиака из крепкого ВАР.* При подводе достаточного количества тепла к нижней части термосифона, аммиак, находящийся в крепком ВАР, закипает. Образующиеся пузырьки включают пары аммиака (преимущественно) и воды. Пузырьки, обладая подъемной силой, поднимаются в верхнюю часть термосифона, обедняя аммиаком ВАР и увлекая за собой частицы его жидкой фазы. С течением времени по всей высоте термосифона до уровня  $h_2$  формируется парожидкостный столб, состоящий из пузырьков пара и частиц жидкости. В верхней части термосифона, выше уровня  $h_2$ , жидкость отделяется от пара, ее избыток сливается в верхнюю часть абсорбера, а пар поступает в опускной участок дефлегматора.

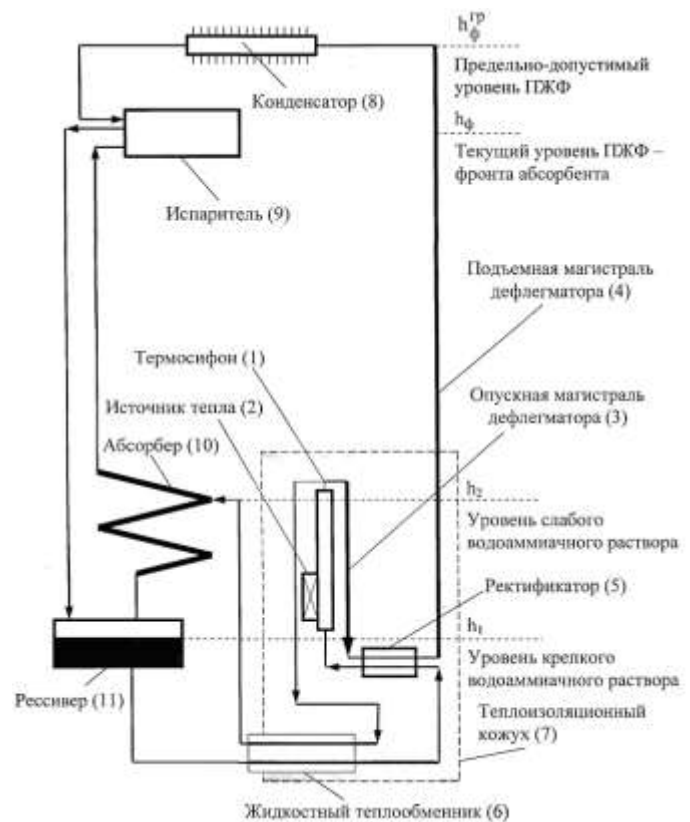


Рисунок 1 – Схема АХП

*Очистка парообразного аммиака от паров воды.* Ее сущность состоит в охлаждении движущихся по дефлегматору паров аммиака и воды с целью конденсации последних за счет более низкой температуры конденсации аммиака. Охлаждение идет последовательно, начиная с опускного участка дефлегматора – за счет отвода тепла через его стенку, в ректификаторе – за счет отвода тепла к крепкому ВАР, в подъемном участке дефлегматора – за счет отвода тепла через его стенку (с различной интенсивностью, в зависимости от наличия и эффективности теплоизоляции вокруг нее).

Конденсат воды стекает в ректификатор. Парожидкостной фронт (ПЖФ) определяет границу раздела смеси паров и паров чистого аммиака. Высота

подъема ПЖФ будет пропорциональна расходу энергии, подводимой к термосифону.

*Производство холода.* В конденсаторе, за счет потерь тепла через его оребренную стенку, температура паров аммиака дополнительно снижается, и они переходят в жидкое состояние. Жидкий аммиак стекает в испаритель, где находится парогазовая водородоаммиачная смесь, содержащая преимущественно водород. При контакте происходит интенсивное испарение жидкого аммиака в парогазовую смесь при низком парциальном давлении и соответственно при низкой температуре (от  $-35^{\circ}\text{C}$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ ). В результате этого происходит охлаждение поверхности испарителя и связанных с ним холодильных камер.

Безусловно, как и в существующих САУ, главной регулируемой переменной здесь является температура в холодильной камере  $\theta_{\text{хк}}$  (рисунок 2). Кроме

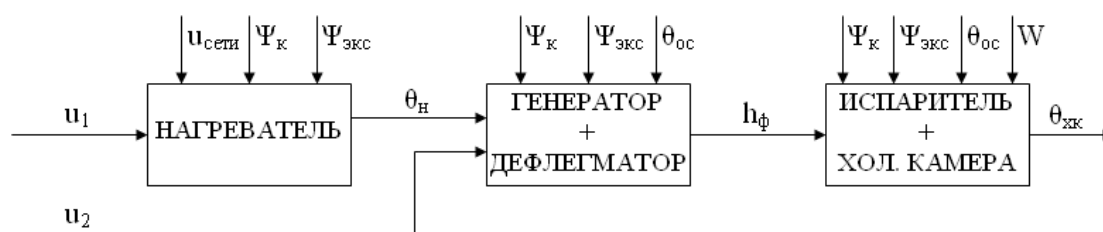


Рисунок 2 – Структурная схема концептуальной модели АХП как ОУ

Известные априори особенности свойств АХП состоят в следующем:

1) АХП являются статическими объектами с высокой тепловой инерционностью и запаздыванием в главном канале регулирования;

2) свойства канала «подводимая к генераторному узлу тепловая мощность – температура в охлаждаемой камере» – существенно нелинейные;

3) максимальная энергетическая эффективность АХП достигается, когда уровень ПЖФ достигает предельной высоты дефлегматора. В этом случае достигается и полная очистка пара аммиака от воды, и минимизируются потери тепла с поверхности дефлегматора.

Важно отметить, что в существующих САУ уровень ПЖФ не контролируется и возможны следующие ситуации, снижающие энергоэффективность АХП:

1. В условиях интенсивного подвода тепловой мощности к генератору, в режимах выхода АХП из нерабочего состояния на рабочую нагрузку, и/или высокой температуре окружающей среды, уровень ПЖФ может превышать  $h_{\text{ф}}^{\text{пр}}$ . При этом вода или пары воды будут попадать в конденсатор и, далее, в испаритель. Тепло, которое будет туда принесено парами воды и, главное, выделяемое ими при конденсации, существенно снизит энергетическую эффективность АХП [10].

2. В условиях слабого подвода тепловой мощ-

того, рассматриваются перспективы использования в САУ информации о температуре на поверхности нагревательного элемента  $\theta_{\text{н}}$  и положении уровня ПЖФ, который определяет границу раздела пара чистого аммиака и паров воды в дефлегматоре,  $h_{\text{ф}}$ . Основным управляющим воздействием сохраняется величина подводимой к генератору тепловой мощности  $P(u_1)$  и, дополнительно предлагается использовать интенсивность отвода тепла от поверхности дефлегматора ( $u_2$ ). Контролируемыми возмущениями потенциально может быть температура воздуха окружающей среды  $\theta_{\text{ос}}$  и напряжение сети  $u_{\text{сети}}$ , к неконтролируемым возмущениям относим характеристики продукта и степень загрузки охлаждаемых камер  $W$ , конструкционные  $\Psi_{\text{к}}$  и эксплуатационные  $\Psi_{\text{экс}}$  особенности.

ности к генератору, в режимах длительного хранения продуктов, и/или низкой температуре окружающей среды, уровень ПЖФ будет значительно ниже  $h_{\text{ф}}^{\text{пр}}$ . В этом случае пары аммиака будут переохлаждаться, что приведет к их частичной конденсации в дефлегматоре, уменьшению подачи в конденсатор и испаритель. Это также снизит энергетическую эффективность АХП.

Таким образом очевидно, что минимизация энергопотребления АХП требует поддержания уровня ПЖФ в максимально допустимой близости от предельно допустимого уровня ( $h_{\text{ф}}^{\text{пр}}$ ).

### III. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ САУ АХП

С учетом рассмотренных особенностей АХП как ОУ предложена концепция построения эффективных САУ АХП, предполагающая решение в этих САУ двух задач:

1) повышение качества реализации функции регулирования (и в установившихся, и в переходных режимах работы АХП), т. е. повышение динамической точности стабилизации температур в охлаждаемых камерах АХП;

2) реализации в САУ новой функции – функции оптимизации, обеспечивающей минимизацию энергопотребления АХП в изменяющихся условиях эксплуатации.

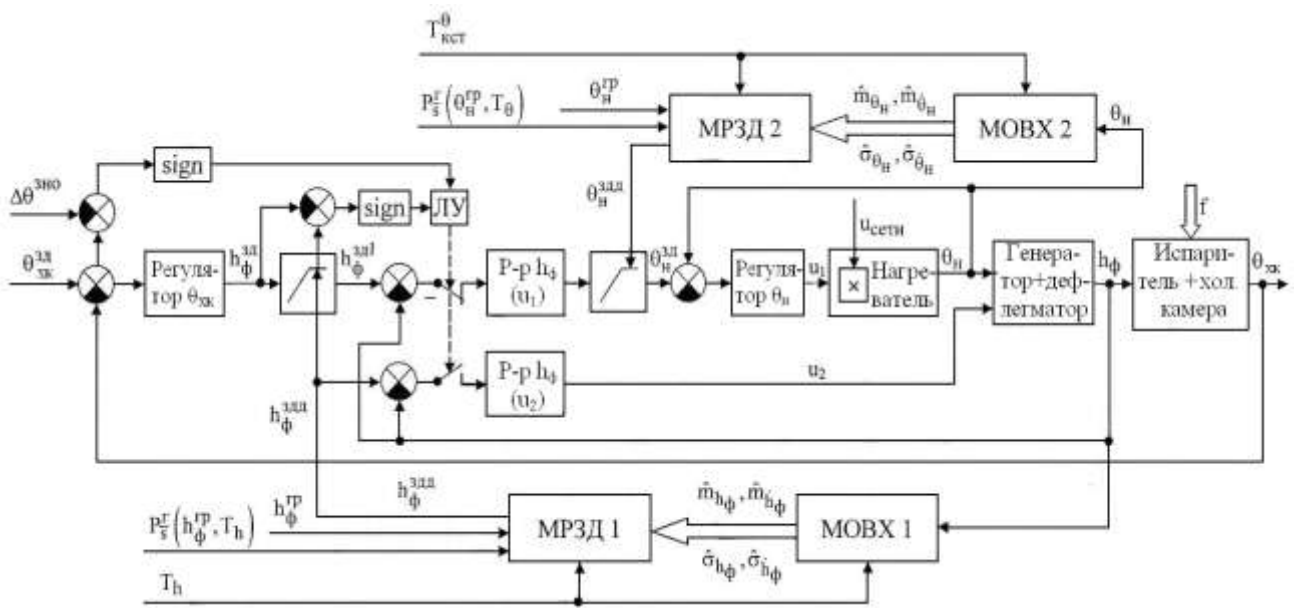
Основними «механізмами» реалізації данної концепції являються:

- перехід від позиційних алгоритмів управління до неперервним;
- підвищення інтелектуального рівня алгоритмів управління за рахунок розширення інформації о ході процесу, в частині – о положенні рівня парожидкостного фронту (ПЖФ) на підйомному участку дефлегматора;
- реалізації нових функцій – оптимізації енергетическої ефективності і дотримання обмежень на параметри процесу;
- реалізація нового каналу управління –

управління інтенсивністю відводу тепла від поверхності підйомного участку дефлегматора в оточуючу середу.

Структурна схема САУ, реалізуючої цю концепцію представлена на рисунку 3. Она має два комутуємих каналу управління:

- 1) традиційний, управляюче вплив – змінення теплової потужності, підводимої до генератору АХА;
- 2) новий, управляюче вплив – змінення інтенсивності відводу тепла від поверхності підйомного участку дефлегматора в оточуючу середу.



**Рисунок 3** – Структурна схема САУ АХП з комутуємою структурою: МОВХ – модуль оцінки ймовірнісних характеристик випадкових процесів  $h_{\phi}(t)$  і  $\theta_n(t)$  на ковзаючому інтервалі часу  $T$ ; МРЗД – модуль розрахунку поточних допустимих значень  $h_{\phi}^{зд}(t)$  і  $\theta_n^{зд}(t)$ ; ЛУ – логічне пристрій управління комутатором структури САУ

За рахунок роботи цих двох каналів забезпечується підтримання рівня ПЖФ в максимально допустимій близькості від граничного рівня ( $h_{\phi}^{пр}$ ), а величина цієї «мінімальної близькості» визначається як предельно допустиме задане значення ( $h_{\phi}^{зд}$ ) рівня ПЖФ при гарантованій ймовірності його не порушення на інтервалі часу  $T_h - P_s^r(h_{\phi}^{пр}, T^h)$  і поточними ймовірнісними характеристиками змінення змінної  $h_{\phi}(t)$ , т.е. рівня ПЖФ.

Вибір каналу управління здійснюється автоматично в залежності від поточної ситуації, в частині, від коливань інтенсивності підводу теплової потужності до генератора і температури повітря оточуючої середу.

#### IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ІССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АХП И ВАРИАНТОВ САУ

Практическа реалізація розглянутої САУ потребує вивчення властивостей АХП по каналам « $u_1 - \theta_n$ », « $u_1 - h_{\phi}$ » і « $u_2 - h_{\phi}$ ». Так як теплові процеси в АХП дуже інерційні і, відповідно, потребують значительних витрат часу на їх дослідження, був розроблений спеціалізований програмно-технічний комплекс для можливості проведення автоматизованих експериментів – автоматизоване робоче місце [11].

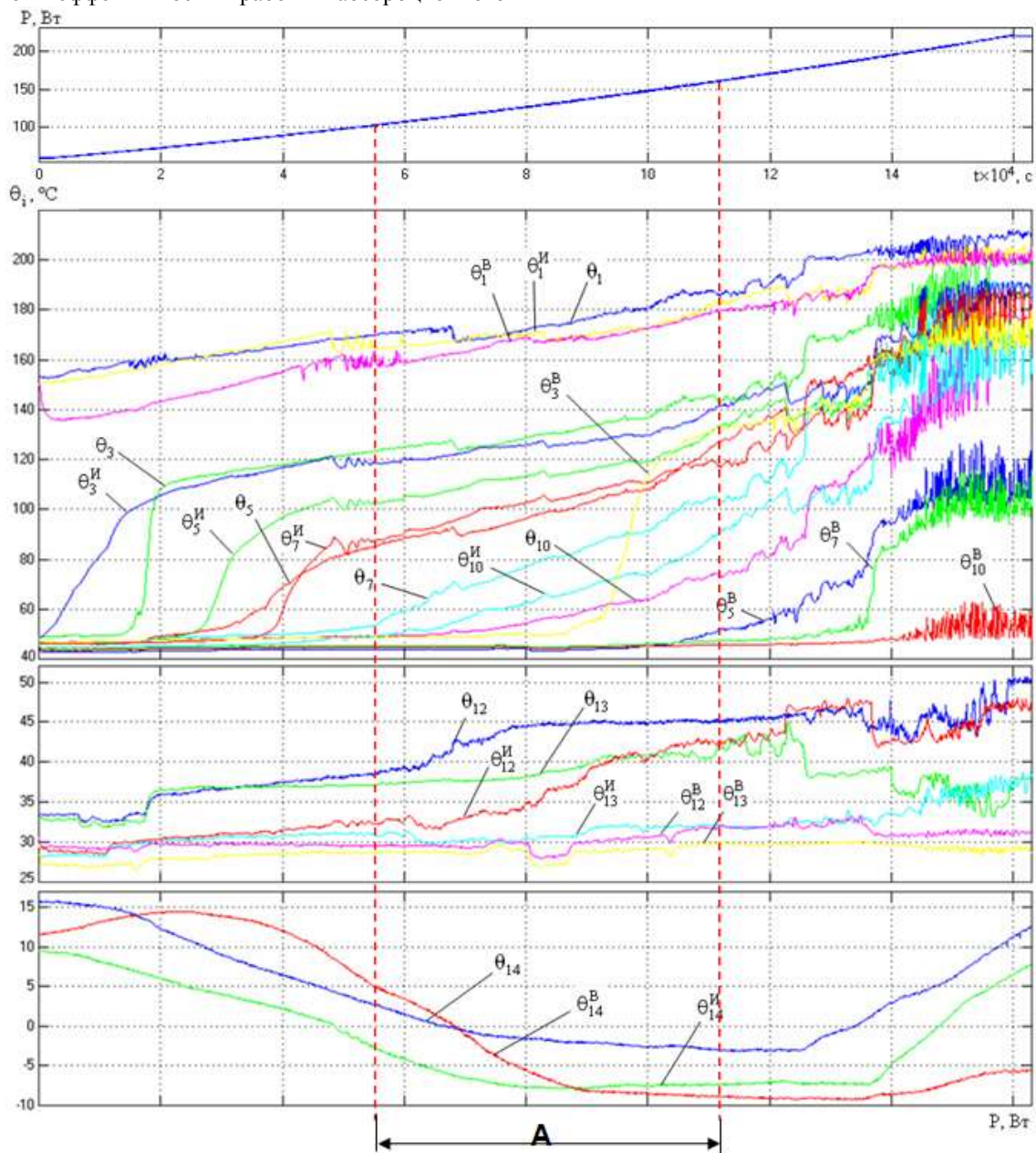
Для вивчення статических властивостей АХП по каналам «підводима до генератора теплова потужність – температура поверхності елементів АХП в контрольних точках», були організовані експерименти, які можна розглядати як отримання

квазистатических характеристик ОУ. Их сущность состоит в изменении с постоянной, заранее выбранной, скоростью значения подводимой к генераторному узлу мощности от 60 Вт до 220 Вт с синхронной регистрацией этих температур. Каждый опыт проводился на протяжении 48 часов (рисунок 4).

В результате таких экспериментов был получен набор квазистатических характеристик АХП по исследуемым каналам при различных условиях теплоотвода с внешней поверхности дефлегматора. Анализ этих характеристик показал, что существует как минимум три основных диапазона тепловой мощности – незапуск генератора, неоптимальной и оптимальной эффективности работы абсорбционного

холодильного цикла [10]. Он также позволил выделить рабочую область тепловых мощностей, перспективную для дальнейших исследований – 110...170 Вт.

Исследования переходных тепловых режимов в дефлегматоре АХА проводились при: 1) запуске АХП в работу на разных тепловых мощностях; 2) изменении тепловой мощности в рабочем диапазоне, выделенном на квазистатических характеристиках; 3) теплоизоляции подъемного участка дефлегматора и значении мощности, равном 70 Вт; 4) принудительном отводе тепла от подъемного участка дефлегматора вентилятором различной мощности 6 Вт и 12 Вт, и значении мощности, равном 150 Вт.



**Рисунок 4** – Сравнение квазистатических характеристик зависимостей температур поверхности элементов АХП в контрольных точках от тепловой мощности, подводимой к генераторному узлу, при различных условиях работы подъемной участка дефлегматора:  $\theta_1$  – с естественным теплоотводом в окружающую среду;  $\theta_1^B$  – при интенсификации теплоотвода с помощью вентилятора;  $\theta_1^И$  – при уменьшении теплоотвода за счет изоляции подъемного участка дефлегматора по всей его длине.

Исследования показали следующее:

1. Чем больше мощность, подводимая к генераторному узлу, тем меньше время переходных процессов. Однако, в то же время, тем больше и значение температуры на поверхности нагревателя, что может привести к началу процесса его активной коррозии, и вдоль подъемного участка дефлегматора, что говорит о перемещении уровня ПЖФ при увеличении мощности ближе к выходу из подъемного участка дефлегматора.

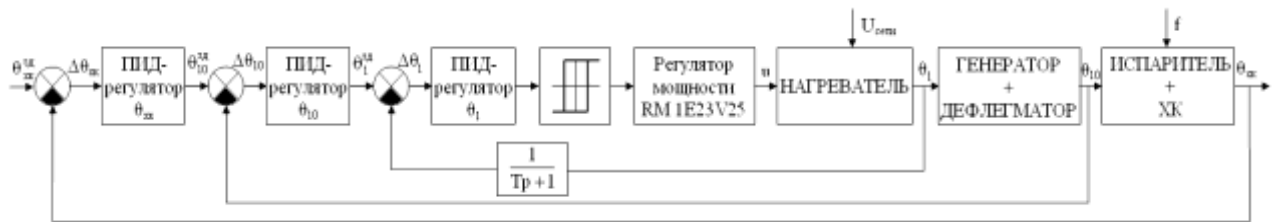
2. Изоляция подъемного участка дефлегматора позволяет при малых значениях тепловой мощности, т.е. в режиме длительного хранения пищевых продуктов в АХП и/или низкой температуре воздуха окружающей среды, повысить эффективность холодильного цикла и, соответственно, холодопроизводительность АХП.

3. Дополнительный принудительный отвод тепла от поверхности дефлегматора позволяет снизить уровни температур на его подъемном участке, что в переходных, в т.ч. пусковых, режимах работы АХП и/или при повышенной температуре воздуха окружающей среды, позволяет не допустить попадания воды в конденсатор и далее в испаритель. Скорость охлаждения подъемного участка дефлегматора зави-

сит от интенсивности отвода тепла от его поверхности.

В соответствии с концепцией были разработаны и реализованы семь вариантов структур САУ АХП: 1) одноконтурная позиционная САУ с идеальным двухпозиционным регулятором (реле) без гистерезиса с позициями управления 0 и 110 Вт, 0 и 220 Вт; 2) одноконтурная позиционная САУ с реальным двухпозиционным регулятором (реле) с гистерезисом  $\pm 2^\circ\text{C}$ , с позициями управления 0 и 110 Вт, 0 и 220 Вт; 3) одноконтурная линейная САУ с ПИД-регулятором; 4) одноконтурная САУ с двухпозиционным ПИД-регулятором и вибрационной линеаризацией релейного элемента; 5) каскадная двухконтурная САУ АХП с вспомогательной САУ температуры на выходе из термосифона; 6) каскадная двухконтурная САУ АХП с вспомогательной САУ температуры на выходе из подъемного участка дефлегматора; 7) каскадная трехконтурная САУ АХП с вспомогательными САУ температуры на выходе из термосифона и температуры на выходе из подъемного участка дефлегматора (рис. 5).

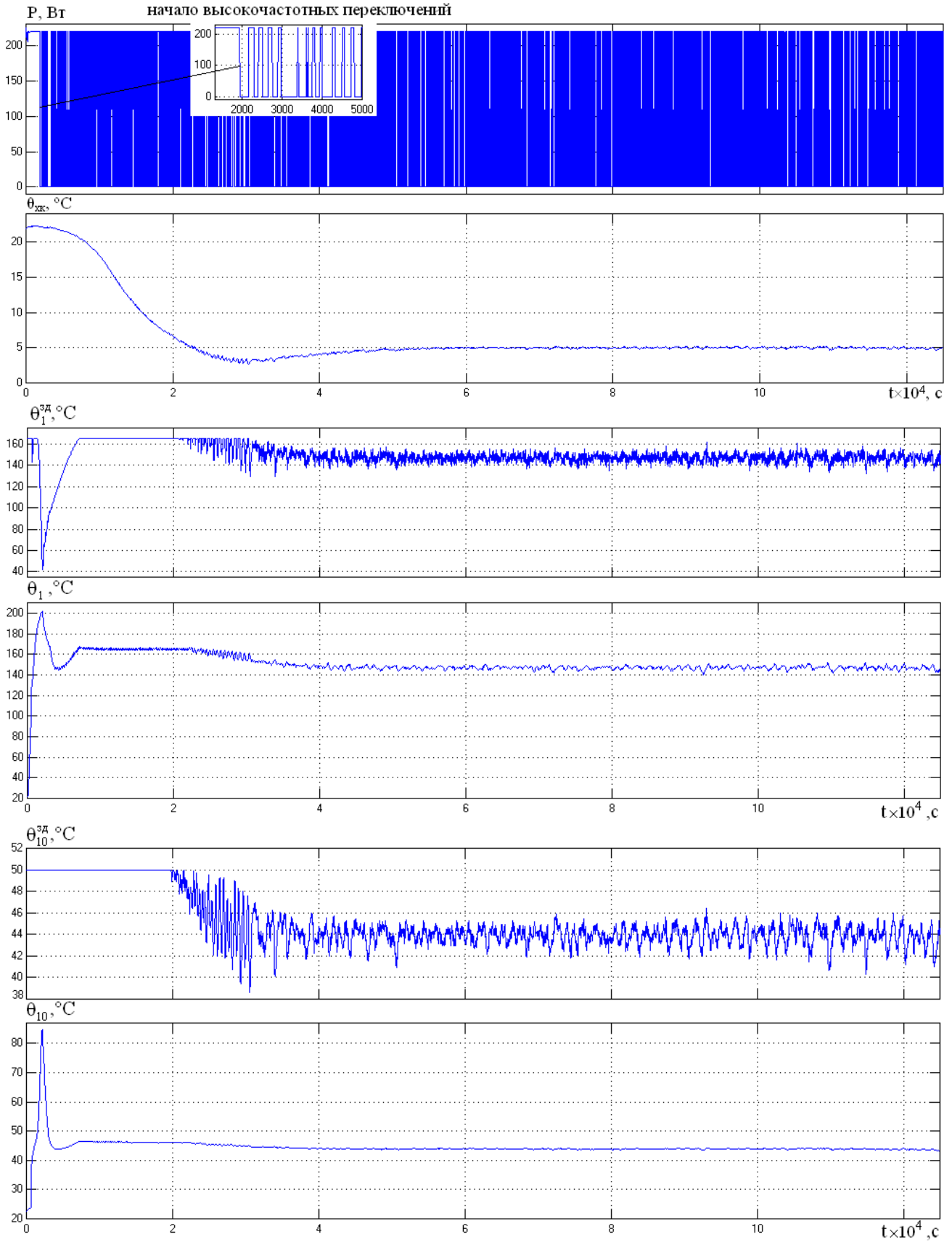
Показатели работы различных вариантов структур САУ АХП в переходных (ПР) и установившихся (УР) режимах приведены в таблице 1.



**Рисунок 5** – Структурная схема трехконтурной САУ АХП с вспомогательными САУ температуры на выходе из термосифона  $\theta_1$  и САУ температуры на выходе из подъемного участка дефлегматора  $\theta_{10}$ , ПИД-регуляторами во всех контурах управления и вибрационной линеаризацией релейного элемента с охватом части объекта

**Таблица 1** – Показатели работы АХП с различными вариантами структур САУ и при различной температуре воздуха окружающей среды

Варианты структур и алгоритмов управления САУ			$\theta_{oc} > 25^\circ\text{C}$							$\theta_{oc} < 25^\circ\text{C}$							
			Параметры $\theta_{хк}, ^\circ\text{C}$		Средние значения, $^\circ\text{C}$			$t_{пр}, \text{ч}$	$Q_{сут.}, \text{кВт/сут}$	Параметры $\theta_{хк}, ^\circ\text{C}$		Средние значения, $^\circ\text{C}$			$t_{пр}, \text{ч}$	$Q_{сут.}, \text{кВт/сут}$	
			$\theta_{м}^{пр}$	$\Delta\theta_{м}^{max}$	$\theta_1^{пр}$	$\theta_{10}^{пр}$	$\theta_{10}^{пр}$			$\theta_{м}^{пр}$	$\Delta\theta_{м}^{max}$	$\theta_1^{пр}$	$\theta_{10}^{пр}$	$\theta_{10}^{пр}$			
Одноконтурная САУ $\theta_{хк}$	двухпозиционная	идеальное реле	0...110 Вт	5,59	1,51	-	-	44,7	-	2,803	5,05	0,60	162,5	45,4	40,4	4,53	1,800
		идеальное реле	0...220 Вт	4,71	1,88	-	-	45,0	-	2,208	4,78	1,00	199,1	119,4	34,1	3,54	1,490
		реальное реле	0...110 Вт	5,37	3,26	170,5	47,4	44,6	7,44	2,349	5,55	3,52	162,3	44,6	33,0	4,77	1,584
		реальное реле	0...220 Вт	5,27	2,52	206,7	147,6	85,7	8,26	2,448	4,98	2,60	196,8	108,3	48,9	3,96	2,016
		вибрационная линеаризация		5,20	0,53	171,1	46,4	43,9	9,37	1,874	5,20	0,56	160,2	43,5	43,7	7,75	1,409
Каскадная Двухконтурная САУ $\theta_{хк}$	вспомогательная САУ $\theta_1$	линейная		5,01	0,48	181,7	59,2	45,0	4,07	2,021	4,95	0,40	180,1	48,3	43,8	2,43	1,782
		вибрационная линеаризация		5,10	0,36	194,2	71,9	44,1	6,17	1,773	5,20	0,47	165,6	45,5	43,8	8,29	1,562
	вспомогательная САУ $\theta_{10}$	линейная		4,78	0,44	197,2	68,3	44,5	5,55	1,977	5,07	0,25	190,9	57,6	43,9	2,58	1,489
		линейная		4,99	0,47	181,6	62,7	43,9	6,58	1,743	4,98	0,23	201,8	84,6	43,7	5,9	1,325



**Рисунок 6** – Результаты работы при умеренной температуре воздуха окружающей среды САУ АХП с вспомогательными САУ  $\theta_1$  и САУ  $\theta_{10}$ , ПИД-регуляторами во всех контурах управления и вибрационной линеаризацией релейного элемента с охватом части объекта

## ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ всех вариантов структур САУ по основным показателям их работы, полученным в ходе экспериментов показал, что применение каскадных структур САУ в составе АХП позволяет значительно улучшить как условия хранения пищевых продуктов за счет стабилизации температурных режимов в их охлаждаемых камерах (максимальное динамическое отклонение температуры в холодильной камере не превышает 0,5°C), так и их энергетические характеристики. Так, трехконтурная САУ позволяет, по сравнению с базовым двухпозиционным алгоритмом, уменьшить суточное энергопотребление на 20...30 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Применение холода в пищевой промышленности: [справ.под ред. Быкова А. В.]. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 272 с.
2. Факторы, влияющие на качество хранения свежих продуктов в бытовых условиях. [Электронный ресурс] / В.В. Пискунов. – Режим доступа к журн.:[http://www.holodilnik.info/articles/kach\\_produkt](http://www.holodilnik.info/articles/kach_produkt)
3. **Титлов А. С.** Современный уровень разработок и производства бытовых абсорбционных холодильных приборов / А. С. Титлов // Холодильный бизнес. — 2007. — № 8. — С. 12—17; № 9. — С. 28—30; № 10. — С. 47—49; № 11. — С. 46—47.
4. **Титлов А. С.** Сравнение характеристик абсорбционной и компрессионной бытовой холодильной техники / А. С. Титлов // Холодильная техника и технология. — 1997. — № 57. — С. 39—41.
5. **Ужанский В. С.** Автоматизация холодильных машин и установок / В. С. Ужанский. — [2-е изд., перераб. и доп.]. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 304 с.

6. **Титлов О. С.** Научно-технические основы створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних приладів / О.С. Титлов, М.Д. Захаров // Наук. праці ОНАХТ. — 2009. — № 35. — Т. 1. — С. 113—127.
7. **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.
8. **Мазур А. В.** Повышение энергетической эффективности абсорбционных холодильных аппаратов средствами гарантирующего управления / А. В. Мазур, В. А. Хобин, А. С. Титлов // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук.пр. — Донецьк : ДонДУЕТ, 2004. — Вип. 11. — С. 106—112.
9. **Хобин В. А.** К вопросу измерения парожидкостного фронта в дефлегматоре абсорбционно-диффузионной холодильной машине (АДХМ) / В. А. Хобин, О. А. Титлова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — Херсон, 2007. — №2(20). — С. 94-102.
10. **Титлова О. А.** Анализ влияния тепловой мощности, подводимой в генераторе абсорбционного холодильного агрегата, на режимы работы и энергетическую эффективность абсорбционного холодильного прибора / О. А. Титлова, А. С. Титлов // Наук.праці ОНАХТ. — Одеса, 2011. — Вип. 39. — Том 1. — С. 148-154.
11. **Титлова О. А.** Автоматизированное рабочее место исследователя тепловых процессов в абсорбционных холодильных приборах / О. А. Титлова, В. А. Хобин // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. — Одесса, 2011. — №5, 6. — С. 60-64.

Отримана в редакції 29.10.2015, прийнята до друку 18.12.2015

**O. A. Titlova**✉

Odessa National Academy of Food Technologies, 112, Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine

✉e-mail: [titlova@ukr.net](mailto:titlova@ukr.net), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4034-7159>

## AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF ABSORPTION REFRIGERATION UNITS

*The general concept of the ACS constructing for increasing the efficiency of the artificial cold production process in the ARU is substantiated. The described ACS provides necessary degree of the ammonia vapor purification from the water in all ARU modes and minimizes heat loss from the dephlegmator surface. The changes of ARU static and dynamic properties during changes the intensity of heat removal from the dephlegmator outer surface to the environment and the values of heat capacity that is supplied to the generator unit were studied. New efficient automatic control systems (ACS) of the artificial cold manufacturing process in the absorption refrigeration units (ARU) are considered. The aim of the development is to increase their energy efficiency and to improve storage conditions. This is achieved by maintaining stable temperature conditions in the refrigerated chambers and by reducing the transition processes' time. Different options of the ARU ACS structures were developed, programmatically implemented and experimentally explored. It is shown that the application of such ACS as a part of ARU allows to achieve the main goal.*

**Key words:** ARU – dephlegmator – energy efficiency – ACS – control object – automated experiment – static and dynamic characteristics.



## REFERENCES

1. Primenenie holoda v pischevoy promyshlennosti: 1979. In Bykov A.V., (Ed.). M.: Pischevaya promyshlennost, 272 p. (in Russian).
2. **Piskunov, V.V.** 2015. Faktoryi, vliyayushchie na kachestvo hraneniya svezhih produktov v bytovyih usloviyah. [Online]. Available at: [http://www.holodilnik.info/articles/kach\\_produkt](http://www.holodilnik.info/articles/kach_produkt) [Accessed 10 September 2015]
3. **Titlov, A. S.** 2007. Holodilnyi biznes, No.8, 12-17; No.9, 28-30; No.10, 47-49; No.11, 46-47. (in Russian)
4. **Titlov, A. S.** 1997. *Refrigeration Engineering and Technology*, No. 57, 39-41.
5. **Uzhanskiy, V. S.** 1982. Avtomatizatsiya holodilnyh mashin i ustanovok. M.: Legkaya i pischevaya prom-st, 304 p. (in Russian).
6. **Titlov, O. S., Zaharov, M. D.** 2009. Naukovotekhnichni osnovy stvorenniya energozberigayuchih pobutovih absorbttsiynih holodilnih priladiv. *Naukovi pratsi ONAHT*, No.35(1), 113-127. (in Ukrainian).
7. **Vasyliv, O. B., Titlov, A. S.** 1999. Poisk energosberegayuschih rezhimov raboty seriynyh absorbttsionnyh holodilnyh apparatov. *Refrigeration Engineering and Technology*, No. 60, 28-37. (in Russian).
8. **Mazur, A. V., Hobin, V. A., Titlov, A. S.** 2004. Povyshenie energeticheskoy effek-tivnosti absorbttsionnyh holodilnyh apparatov sredstvami garantiruyushego upravleniya. Oblasnannya ta tehnologii harchovih vyrobnystv. Donetsk: DonDUET, 11, 106-112. (in Ukrainian)
9. **Hobin, V. A., Titlova O. A.** 2007. K voprosu izmereniya parozhidkostnogo fronta v deflegmatore absorbttsionno-diffuzionnoy holodilnoy mashine (ADHM) / *Avtomatika. Avtomatizatsiya. Elektrotehnicheskie kompleksy i sistemy*, Kherson, No.2(20), 94-102. (in Russian).
10. **Titlova, O. A., Titlov, A. S.** 2011. Analiz vliyaniya teplovoy moschnosti, podvodimoy v generatore absorbttsionnogo kholodilnogo agregata, na rezhimy raboty i energeticheskuyu effektivnost absorbttsionnogo holodilnogo pribora. *Naukovi pratsi ONAHT*, 39(1), 148-154. (in Russian).
11. **Titlova, O. A., Hobin, V. A.** 2011. Avtomatizirovannoe rabochee mesto issledovatelya teplovyh protsessov v absorbttsionnyh kholodilnyh priborah. *Automation technological and business-processes*, No.5-6, 60-64. (in Russian).

---

Received 29 October 2015  
Approved 18 December 2015  
Available in Internet 28.02.2016