

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

АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА  
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



**VI ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2016»  
VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2016»  
VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2016»**

**Конференция баяндамаларының жинағы**

**1-2 наурыз, 2016 ж.**

**Сборник докладов конференции**

**1-2 марта 2016 г.**

**Proceedings of the Conference**

**March 1-2, 2016**

**Алматы, 2016**

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392  
К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией доктора технических наук,  
академика **Кулажанова Т.К.**

**Редакционная коллегия:**

Цой А.П., Бараненко А.В., Кантарбаев Р.А.,  
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2016: Сбор. докл. межд. науч.-техн. конф. (1-2 марта 2016 г.) – Алматы: АТУ, 2016. – 163 с.

ISBN 978-601-263-344-3

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых и специалистов Казахстана, Германии, России, Израиля, Голландии, Японии и Украины по направлениям: теплохладоснабжение, пищевая технология, кондиционирование и экология.

Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях индустрии холода, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также гостиничном бизнесе и спортивных комплексах.

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-344-3

© АТУ, 2016

исследованиях необходимо изучить рН и окислительно-восстановительный потенциал культуральной жидкости исследуемых штаммов.

Таким образом, в результате исследований установлена ферментативная активность коллекционных штаммов молочнокислых бактерий для густых и жидких ржанных заквасок. Полученные данные являются важной характеристикой бродильной активности, которая будет указана в Паспортах молочнокислых бактерий, при включении их во Всемирный каталог коллекций культур микроорганизмов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева О. В. Микробиология хлебопекарного производства /О.В.Афанасьева; С. –Петер. Фил. Гос. НИИ хлебопек. пром-ти (СПб Ф ГосНИИХП). –СПб.: Береста, 2003. – 220с.
2. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий. Под общ.ред. А.П. Косована – М.: Московская типография №2, 2008. – 271с.
3. Каталог культур микроорганизмов «Молочнокислые бактерии и дрожжи для хлебопекарной промышленности» из Коллекции Санкт-Петербургского филиала ГНУ ГОСНИИХП Россельхозакадемии / О.В. Афанасьева, Е.Н. Павловская, Л.И. Кузнецова – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 98с.

УДК 621.575(088.8)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ АБСОРБЦИОННЫМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ КАМЕРАМИ**

*Редунов Г.М., Титлов А.С., д.т.н., Гожелов Д.П.,  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина  
E-mail: redgen@yandex.ru, titlow@mail.ru, gozhelov@mail.ru*

Проблемы перехода на экологически безопасные хладагенты (поиск новых синтетических масел; низкая энергетическая эффективность новых экологически безопасных хладагентов; недостаточный профессиональный уровень разработчиков и обслуживающего персонала) заставляют разработчиков бытовой и торговой холодильной техники обращать внимание на охлаждающие приборы с абсорбционными холодильными агрегатами (АХА). Рабочее тело АХА – водоаммиачный раствор с добавкой инертного газа – водорода, гелия либо их смеси абсолютно экологически безопасно – имеет нулевые значения озоноразрушающего потенциала и потенциала «парникового» эффекта [1]. Вместе с тем производство абсорбционных холодильных аппаратов в различных странах мира составляет 5-10% от общего объема выпуска холодильных приборов, что связано с их повышенным (на 40-60%), по сравнению с аналогичными компрессионными моделями, энергопотреблением [2].

Анализ различных способов повышения энергетической эффективности холодильных аппаратов с АХА [3], показывает, что при современном уровне развития техники и технологий максимальный эффект энергосбережения может быть достигнут при оптимизации их режимов работы при помощи систем автоматического управления [4]. Основными задачами автоматического управления бытовых холодильных аппаратов с АХА является повышение их энергетической эффективности путем поддержания оптимального режима работы. Для рассматриваемых аппаратов критерий оптимальности должен учитывать возможность обеспечения требуемых эксплуатационных режимов при холодильном хранении и обработке продуктов.

Современный уровень развития электронной техники позволяет создавать всевозможные системы управления без каких-либо ограничений по сложности их алгоритмов. В настоящее время в бытовой холодильной технике получают развитие системы «разумного» управления, получившие название «Fuzzy Logic». Такие системы позволяют поддерживать заранее заданную температуру хранения с минимальным отклонением и, одновременно, снизить величину энергопотребления. Так, например, фирма «Electrolux» в новых моделях минибаров (RH340LD, RH341LD, RH355LD) с системами «Fuzzy Logic» добилась снижения энергопотребления, по сравнению с аналогами, до 40%.

В последнее время значительный интерес у пользователей, особенно в сельской местности, вызывают низкотемпературные камеры (НТК) абсорбционного типа (на базе АХА) с высоким термическим сопротивлением ограждающих конструкций - «суперизоляция» (пенополиуретан толщиной 100 мм). В отличие от двухкамерных моделей, в которых жестко регламентировано соотношение температур в камерах, НТК потенциально имеют большие функциональные возможности,

т.к. могут применяться практически во всем диапазоне температур хранения ( $t_K$ ), используемом в быту – от минус 18°C до плюс 12°C, т.е. стать универсальным холодильным прибором.

Реализация таких режимов в НТК с АХА не связана какими-либо принципиальными проблемами и может быть достигнута с помощью известных способов управления.

При выборе оптимального способа управления универсальной НТК с АХА необходимо учитывать следующие моменты.

Как и все холодильные аппараты универсальная НТК должна обеспечивать весь спектр температурных режимов хранения в «жестких» условиях окружающей среды ( $t_{окр}=32$  °С).

Очевидно, что наибольшие проблемы для АХА возникнут при реализации режима (не выше минус 18 °С). Теплоизоляционные покрытия камеры в этом случае должны быть спроектированы с учетом возможностей работы АХА в «жестком» режиме эксплуатации. Очевидно, что в «благоприятных» условиях эксплуатации универсальная НТК будет обладать некоторым «запасом» холодопроизводительности. Это связано со снижением теплопритоков из окружающей среды и улучшением условий реализации холодильного цикла, причем ниже будет  $t_{окр}$  и выше температура

в охлаждаемой камере ( $t_K$ ), тем больше станет величина «запаса» возможностей АХА. В этом случае имеет место тенденция к снижению коэффициента рабочего времени и увеличению длительности нерабочего периода. Это приводит к дополнительному охлаждению транспортных элементов генераторного узла и, соответственно, к увеличению времени запуска, и к дополнительным энергозатратам, причем целесообразность прогрева элементов генераторного узла в нерабочем периоде здесь не очевидна из-за его длительности.

Одним из способов оптимального управления универсальной НТК может стать традиционный режим позиционного регулирования (отключение тепловой нагрузки на генераторном узле АХА в нерабочий период).

Разработка математической модели (ММ) универсальной НТК с АХА, работающих в режиме позиционного управления, включает структурную и параметрическую идентификацию переходных процессов (разгонных кривых). Структурная идентификация состоит в выборе ММ из набора моделей  $\{S_K\}$ ,  $S_K$  – ММ заданной структуры вида:

$$W_{an1}(p) = \frac{K_o e^{-p\tau_o}}{T_o p + 1} \quad (1) \quad ; \quad W_{an2}(p) = \frac{K_o e^{-p\tau_o}}{T_o^2 p^2 + 2T_o p + 1}, \quad (2)$$

где:  $K_o$  – коэффициент усиления объекта, К/Вт;

$T_o$  и  $\tau_o$  – соответственно, постоянные времени и запаздывания, с;

$p = \frac{d}{dt}$  – оператор Лапласа;

$W(p)$  – передаточная функция типового звена ТАУ, описывающего динамику объекта управления.

Экспериментальные кривые разгона обрабатывались по методу наименьших квадратов согласно известной методике [3].

На этапе параметрической идентификации выполнялась оценка параметров  $K_o$ ,  $T_o$  и  $\tau_o$ , характеризующих динамические и статические свойства процессов в АХА.

Точность идентификации оценивалась величиной  $\sigma$  – среднеквадратическим отклонением ошибки

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i^{\exists} - y_i^T}{y_i^{\exists}} \right)^2 \quad (3)$$

где:  $n$  – число экспериментальных точек переходной функции (кривой разгона);

$y_i^{\exists}$ ,  $y_i^T$  – значения экспериментальных и полученных по моделям (1) и (2) данных.

Точность идентификации экспериментальных данных передаточными функциями, приведенными в таблицах 1-4, составила 0,015...0,06 (т. е. 1,5...6 %).

Таблица 1 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА  $t_k = \text{минус } 18^\circ\text{C}$ ,  
 $W = 70 \text{ Вт}$ ,  $t_{окр.} = 31^\circ\text{C}$

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_o$ , К/Вт	$t$ , °C		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин
2	an 2	0,81	105	162	10	0	5	0
5	an 2	0,56	93	132	8	0	6	2
7	an 1	0,69	83	131	14		7	5
3	an 2	1,07	50	125	10	5	6	5
11	an 2	1	45	115	10	5	6	20
8	an 2	0,79	45	100	13	20	3	
10	an 2		46	60	12		12	0
9	an 1	0,17	37	49	10		8	
22	an 2	0,03	-25	-16,5	15	15	10	15
12	an 1	0,114	-26	-18	18	10	13	10
13	an 1	0,086	-23	-18	23	17	18	15
14	an 1	0,086	-21	-15	24	20	20	20
15	an 1	0,21	-7	8	30	30	22	20

Таблица 2 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА  $t_k = \text{минус } 12^\circ\text{C}$   
 $W = 70 \text{ Вт}$ ,  $t_{окр.} = 31^\circ\text{C}$

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_o$ , К/Вт	$t$ , °C		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин
2	an 2	0,89	100	162	7		7	5
5	an 2	0,71	80	130	9		8	7
7	an 2	1	60	130	9		9	10
3	an 2	1,1	45	122	10		8	10
11	an 2	0,96	45	112	12	5	7	5
8	an 2	0,71	45	95	12	30	2	5
10	an 1	0,20	46	52	20	20	13	5
9	an 2	0,17	36	48	4	5	10	5
22	an 2	0,029	-12,5	-10,5	10	12	13	10
12	an 1	0,157	-22	-11	30	10	17	10
13	an 1	0,086	-16	-10	27	20	20	12
14	an 1	0,065	-13	-8,5	30	25	22	15
15	an 1	0,09	10	16	35	40	10	20

Таблица 3 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА  $t_k = \text{минус } 6^\circ\text{C}$   
 $W = 70 \text{ Вт}$ ,  $t_{окр.} = 31^\circ\text{C}$

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_o$ , К/Вт	$t$ , °C		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин
2	an 2	0,86	100	160	4		8	
5	an 2	0,79	80	135	6		8	
7	an 2	0,86	70	130	6		8	
3	an 2	1,07	50	125	8		6	
11	an 2	0,93	50	115	12	10	3	
8	an 2	0,64	50	95	6	30	2	
10	an 2	0,086	47	53	12	10	10	

9	an 2	0,25	32	50	4		12	
22	an 2	0,03	-7	-5	6	20	6	15
12	an 1	0,17	-17	-5	16	5	16	5
13	an 2	0,071	-10	-5	8	15	12	5
14	an 2	0,043	-7	-4	10	16	12	5
15	an 2	0,03	16,5	18,5	4		7	

Таблица 4 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА  $t_k =$  плюс  $12^\circ\text{C}$ ,  $W = 70$  Вт,  $t_{окр.} = 31^\circ\text{C}$

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_o$ , К/Вт	$t$ , $^\circ\text{C}$		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин	$T_o$ , мин	$\tau_o$ , мин
2	an 2	1,43	60	160	10		20	
5	an 1	1,14	50	130	17		16	
7	an 2	1,14	50	130	10		14	
3	an 2	1	50	120	4	20	2	2
11	an 2	0,79	50	105	6		2	
8	an 2	0,25	35	52,5	5		10	
10	an 2	0,29	30	50	3	15	10	
9	an 2	0,32	27,5	50	4	12	14	
22	an 2	0,0286	11	13	8	20	16	15
12	an 1	0,214	-2,5	12,5	8	15	12	
13	an 2	0,071	8	13	9	15	18	5
14	an 2	0,057	10	14	15	15	20	10
15	an 2	0,057	21	25	17	15	20	10

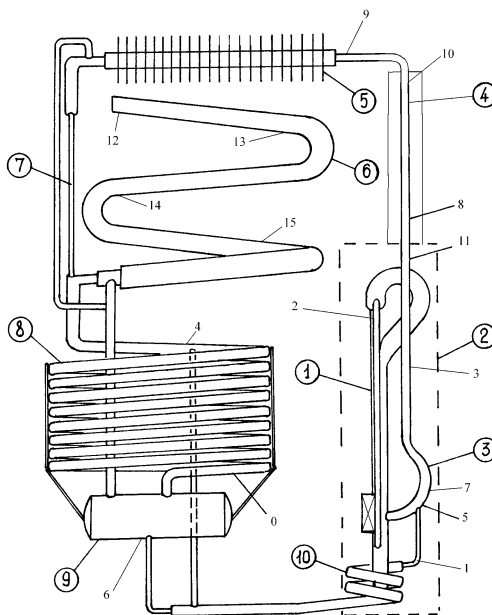


Рисунок 1 - Схема установки термодпар на элементах АХА универсальной НТК

1 – термосифон; 2 – теплоизоляционный кожух генераторного узла; 3 – ректификатор; 4 – дефлегматор; 5 – конденсатор; 6 – испаритель; 7 – канал подачи жидкого аммиака на испаритель; 8 – абсорбер; 9 – бачок абсорбера; 10 – жидкостный теплообменник.

#### Выводы

1. Задача минимизации энергозатрат при эксплуатации универсальной НТК с АХА решается с помощью электронных систем управления (ЭСУ), адекватно и эффективно реагирующих на изменение эксплуатационных параметров (температуры окружающей среды и поступающих продуктов, степени загрузки холодильной камеры, условий охлаждения теплорассеивающих элементов).

2. Расчетное снижение энергозатрат при использовании ЭСУ в НТК с АХА составит от 12 до 36% (в зависимости от режима низкотемпературного хранения и условий эксплуатации).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титлов А.С. Сравнение характеристик абсорбционной и компрессионной бытовой холодильной техники // Холодильная техника и технология. – 1997. – № 57. – С.39-41.
2. Титлов А.С. Современный уровень разработок и производства бытовых абсорбционных холодильных приборов // Холодильный бизнес. – 2007. – № 8. – С. 12-17; № 9. – С. 28-30; № 10. – С. 47-49; № 11. – С. 46-47.
3. Захаров Н.Д., Тюхай Д.С., Титлов А.С., Васылив О.Б., Халайджи В.Н. Проблемы энергосбережения в бытовой абсорбционной холодильной технике // Холодильная техника и технология. – 1999. – № 62. – С. 108-119.
4. Титлова О. А. Технологический процесс производства искусственного холода в абсорбционных холодильных приборах и задачи повышения его энергетической эффективности средствами автоматического управления // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2011. – Том 2. – Вип. 40 – С. 406-412.
5. Деклараци́нный патент № 59674А МПК<sup>7</sup> F 25 В 15/10. Морозильник / О.С. Тітлов, О.Б. Василів, М.Д. Захаров, С.М. Кудашев (Україна). – №2002119067; заявл. 14.11.02; опубл. 15.09.03, Бюл. № 9.
6. Дьяконов В.П. Справочник по применению системы EUREKA. – М.: Физмат, 1993. – 96 с.

УДК 641.528.6

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

*Потапов В.А., Семенюк Д.П.*

*Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков, Украина  
E-mail: potapov@bigmir.net, dmitriy.semeniuk@gmail.com.*

Как известно, классическим уравнением, которым пользуются при расчете продолжительности процесса замораживания, служит формула Планка с принятием определенных допущений.

Существуют варианты формулы Планка для тел правильной формы [1-3]. В работе [4] были высказаны предположения, которые утверждают, что теоретически обоснованным путем для расчета продолжительности процесса охлаждения и замораживания является прямое решение трехмерной нестационарной краевой задачи теплопроводности. В основу формулы Планка положены следующие допущения: распределение температур по объему тела в процессе замораживания остается постоянным (квазистационарное приближение) и одноизмеримым, теплофизические характеристики тела остаются постоянными, перед началом замораживания тело охлаждено до криоскопической температуры, фронт замораживания перемещается симметрично от поверхности тела к его центру, выполняются предельные условия третьего рода на поверхности тела [5].

В работе [6] авторами была предложена модель замораживания в случае несимметричных предельных условий, которая имеет место в плиточных морозильных аппаратах при контактном замораживании.

Тем не менее, в существующих формулах не учитывается влияние подведения теплоты от центральной зоны продукта, которая при замораживании чаще всего имеет температуру выше криоскопической. При этом, чем интенсивнее проходит процесс охлаждения в аппарате, тем больший градиент температур по объему тела и больший дополнительный теплоподвод от центральных зон продукта. В этих условиях рассчитанная продолжительность замораживания за формулой Планка есть меньше, чем экспериментальная. Это приводит к преждевременному завершению процесса холодильной обработки продукта, а следовательно ухудшению его качества при дальнейшем хранении.

Цель и задача статьи заключается в получении нового приближенного метода решения задачи динамики нестационарного теплообмена и замораживание для тел произвольной формы при учете теплоподвода от центральной части тела, которая имеет температуру выше, чем криоскопическая.

Рассмотрим тело произвольной формы, которое охлаждается с внутренним источником теплоты. Внутренний источник теплоты действует на границе между замороженной и незамороженной частями тела при условиях симметричного теплообмена с предельным условием третьего рода (рис. 1).