

**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**



**VII ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2017»**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2017»**

**VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2017»**

**Конференция баяндамаларының жинағы
15-16 наурыз, 2017 ж.**

**Сборник докладов конференции
15-16 марта 2017 г.**

**Proceedings of the Conference
March 15-16, 2017**

Алматы, 2017

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 2017: Сб. докл. межд.науч.-техн. конф. (15-16 марта
2017 г.) – Алматы: АТУ, 2017. – 285 с.

ISBN 978-601-263-389-4

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в Казахстане, Германии, России, Японии и Украине по следующим направлениям: холодильная техника и компрессоростроение, теплохладоснабжение, системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения, экология в холодильной промышленности, холодильная и пищевая технология. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также на специалистов по системам кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

ISBN 978-601-263-389-4

© АТУ, 2017

Реже в домашнем хозяйстве готовят сухое мясо из говядины. Тепловой режим сушки составляет 60...80 °С, а продолжительность процесса определяется достижением влажности продукта не более 10 %. Кроме того, возможно приготовление специфических кулинарных изделий из мяса в тепловой камере. Например, мясной фарш с солью и специями укладывают в формы и запекают при температуре 70...72 °С. Запеченные изделия имеют нежную, эластичную консистенцию, сочную – у мясных хлебов и мазеобразную – у паштетов. Практически повсеместно наблюдается заготовка в домашних условиях лекарственных растений, которые сразу же, после их заготовления, необходимо высушить. Растения, которые содержат эфирные масла, сушат при температуре не выше 25...30 °С, те растения, которые содержат алкалоиды и гликозиды, – при 50...60 °С. Для сушки сочных плодов используют более высокие температуры, порядка 70...80 °С, а корни сушат при 40...50 °С. Наибольшее распространение получила заготовка плодов шиповника, боярышника, ромашки аптечной, зверобоя, тысячелистника, душицы, календулы и других трав.

Не исключено также использование ТК для размягчения масла и маргарина при замесе теста разных видов (33...35 °С), подсушивания семечек, сушки дрожжей, подсушивания круп для удаления жучка, запаривания настоев трав и пр.

Оригинальное решение по применению ТК в домашнем хозяйстве представляет использование ее в качестве инкубатора для выведения цыплят.

Для расширения диапазона температур в ТК в сторону увеличения можно применять дополнительные источники энергии.

1. Представленный анализ показал, что в ТК бытового абсорбционного холодильного прибора могут быть использованы технологии, которые достаточно давно применяются в домашнем хозяйстве в различных регионах планеты.

2. Для эффективного использования технологий тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сырья следует провести их систематизацию и прилагать к каждому изделию в виде инструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тітлов О.С. Науково-технічні основи створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних приладів [Текст] / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 113-127.

2. Тележенко Л.М. Розробка нового типу побутових комбінованих приладів [Текст] / Л.М. Тележенко, О.С. Тітлов, С.В. Вольневич, Ю.О. Козонова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 22-25.

3. Декларацийний патент № 47866А Україна, МПК⁷ F 25 D 11/02. Комбінований абсорбційний холодильник / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров, О.Б. Василів, С.В. Вольневич (Україна). – №2001106933; заявл. 11.10.01; опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.

4. Декларацийний патент № 47751А Україна, МПК⁷ F 25 B 15/10. Комбінований абсорбційний холодильник / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров, О.Б. Василів, С.В. Вольневич (Україна). – №2001096073; заявл. 04.09.2001; опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.

5. Флауменбаум Б. Л. Основы консервирования пищевых продуктов [Текст] / Б. Л. Флауменбаум. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 272 с.

6. Тылкин Б. Б. Товароведение пищевых продуктов [Текст] / Б. Б. Тылкин. – М. : Экономика, 1980. – 432 с.

7. Назаров М. И. Общая технология пищевых продуктов [Текст] / М. И. Назаров, А. С. Гинзбург, С. М. Гребенюк. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 360 с.

УДК 641.539 : 621.574.013-932.2

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОВЫХ КАМЕР В СОСТАВЕ БЫТОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ АБСОРБЦИОННОГО ТИПА

*Титлов А.С., д-р техн. наук., Приймак В.Г., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина
E-mail: titlow@mail.ru, vlad.priymak.88@mail.ru*

Перспективным направлением в энергосбережении является создание бытовых приборов, объединяющих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов,

полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья [1]. В таких аппаратах кроме традиционной холодильной камеры имеется и дополнительная тепловая камера (ТК).

Использование НК возможно для [2]: сохранения и поддержания температуры на определенном уровне (термостатирование); подогрева продукта до заданной температуры; различных видов технологической обработки, в результате которой может быть получен новый продукт (сушка, вяление, брожение и др.).

Анализ технологий, использующих термическую обработку продуктов, полуфабрикатов и сырья, показал [2], что для реализации в быту подавляющего их числа достаточен температурный уровень 50...70 °С.

Показано также [2], что таким температурным потенциалом обладают теплорассеивающие элементы генераторного узла абсорбционного холодильного агрегата (АХА) – опускной и подъемный участки дефлегматора и ректификатор.

Разработаны различные схемы аппаратов с ТК, отличающиеся [3]:

- а) способом передачи тепла (непосредственный контакт дефлегматора и ТК, использование промежуточных теплопередающих устройств, в том числе и с эффектом «осмоса»);
- б) расположением ТК (сверху холодильного шкафа и в нижней части);
- в) конструктивным исполнением ТК (одно- или двухкамерная конструкция);
- г) источником бросового тепла и, соответственно, температурным уровнем (конденсатор, дефлегматор).

Наиболее простой в конструктивном исполнении является схема с промежуточным теплопередающим устройством (ТПУ), которая предполагает минимум изменений в составе АХА. В настоящее время разработаны два типа комбинированных бытовых аппаратов - с воздушной ТК и жидкостной ТК [4]. Опытные конструкции были изготовлены на Васильковском заводе холодильников на базе серийного модели «Кристалл – 408» АШ-150 .

Несмотря на то, что испытания опытных конструкций комбинированных аппаратов показали их работоспособность [5], разработка новых моделей невозможна без математического моделирования тепловых режимов в нестационарных режимах (переходных и позиционных). Известный подход к моделированию тепловых режимов ТК [6] позволяет получать распределение температурных полей элементов конструкции ТК, однако достаточно сложен для определения непосредственно самой толщины теплоизоляции.

Объекты и методы исследования – тепловые камеры бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, методы – инженерные расчеты толщины теплоизоляции камер тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сырья.

Инженерная методика расчета.

В основе инженерного расчета лежат следующие положения:

- а) во-первых, как уже было отмечено выше, для реализации большинства технологий термической обработки продуктов в быту температура в ТК ($t_{НК}$) должна достигать 70 °С;
- б) во-вторых, в отличие от камер охлаждения, "жесткими" или неблагоприятными условиями работы ТК будут низкие температуры окружающей среды, поэтому при моделировании целесообразно иметь некоторый запас по термическому сопротивлению ограждающих конструкций, например, ориентироваться на температуры окружающей среды $t_{o.c} \leq 20$ °С;
- в) в-третьих, выбор толщины теплоизоляции ТК не может быть проведен с использованием стоимостных эксплуатационных показателей, так как ее функционирование обеспечивается за счет утилизации бросового тепла цикла АХА либо отходящих газов горелочных устройств.

Оправданным в этом случае представляется следующий подход.

Так как во многих случаях ТК включается в состав холодильного шкафа, их глубина и ширина регламентируются соответствующими габаритами шкафа. Задаваясь полезным объемом ТК ($V_{ТК}$), с учетом располагаемой тепловой мощности дефлегматора АХА ($Q_{ДФ} = Q_{ТК}$), можно получить толщину теплоизоляции стенок ТК, решая итерационным способом уравнение теплопередачи:

$$Q_{ТК} = (t_{ТК} - t_{o.c.}) \sum_{i=1}^6 \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1(i)} F_{н(i)}} + \frac{\delta_{из(i)}}{\lambda_{из} F_{сп(i)}} + \frac{1}{\alpha_{2(i)} F_{вн(i)}}}, \quad (1)$$

где: $\alpha_{1(i)}, \alpha_{2(i)}$ – коэффициенты теплообмена на наружной и внутренней поверхности i – той стенки ТК, соответственно, Вт/м²·К;

$F_{н(i)}, F_{ср(i)}, F_{вн(i)}$ – площадь наружной поверхности, среднего сечения и внутренней поверхности i – той стенки ТК, м²;

$\delta_{из(i)}$ – толщина теплоизоляции i – той стенки ТК, м.

По найденным значениям $\delta_{из(i)}$ и $V_{ТК}$ определяется высота ТК.

При раздельном исполнении ТК и холодильного шкафа, когда ограничение по глубине и ширине отсутствуют, представляется целесообразным из соображений дизайна также придерживаться размеров холодильного шкафа.

С учетом численного значения коэффициента рабочего времени (КРВ) АХА располагаемая и действительная тепловые мощности дефлегматора соотносятся как:

$$Q_{НК}^p = \frac{Q_{НК}}{КРВ} \quad (2)$$

При работе АХА в позиционном режиме с периодическим включением-отключением тепловой нагрузки в генераторе АХА представляется целесообразным использование плавящихся теплоаккумулирующих материалов, которые в нерабочем состоянии АХА способны обеспечить стабилизацию тепловых режимов в полезном объеме ТК.

Для работы на уровне температур 70 °С наиболее предпочтительными аккумуляторами тепла являются н-парафины с числом атомов углерода 28...31, при этом теплота плавления составляет 165 кДж/кг [7].

Расчет толщины тепловой изоляции ограждающих конструкций ТК был проведен с тепловой нагрузкой на подъемном участке дефлегматора 19...22 Вт, т.е. при работе типичного абсорбционного однокамерного холодильника с НТО типа «Кристалл-408» АШ-150 в номинальном режиме.

Толщины теплоизоляции боковых стенок, дна и крышки определены в результате расчета нестационарных температурных полей на основе известной математической модели [6], при этом учитывались (рис.1):

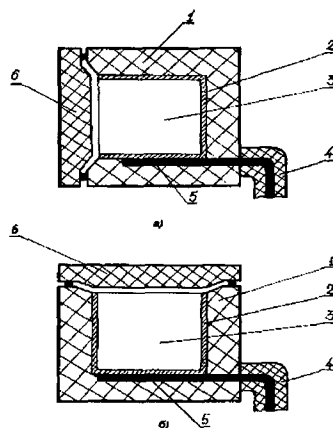


Рисунок 1 – Варианты тепловой связи ТК с промежуточным ТПУ: а) камера воздушного типа; б) емкость для жидкости; 1 – теплоизолированные покрытия; 2 – внутренний металлический корпус; 3 – полезный объем тепловой камеры; 4 – теплоизоляция транспортной зоны промежуточного ТПУ; 5 – конденсационный участок промежуточного ТПУ; 6 – крышка (дверь) ТК

а) ориентация стенок ТК и ее тепловая связь с низкотемпературным отделением (НТО);

б) конструктивные особенности ТК (камера воздушного типа выполнена в виде шкафа, а емкость для жидкости – в виде ларя);

в) КРВ серийного абсорбционного однокамерного холодильника с НТО типа «Кристалл-408» АШ-150.

Для создания запаса расчет проведен при температуре воздуха окружающей среды $t_{о.с} = 20$ °С и значении КРВ = 0,55.

Результатом расчета стали численные значения толщины теплоизоляции, которые позволяют поддерживать температуру в заданном объеме ТК, равную 70 °С, при этом задана и тепловая нагрузка подъемного участка дефлегматора АХА.

Результаты расчета представлены в виде номограмм (рис. 2 и 3) для ТК воздушного типа, как имеющих наибольшие перспективы применения по сравнению с жидкостными.

Рассмотрено два варианта теплоизоляции – ППУ (рис. 2) и стекловолокно (рис. 3).

В номограммах зафиксирована наружная ширина (0,57 м) и глубина (0,54 м) ТК, в соответствии с размерами холодильного шкафа модели «Кристалл-408» АШ-150.

Как показали расчеты для ТК, выполненной в виде емкости для жидкости, толщину тепловой изоляции, полученную при помощи номограмм, следует увеличить в среднем на 5 %.

При выборе типа теплоизоляции необходимо принимать во внимание следующие факторы:

- а) наличие на рынке определенного типа тепловой изоляции и ее стоимость;
- б) значение полезного объема ТК;
- в) габаритные размеры, в первую очередь, высоту ТК.

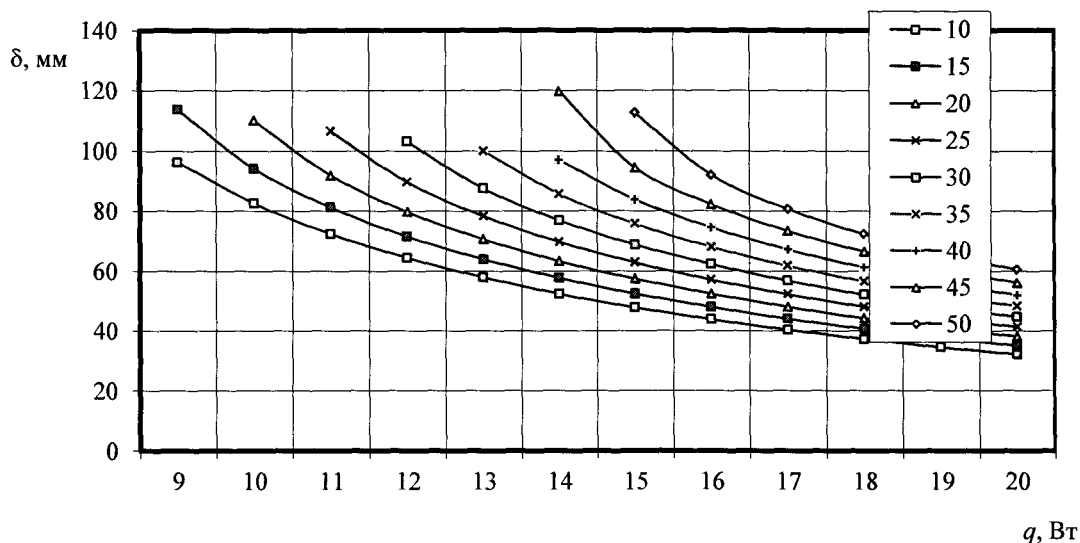


Рисунок 2 – Зависимость для определения толщины тепловой изоляции ограждающих конструкций ТК по тепловой нагрузке подъемного участка дефлегматора (9...20 Вт) и значению полезного объема ТК (10... 50 дм³). Материал тепловой изоляции – ППУ.

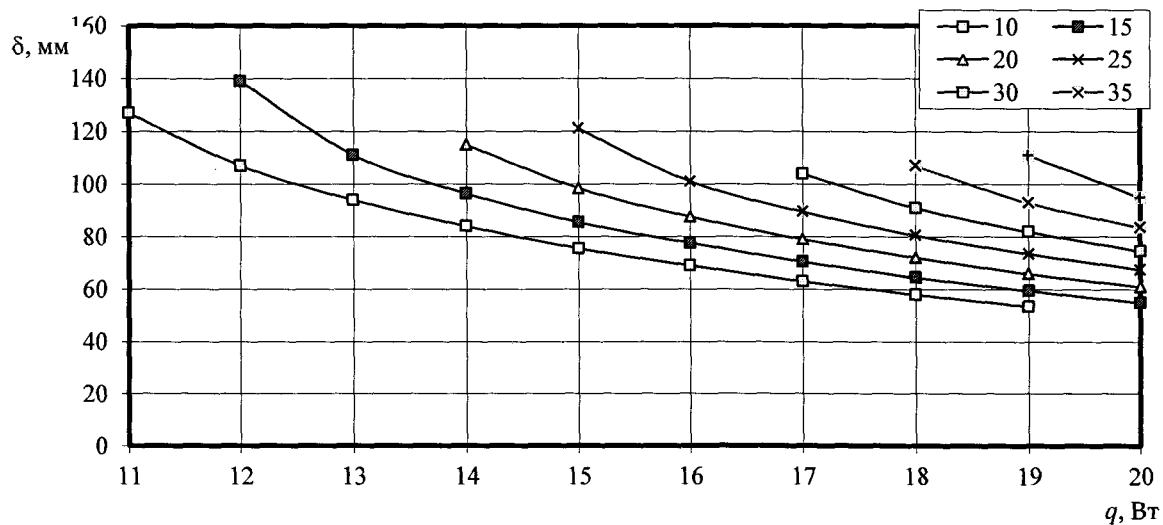


Рисунок 3 – Зависимость для определения толщины тепловой изоляции ограждающих конструкций ТК по тепловой нагрузке подъемного участка дефлегматора (11...20 Вт) и значению полезного объема ТК (10... 40 дм³). Материал тепловой изоляции – стекловолокно.

В результате проведенного анализа с помощью инженерной методики тепловых режимов холодильных приборов абсорбционного типа было отмечено заметное взаимное тепловое влияние ТК

и НТО, что неблагоприятно сказывается как на температурные режимы ТК и НТО, так и на энергопотребление в целом.

Для максимального устранения такого взаимного теплового влияния была разработана конструкция бытового комбинированного прибора абсорбционного типа с отдельно расположенными камерами (рис. 4). Кроме решения температурно-энергетических проблем предложенная конструкция позволяет выполнять относительно свободную компоновку бытового комбинированного прибора в рабочем пространстве помещения (кухни).

Тепловая связь между ТК и подъемным участком дефлегматора в предложенном техническом решении осуществляется при помощи гибких термосифонов, причем термосифоны могут быть как двухфазные, так и однофазные. Обязательным условием будет установка теплоизоляционного кожуха на транспортной зоне между дефлегматором и тепловоспринимающими поверхностями ТК, а для однофазных термосифонов необходимо предусмотреть возвратную магистраль.

Система теплопередачи на основе гибких термосифонов проста в изготовлении и может быть установлена непосредственно в месте расположения бытового комбинированного прибора. Теплоноситель однофазного термосифона – вода.

Подъемная магистраль однофазного термосифона может быть непосредственно связана с объемом ТК, выполненной в виде жидкостной емкости.

В этом случае нагреваемая жидкость будет циркулировать между дефлегматором и ТК в режиме естественной конвекции, т.е. будет организован своеобразный циркуляционный контур.

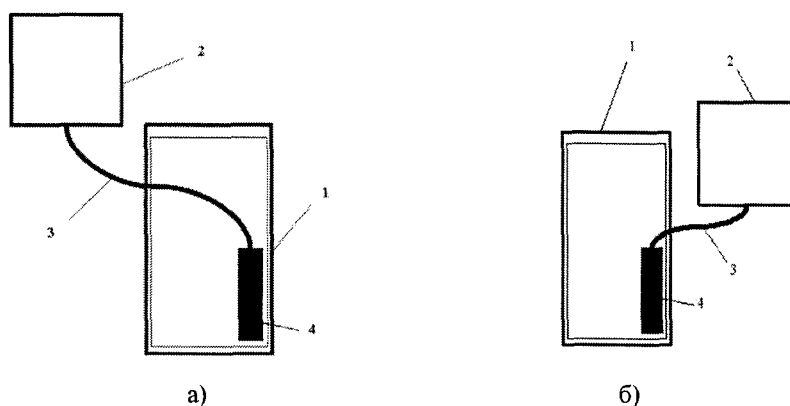


Рисунок 4 – Варианты выполнения бытового комбинированного прибора абсорбционного типа с произвольным расположением ТК: а) ТК находится на уровне или выше холодильной камеры (ХК); б) ТК находится ниже ХК 1 – корпус ХК; 2 – ТК; 3 – промежуточное гибкое теплопередающее устройство; 4 – генераторный узел АХА.

В этой схеме отсутствуют промежуточные теплопередающие устройства и термическое сопротивление между источником тепловой нагрузки и объектом воздействия (жидкостью) минимально.

Следует отметить, что внутреннее термическое сопротивление термосифонов, в том числе и однофазных незначительно, по сравнению с контактными термическими сопротивлениями в зонах отвода и подвода тепла. Поэтому вывод из тепловой схемы контактных термических сопротивлений вносит определяющий вклад в интенсификацию теплопередачи.

Перспективной с точки зрения использования бросового тепла представляется и схема комбинированного бытового аппарата абсорбционного типа, в которой в качестве источника тепловой нагрузки генератора АХА используется горелочное устройство, а вытяжной канал отходящих газов, имеющих температуру 350...450 °С, связан с тепловоспринимающими поверхностями ТК (рис. 5).

Задняя стенка 9 внутреннего корпуса ТК 1 имеет наружное оребрение 7 в виде вертикальных ребер. Отходящие газы из генераторного узла 4 по теплоизолированному каналу 5 поступают в кожух 6, установленный на задней стенке ТК 1, а затем выходят в вентиляционную систему по каналу 8.

Как показали оценочные расчеты, тепловой поток к ТК от отходящих газов может составить от 60 до 90 Вт, что превышает возможности способа использования бросового тепла цикла АХА.

Недостаток схемы с использованием тепла отходящих газов связан с необходимостью частой очистки тепловоспринимающих поверхностей ТК от образующейся в процессе эксплуатации сажи.

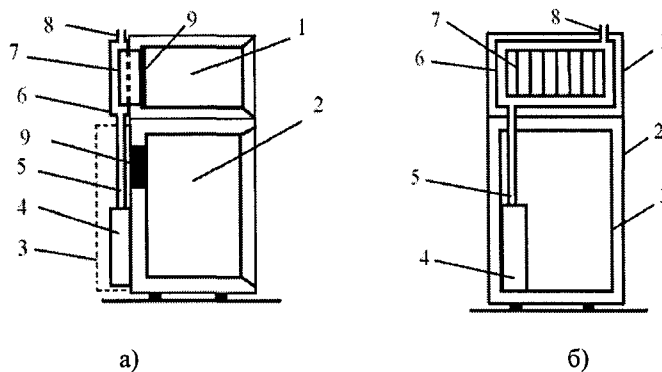


Рисунок 5 – Конструкция бытового комбинированного прибора абсорбционного типа с горелочным устройством: а) вид сбоку; б) вид сзади.
 1 – ТК; 2 – ХК; 3 – АХА на задней стенке холодильного шкафа; 4 – генераторный узел АХА; 5 – вытяжной канал отходящих газов; 6 – кожух ТК; 7 – оребрение; 8 – вентиляционная система; 9 – задняя стенка ТК.

1. Перспективным направлением энергосбережения в бытовой технике может стать разработка приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких бытовых комбинированных приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится сразу в окружающую среду, а передается в специальную ТК, при этом в объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет расширения функциональных возможностей бытовых приборов без привлечения дополнительных энергозатрат.

2. Для реализации в быту подавляющего числа пищевых технологий достаточным является диапазон температур 50...70 °С. В современной бытовой холодильной технике такой диапазон температур могут обеспечить только АХА, при этом в качестве источника тепловой нагрузки дополнительной ТК следует использовать подъемный участок дефлегматора.

3. Представленные материалы разработки являются развитием известных подходов к математическому моделированию таких объектов в части простоты и результативности. Так, результаты инженерного расчета толщины теплоизоляции ТК приведены в виде номограмм, по которым в зависимости от тепловой нагрузки подъемного участка дефлегматора АХА и объема ТК можно найти толщину теплоизоляции, выполненной из стекловолокна или ППУ.

4. На основе анализа инженерной методики расчета были предложены энергосберегающие конструкции комбинированных бытовых приборов с широкими компоновочными возможностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышев В.Ф. Новые конструкции АБХ [Текст] / В.Ф. Чернышев, Н.Ф. Хоменко, А.С. Титлов, С.В. Вольневич // Холодильная техника. – 1991. – № 12. – С.12-13.
2. Тележенко Л.М. Розробка нового типу побутових комбінованих приладів [Текст] / Л.М. Тележенко, О.С. Тітлов, С.В. Вольневич, Ю.О. Козонова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 22-25.
3. Титлов А.С. Аппараты для комбинированной термической обработки пищевых продуктов [Текст] / А.С. Титлов // Аграрная наука. – 1997. – № 5. – С.42-43.
4. Тітлов О.С. Науково-технічні основи створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних приладів [Текст] / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 113-127.
5. Титлов А.С. Разработка новых конструкций бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки [Текст] / А.С. Титлов, С.В. Вольневич, Ю.А. Козонова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2013. – Т.1. – Вип. 44. – С.231-241.
6. Васылив О.Б. Моделирование тепловых режимов нагревательных камер комбинированных бытовых аппаратов абсорбционного типа [Текст] / О.Б. Васылив, А.С. Титлов, А.А. Оргиян // Холодильная техника и технология. – 2003. – № 2. – С. 13-18.
7. Данилин В.Н. Физическая химия тепловых аккумуляторов [Текст] / В.Н. Данилин. – Краснодар: Изд-во Краснодар. политех. ин-та, 1981. – 90 с.