

УДК 621.565.9
Т 45

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЫТОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ АБСОРБЦИОННОГО ТИПА, СОВМЕЩАЮЩИХ ФУНКЦИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

А. С. Титлов, д-р техн. наук, проф.;
С. В. Волневич, науч. сотр.;
Ю. А. Козонова, канд. техн. наук, доц.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Аннотация. Разработаны различные схемы бытовых холодильных приборов с дополнительной тепловой камерой.
Ключевые слова: бытовая техника, энергосбережение, абсорбционный холодильный прибор и агрегат, дополнительная тепловая камера.

Анотація. Розроблено різні схеми побутових холодильних приладів з додатковою тепловою камерою.
Ключові слова: побутова техніка, енергозбереження, абсорбційний холодильний прилад та агрегат, додаткова теплова камера.

Abstract. The various schemes of household refrigerating appliances with the additional thermal camera have been developed.

Keywords: household appliances, energy saving, absorption refrigeration unit and aggregate, additional thermal camera.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Бытовые абсорбционные холодильные приборы (АХП) пользуются популярностью у потребителей благодаря широкому диапазону рабочих температур: от $-24...-18$ до 12 °С, что позволяет осуществлять длительное хранение разнообразных пищевых продуктов. Рабочее тело абсорбционного холодильного агрегата (АХА), входящего в состав АХП, – водоаммиачный раствор с добавкой инертного газа (водорода) – является экологически безопасным, т. е. имеет нулевые значения озоноразрушающего потенциала и потенциала «парникового» эффекта [1].

Отметим, что АХП имеют ряд уникальных качеств: бесшумность, высокую надежность и длительный ресурс работы, отсутствие вибрации, магнитных и электрических полей при эксплуатации, возможность использования в одном аппарате нескольких различных источников энергии – как электрических, так и неэлектрических, и возможность работы с некачественными источниками электрической энергии при напряжении в сети до 160 В [2].

Вместе с тем АХП имеют повышенное по сравнению с аналогичными компрессионными моделями энергопотребление [3].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ тепловых режимов элементов АХА показал [4], что перспективным направлением в энергосбережении может стать разработка бытовых приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфа-

брикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких комбинированных бытовых приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится в окружающую среду, а направляется в специальную тепловую камеру (ТК). В объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет того, что температурные режимы в ТК поддерживаются без дополнительных энергозатрат.

На предварительном этапе разработки бытовых комбинированных приборов был проведен анализ технологий, использующих термическую обработку продуктов, полуфабрикатов и сырья. Показано, что для реализации в быту подавляющего числа пищевых технологий достаточным является диапазон температур $50...70$ °С [5].

В современной бытовой холодильной технике такой диапазон температур отвода тепла холодильного цикла может быть получен только в АХА [4]. Анализ температурных полей теплорассеивающих элементов АХА показал, что необходимым температурным потенциалом (более 70 °С) обладают опускной и подъемный участки дефлегматора и ректификатор. В опускном участке дефлегматора и в ректификаторе проходит паровой поток водоаммиачной смеси, который используется для предварительного подогрева потока крепкого ВАР на входе генератора, поэтому отбор тепла в этих зонах влияет на эффективность цикла АХА. Таким образом, проводить отбор тепла на необходимом для работы ТК температурном уровне следует только с полностью теплоизолированного подъемного участка дефлегматора АХА.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – разработка конструкций бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа и проведение их экспериментальных исследований.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Анализ возможных вариантов применения технологических процессов в бытовом комбинированном приборе [5] показал целесообразность разработки двух основных типов ТК – воздушного типа и в виде емкости для жидкости. В последнем случае ТК могут использоваться для подогрева воды на хозяйственные нужды и для тепловой обработки пищевых жидкостей (пищевых растворов, молока, соков, браги и т. д.) [4].

Разработаны различные конструкции бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, отличающиеся:

а) способом передачи тепла от элементов АХА к ТК (непосредственный контакт дефлегматора и ТК [6], использование промежуточных теплопередающих устройств [6, 7], в том числе и с эффектом «осмоса» [7]);

б) расположением ТК в составе комбинированного бытового прибора (сверху холодильного шкафа [6–8] либо в его нижней части [11] или отдельно от холодильного шкафа);

в) конструктивным исполнением ТК (однокамерная [6–8, 11], двухкамерная [8], наличие диодных ТС [9]);

г) источником тепла для ТК и, соответственно, температурным уровнем в ТК (конденсатор [7], подъемный участок дефлегматора [6–9]).

В этом случае нагреваемая жидкость будет циркулировать между дефлегматором и ТК в режиме естественной конвекции, т. е. будет организован своеобразный циркуляционный контур. В этой схеме отсутствуют промежуточные теплопередающие устройства и термическое сопротивление между источником тепловой нагрузки и объектом воздействия (жидкостью) минимальное.

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

Объектами экспериментальных исследований являлись опытные конструкции бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, изготовленные на базе модели абсорбционного однокамерного холодильника типа «Кристалл-408» АШ-150 [10].

Изучались модели с ТК воздушного типа и в виде емкости для жидкости. Во всех случаях наружные геометрические параметры ТК составляли: высота –

0,42 м; глубина – 0,54 м; ширина – 0,57 м; полезный объем – 35 дм³. Толщина теплоизоляции из ППУ составила: боковых стенок – 80 мм; дна – 75 мм; крышки, задней и передней стенок – 10 мм. В ТК, выполненной в виде емкости для жидкости, внутренний корпус был изготовлен в виде целостного короба. Материал короба – нержавеющая сталь. Толщина стенки короба 1 мм. Внутренний корпус ТК воздушного типа изготовлен из алюминия. Толщина стенки корпуса 3 мм.

Для обеспечения тепловой связи подъемного участка дефлегматора АХА с ТК использовался термосифон (ТС) длиной 1,2 м и диаметром 10×1 мм. Материал корпуса ТС – нержавеющая сталь. Теплоноситель – этиловый спирт.

Крепление ТС к дефлегматору диаметром 16×1,4 мм осуществлялось при помощи медной обжимающей пластины, причем для снижения термического сопротивления в зоне контакта находился сжатый высокопористый ячеистый материал (ВПЯМ) на основе меди, поры которого были заполнены теплопроводной пастой КТП-8.

Во всех случаях испарительный участок ТС крепился в нижней части подъемного участка дефлегматора и устанавливался параллельно ему. Длина участка испарения ТС в исследованиях варьировалась путем изменения зоны тепловой связи с дефлегматором. Транспортная зона ТС закрывалась теплоизоляционным кожухом. Длина конденсационного участка ТС не изменялась и составляла 0,3 м.

Для сокращения времени выхода на стационарный режим в ТК был предусмотрен дополнительный электрический нагреватель с мощностью 190 Вт.

Исследование режимов работы бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа осуществлялось в климатической камере лаборатории перспективного проектирования Васильковского завода холодильников как в стационарном (в «жестких» условиях работы холодильника – $t_{о.с} = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$, КРВ = 1), так и в переходных ($t_{о.с} < 32\text{ }^{\circ}\text{C}$, КРВ < 1) режимах работы АХА. Фиксировались: температуры в характерных точках холодильного шкафа, ТК и АХА; тепловая нагрузка генератора; температура окружающей среды; суточное энергопотребление согласно нормативным требованиям.

Проведенные исследования показали, что при температуре окружающего воздуха 32 °С и 30 л воды в ТК нагрев воды от 21 до 50 °С осуществлялся за 5 ч. При этом АХА работал в постоянном режиме с тепловой мощностью на генераторе 110 Вт и был включен дополнительный нагреватель. Следует отметить, что в этом режиме АХА работал с запасом по холодопроизводительности испарителя: средние температуры в холодильной камере (ХК) были ниже 0 °С, а в низкотемпературном отделении (НТО) приближались к –18 °С. В дальнейшем тепловая нагрузка

в генераторе была снижена до 75 Вт, дополнительный нагреватель отключен, температура воздуха в климатической камере снижена с 32 до 25 °С. После этого тепловой режим ТК стабилизировался и в течение 2,3 ч температура воды не изменялась.

С уровня тепловой нагрузки генератора 75 Вт был произведен переход на уровень 110 Вт, и в течение 9,5 ч аппарат работал при температуре 25 °С. После этого был зафиксирован рост температуры воды в ТК с 53,5 до 56,5 °С.

Изучался также режим работы при переходе с большей тепловой нагрузки генератора (110 Вт) на меньшее значение (60 Вт). При температуре окружающего воздуха 25 °С в течение 8,5 ч работы было зафиксировано снижение температуры в ТК с 56 до 53,5 °С, т. е. в режиме минимального энергопотребления не наблюдалось существенного снижения температуры в ТК, при этом температура в ХК не превышала +4 °С, а в НТО –20 °С.

Проведено изучение пускового режима нагрева ТК без дополнительного нагревателя. Температура воды в начальный момент составляла 13 °С при температуре окружающего воздуха 32 °С. Отметим, что АХА работал при тепловой мощности генератора 110 Вт в течение 36 ч, после чего температура воды в ТК достигла 31 °С. Температура в ХК в этих исследованиях не превышала 0 °С, а в НТО составила около –16 °С.

Таким образом, в период пуска в ТК, заполненной жидкостью, целесообразно использовать дополнительный источник тепла, который поможет произвести начальный нагрев за 4,5...5,5 ч.

Суточное энергопотребление при работе бытового комбинированного прибора в режиме компенсации тепловых потерь в ТК составило в среднем 1,50 кВт·ч, т. е. не превышало нормативный показатель (1,65 кВт·ч [1]).

Результаты экспериментальных исследований бытовых комбинированных абсорбционных приборов с ТК воздушного типа приведены на рис. 1. Выход на рабочий режим ТК при работе с номинальной тепловой нагрузкой генератора (110 Вт) осуществляется за время около 13 ч, при этом температура во внутреннем объеме ТК достигала 70 °С. При работе в энергосберегающих режимах (тепловая нагрузка генератора 70 Вт) выход на уровень температур в объеме ТК порядка 60 °С осуществляется за 45 ч.

Здесь можно сделать аналогичный вывод о целесообразности дополнительных затрат энергии в пусковой период. Эта задача может быть решена и при помощи аккумуляторов тепла, установленных в объеме теплоизоляции стенок ТК.

При выходе на стационарный режим происходит нагрев всех элементов конструкции ТК и они выполняют роль своеобразных аккумуляторов тепла. В этом случае пульсации температур в объеме ТК минимальны и дополнительных затрат тепла не требуется.

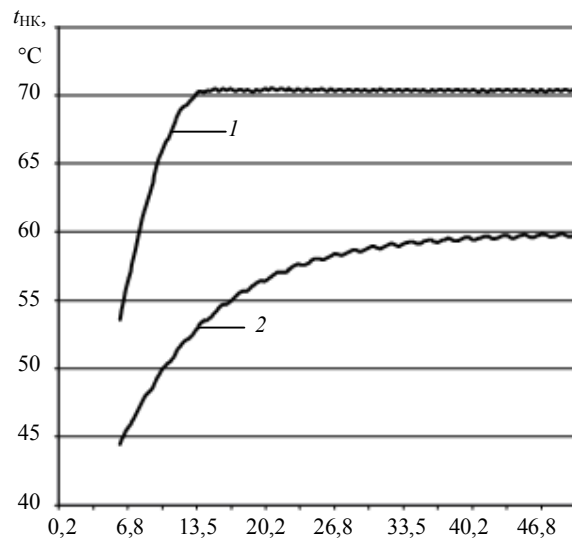


Рис. 1. Пусковые режимы ТК воздушного типа бытового комбинированного прибора абсорбционного типа при различных режимах работы АХА (тепловая нагрузка генератора: 1 – 110 Вт; 2 – 70 Вт)

В результате экспериментальных исследований была определена оптимальная длина испарительного участка ТС, для всех случаев она составила около 150 мм. Длина была определена из условия, чтобы на выходе зоны контакта дефлегматора и испарителя ТС температура стенки дефлегматора была не ниже 70 °С.

ВЫВОДЫ

Результаты экспериментальных исследований бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа на базе серийной модели ВЗХ «Кристалл-408» АШ-150 показали:

а) для снижения энергопотребления в пусковой период целесообразно использовать дополнительные источники тепловой нагрузки для обеспечения приемлемых тепловых режимов ТК, причем эту задачу можно решить и при использовании теплоаккумулирующих материалов;

б) введение в состав бытовых абсорбционных холодильников дополнительной ТК, связанной в тепловом отношении с подъемным участком дефлегматора АХА, не приводит к росту энергопотребления (по результатам испытаний ниже, чем в серийном исполнении, на 5 %) и не ухудшает эксплуатационных характеристик камер охлаждения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бабакин, Б. С.** Бытовые холодильники и морозильники [Текст] / Б. С. Бабакин, В. А. Выгодин. – Рязань : Узоречье, 2005. – 860 с.
- [2] **Деклараційний пат. 47866А Україна, МПК⁷ F 25 D 11/02.** Комбінований абсорбційний холодильник [Текст] / Тітлов О. С., Захаров М. Д., Васи́лів О. Б., Вольневич С. В. (Україна). – № 2001106933 ; заявл. 11.10.01 ; опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.
- [3] **Деклараційний пат. 47751А Україна, МПК⁷ F 25 B 15/10.** Комбінований абсорбційний холодильник [Текст] / Тітлов О. С., Захаров М. Д., Васи́лів О. Б., Вольневич С. В. (Україна). – № 2001096073 ; заявл. 04.09.01 ; опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.
- [4] **Пат. 1814006 Российская Федерация, МПК⁵ F 25 D 11/02.** Комбинированный абсорбционный холодильник [Текст] / Чернышов В. Ф., Двирный В. В., Овечкин Г. И. (РФ), Титлов А. С. (Украина), Смирнов-Васильев К. Г. (РФ), Хоменко Н. Ф. (Украина), Демтиров В. Х. (РФ), Григоров Г. И. (РФ), Олифер Г. М. (Украина). – № 4890425/06 ; заявл. 13.12.90 ; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17.
- [5] **Пат. 1814007 Российская Федерация, МПК⁵ F 25 D 11/02.** Комбинированный абсорбционный холодильник [Текст] / Титлов А. С. (Украина), Чернышов В. Ф., Двирный В. В., Овечкин Г. И., Смирнов-Васильев К. Г. (РФ), Хоменко Н. Ф., Олифер Г. М. (Украина), Демтиров В. Х., Григоров Г. И. (РФ). – № 4890427/06 ; заявл. 13.12.90 ; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17.
- [6] **Пат. 1814008 Российская Федерация, МПК⁵ F 25 D 11/02.** Комбинированный абсорбционный холодильник [Текст] / Чернышов В. Ф., Двирный В. В. (РФ), Титлов А. С. (Украина), Овечкин Г. И., Смирнов-Васильев К. Г. (РФ), Хоменко Н. Ф. (Украина), Демтиров В. Х., Григоров Г. И. (РФ), Олифер Г. М. (Украина). – № 4890428/06 ; заявл. 13.12.90 ; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17.
- [7] Розробка нового типу побутових приладів [Текст] / Л. М. Тележенко, О. С. Тітлов, С. В. Вольневич, Ю. О. Козонова // Зб. наук. праць Вінниц. нац. аграр. ун-ту. Серія : Технічні науки. – 2011. – Вип. 7. – С. 36–40.
- [8] **Титлов, А. С.** Альтернативная бытовая и торговая холодильная техника на базе водоаммиачных абсорбционно-диффузионных холодильных машин [Текст] / А. С. Титлов // Холодильная техника. – 2003. – № 4. – С. 9–12.
- [9] **Титлов, А. С.** Научно-технические основы создания энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных приборов [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.14 / Титлов А. С. – О., 2008. – 447 с.
- [10] **Титлов, А. С.** Современный уровень разработок и производства бытовых абсорбционных холодильных приборов и их экономическая эффективность [Текст] / А. С. Титлов // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2007. – № 9. – С. 9–17.
- [11] **Тітлов, О. С.** Науково-технічні основи створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних приладів [Текст] / О. С. Тітлов, М. Д. Захаров // Наук. праці Одес. нац. акад. харчових технологій. – 2009. – № 35, т. 1. – С. 113–127.

© О. С. Титлов, С. В. Волневич, Ю. О. Козонова

Надійшла до редколегії 20.09.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. М. І. Радченко