

УДК 621.565

Дёмин М.В.,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Холодильной и торговой техники», Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган – Барановского

Брюшков Р.В.,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Холодильной и торговой техники», Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган – Барановского

ВОПРОСЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ QUESTIONS REFRIGERATION TECHNOLOGY

О РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА УСТАНОВЛЕНИЯ УТЕЧКИ ИЗ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

OF THE ELABORATION METHOD OF ESTABLISHING LEAKS FROM THE REFRIGERATION SYSTEM OF HOUSEHOLD REFRIGERATORS

Аннотация Были проведены экспериментальные исследования по определению тепло-энергетических характеристик бытового холодильного прибора «ДХ – 245» и «ДХ – 239» при разной дозе заправки холодильной системы. При этом производилось определение температуры на поверхности испарителя, суточного расхода электроэнергии и КПВ. Установлено, что со снижением дозы заправки системы температура на поверхности испарителя понижается, повышаются суточный расход электроэнергии и КПВ. Наличие утечки хладагента из компрессорной системы БХП можно определить по понижению температуры на поверхности испарителя на 1...1,5 °С по сравнению со значением её при оптимальной дозе заправки холодильной машины.

Abstract Experimental researches by definition of heat-and-power characteristics HRD (Household Refrigerating Device) - «DH – 245» and «the DH – 239» have been conducted with different quantity of refuelling of refrigeration system. Temperature definition on a surface of the evaporator, the daily expense of the electric power and was made. It is established that with decrease in a quantity of refuelling of system, temperature on an evaporator surface goes down, the daily expense of the electric power and DCFT (duty cycle factor to the time) raise . Presence of leak of a coolant from compressor system HRD can be defined on temperature fall on an evaporator surface on 1 ... 1,5 °C in comparison with its value at an optimum quantity of refuelling of a refrigerator.

Ключевые слова: Бытовой холодильник – Холодильная система – Утечка хладагента – Испаритель – Температура на поверхности испарителя – Суточный расход электроэнергии, КРВ.

Key words: the Household refrigerator – refrigeration system – coolant Leak – the Evaporator – Temperature on an evaporator surface – the Daily expense of the electric power, DCFT.

Известен [1] способ установления утечек хладагента из холодильных установок путем реагирования на микропримеси его в атмосферном воздухе в местах их размещения. Этот способ используется для установления утечек хладагентов из стационарных холодильных установок специальными переносными приборами – течеискателями при регулярном техническом обслуживании оборудования. Указанный способ неприменим для установления утечек хладагента в бытовой холодильной технике из-за невозможности текущего профилактического обслуживания ее, в том числе с использованием переносных течеискателей и газоанализаторов, и отсутствия соответствующих малогабаритных регистрирующих приборов, адаптированных к конструкции малой холодильной техники.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ установления утечек хладагента из холодильной системы по изменению в ней характеристик термодинамических процессов, а именно: по уменьшению давления рабочего тела в линии нагнетания и (или) увеличению коэффициента рабочего времени (КРВ) компрессора [1]. Для реализации этого способа необходима установка в нагнетательной линии компрессорной системы прибора контроля давления рабочего тела – манометра. По данным исследований [1], при работе бытового холодильника давление рабочего тела в линии нагнетания может колебаться в большом интервале численных значений из-за перетолжения в ней компрессорного масла. Следовательно, в условиях эксплуатации холодильника контроль изменения давления рабочего тела в линии нагнетания должен быть поставлен на уровень научных исследований, что практически невозможно. Увеличение коэффициента рабочего времени компрессора может быть связано не только с утечкой хладагента из холодильной машины, но и с ухудшением теплоотдачи с поверхности конденсатора, со значительным подтеплением холодильного шкафа [2]. В связи с вышеизложенным, изменение указанных термодинамических характеристик не может быть достоверным показателем наличия утечек хладагента из компрессорной системы бытового холодильника.

В связи с вышеизложенным, поставлена задача разработки способа установления утечек хладагента из холодильной системы бытовых холодильников, в котором уменьшение в ней массы хладагента определяют по понижению температуры его кипения в испа-

рителе вследствие снижения давления паров при создаваемом компрессором разрежении, что обеспечивает надежность и эффективность обнаружения утечек и повышение тем самым технической безопасности.

Поставленная задача решается тем, что в способе установления утечек хладагента из холодильной системы, включающем контроль в ней характеристик термодинамических процессов, наличие их определяют по понижению температуры его кипения в испарителе холодильной машины на $1,0 \dots 1,5^{\circ}\text{C}$ относительно паспортной величины.

Принципиальное отличие предлагаемого способа от существующих состоит в том, что утечку хладагента из холодильной системы бытового холодильника устанавливают не по появлению его в атмосферном воздухе в ее окрестности, а по реагирующей на утечку термодинамической характеристике работы холодильной машины - понижению температуры кипения хладагента в испарителе в пределах морозильной камеры и, следовательно адекватному понижению температуры на его поверхности.

Сущность предлагаемого способа состоит в следующем. Температурным датчиком контролирует температуру на поверхности испарителя холодильной системы. При заданной дозе заправки хладагента в системе температура его кипения постоянная, зависящая только от создаваемого компрессором разрежения в испарителе. В этом случае в морозильной камере поддерживается максимально низкая, гарантированная паспортом на холодильник, температура, например, -18°C . При наличии утечки хладагента из холодильной машины, уменьшении в связи с этим в ней массы хладагента глубина разрежения в испарителе при неизменных характеристиках работы компрессора увеличивается. Вследствие этого понижается температура кипения хладагента, что приводит к понижению температуры на поверхности испарителя и в морозильной камере. Понижение температуры на поверхности испарителя может быть сигналом об утечке хладагента из холодильной системы на любом ее участке – как в линии нагнетания, так и в линии всасывания.

Новизна в решении поставленной задачи - установление утечек хладагента из холодильной системы по понижению температуры кипения хладагента в испарителе холодильной машины на $1,0 \dots 1,5^{\circ}\text{C}$ относительно паспортной величины. В этом заключается также и существенное отличие предлагаемого способа.

Для исследования микроутечек изобутана из холодильной машины и обусловленных ими изменений теплоэнергетических и теплофизических показателей работы бытового холодильника использован лабораторный стенд со средствами измерения давления и температуры в линиях нагнетания и всасывания. В нагнетательную магистраль холодильной машины бытового холодильника ДХ-245 на участке между компрессором и первым калачом конденсатора был вварен сварной шов с реальным микроповреждением. Участок

микроповреждения герметично – путем сварки подключен к двухходовому шаровому крану (входной патрубок его перекрывает площадь микроповреждения) и через него – к капиллярной трубке, конец которой введен в мерный цилиндр, заполненный дистиллированной водой и перевернутый вверх дном. По понижению уровня воды в мерном цилиндре определяли объемы утечек изобутана из холодильной системы в любые промежутки времени.

Для регистрации температуры на поверхности испарителя, на других участках холодильной машины использованы термопары (ХК(L)), подключенные к измерительно-вычислительному комплексу с ЭВМ для машинного построения диаграмм изменения ее с течением времени.

При закрытом шаровом кране произведена заправка изобутаном холодильной машины бытового холодильника ДХ-245, входящего в состав экспериментального стенда. Доза заправки хладагента в холодильную машину принята 62г. Холодильник размещен в термокамере, где автоматически поддерживалась температура на уровне 25°С, и выведен в течение нескольких суток на квазистационарный режим работы.

Давление в линии нагнетания составляло при работе (перед моментом остановки) и стоянке (перед моментом пуска) компрессора, соответственно, 0,58 и 0,14МПа, давление в испарителе перед моментом его остановки 0,039МПа, при этом температура на поверхности испарителя –27,3°С, в морозильной камере – в геометрическом центре пакетов-имитаторов пищевых продуктов -17,1...-17,6°С, в холодильной камере +1,2°С. После 5-и суток работы холодильника в установившемся режиме был открыт на стенде шаровой кран, что обеспечило сообщение каналов дефектного сварного шва с атмосферой. Наблюдениями установлено периодическое барботирование в слое воды изобутана, выделяющегося из нагнетательной линии холодильной машины в мерный цилиндр. По снижению уровня воды в нем определяли объем выделившегося из нее газа и затем – его массу, используя известное уравнение $pV = mRT$, где p – величина внешнего давления с учетом давления столба вытесненной из мерного цилиндра воды, V – объем вытесненной из него воды – объем выделившегося газа, R – удельная газовая постоянная для изобутана ($R=0,143$ кДж/(кгК)), T – температура в мерном цилиндре, m – масса выделившегося газа.

Изменение в течение 48 – суток наблюдений нарастающих объемов утечки изобутана из нагнетательного патрубка компрессора через микроповреждение аппроксимируется уравнением

$$V_i = 49,983 \cdot \tau^{1,0804} \quad (R^2 = 0,9972),$$

зависимость от них температуры на поверхности испарителя имеет вид;

$$t_u = -8 \cdot 10^{-7} \cdot V_i^2 - 7 \cdot 10^{-4} \cdot V_i - 27,073 \quad (R^2 = 0,9816).$$

В течение 27 суток работы холодильника при общей утечке изобутана 1,8 л (4,8 г) давление хладагента в нагнетательном патрубке не изменялось и составляло перед остановкой компрессора 0,58МПа, в испарителе при этом уменьшилось с 0,039 до 0,032МПа, температура на поверхности испарителя понизилась с -27,3 до -30...-30,1°С, температура в холодильной камере колебалась в пределах принятой уставки (0...+5°С). Температура на поверхности кожуха компрессора и конденсатора не зависела от утечки изобутана из холодильной машины: колебалась в связи с циклической работой холодильника.

Аналогичные исследования были проведены с использованием бытового холодильника ДХ-239 (оптимальная доза заправка холодильной системы 38г). Термодинамические характеристики работы холодильника определяли при дозах заправки его холодильной системы 38; 36,5; 35; и 33,5 г. [2,3,4,6].

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1.

Как видно из анализа данных таблицы 1, при наличии утечки хладагента из холодильной машины, понижается температура кипения хладагента, что приводит к понижению температуры на поверхности испарителя, увеличению суточного расхода электроэнергии и к увеличению коэффициента рабочего времени.

Таблица 1

Термодинамические показатели работы холодильника «ДХ – 239» при различных дозах заправки хладагентом его холодильной системы.

Доза заправки холодильной системы, г	Температура (°С) *) на поверхности испарителя при настройке терморегулятора			Снижение температуры на поверхности испарителя относительно температуры его при дозе заправки 38 г при настройке терморегулятора			Суточный расход электроэнергии (кВт·час/сут) при настройке терморегулятора			КРВ при настройке терморегулятора		
	min	сред	max	min	сред	max	min	сред	max	min	сред	max
38	-26,21	-27,53	-29,70	---	---	---	0,70	0,86	1,17	0,40	0,50	0,63
36,5	-27,65	-29,03	-31,23	-1,44	-1,50	-1,53	0,78	0,91	1,21	0,45	0,53	0,66
35	-29,38	-30,63	-32,84	-3,14	-3,10	-3,14	0,95	1,23	1,70	0,55	0,67	1
33,5	-31,91	-33,21	-35,17	-5,70	-5,68	-5,47	1,69	1,70	1,70	1	1	1

*) Значения температуры перед остановкой компрессора.

Понижение температуры на поверхности испарителя на $1,0 \dots 1,5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с паспортной величиной может быть сигналом об утечке хладагента из холодильной системы бытового холодильника [5, 6, 7]. По данным исследований, указанная масса изобутана, выделяющаяся в течение длительного времени, не создает в атмосферном воздухе взрывоопасную концентрацию.

При работе холодильной машины бытового холодильника нет иных причин снижения температуры кипения хладагента и, следовательно, температуры на внешней поверхности испарителя в морозильной камере, кроме уменьшения его массы. Для реализации предлагаемого способа датчик контроля температуры размещают на наружной поверхности испарителя, в морозильной камере, термоизолируют и настраивают на срабатывание при температуре на $1,0 \dots 1,5^{\circ}\text{C}$ ниже паспортной величины.

Контроль температуры на других участках холодильной системы бытового холодильника не обеспечивает достижение поставленной цели: в части испарителя, находящейся в холодильной камере, возможно только докипание хладагента, в линии нагнетания температура хладагента колеблется в связи с цикличной работой холодильника и зависит, при прочих равных условиях, от эффективности охлаждения конденсатора.

Предлагаемый способ отличается простотой осуществления, позволяет использовать известные в малой холодильной технике средства регистрации температуры и устройства, реагирующие на ее изменение, обеспечивает техническую и экологическую безопасность бытовых холодильников, работающих на углеводородах.

Таким образом, возможна практическая реализация способа установления утечки хладагента из холодильной системы работающего бытового холодильника по понижению температуры на поверхности испарителя.

Целью дальнейших исследований является разработка конструкции устройства для отключения компрессора в связи с понижением температуры на поверхности испарителя из-за утечки хладагента из холодильной системы.

Список литературы

1.Осокин В.В. Научно-технические основы обеспечения надежности, технической и экологической безопасности малой холодильной техники, работающей на углеводородах (на примере изобутана). /В.В.Осокин, В.П.Железный, К.А.Ржесик, Ю.А. Селезнева, В.Г. Матвиенко, А.В. Ландик, Ю.В. Жидков, В.Г.Соколов; М-во образования и науки Украины, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. – Донецк: ДонНУЭТ, 2009. – 244с.

2. Данько В.П., Ковалев А.А. Основные принципы построения осушительно-испарительных охладителей // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 20- летию юбилею ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии 23-24 мая 2013 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. Учреждение Краснодар. НИИ хранения и переработки с.-х. продукции; под общ. ред. член-корр. РАСХН, д-ра техн. наук, проф. Р.И. Шазо. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013. – С. 362- 365.

3. Осокин В.В., Кудрин А.Б., Дёмин М.В. О влиянии температуры окружающей среды на теплоэнергетические характеристики бытового холодильника // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2011. - № 1 (129). - С. 17-22.

4. Осокин В.В., Кудрин А.Б., Дёмин М.В. О термодинамической и теплофизической основе негазоанализаторного способа установления утечек хладагента из компрессорной системы работающего бытового холодильника – на примере ДХ-239, заправленного изобутаном // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2011. - № 4 (132). - С. 9-16.

5. Данько В.П., Вилькос И.И. Металло-полимерные солнечные коллекторы с многоканальным адсорбером для многофункциональных энергетических систем // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 20- летию юбилею ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии 23-24 мая 2013 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. Учреждение Краснодар. НИИ хранения и переработки с.-х. продукции; под общ. ред. член-корр. РАСХН, д-ра техн. наук, проф. Р.И. Шазо. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013. – С. 366- 370.

6. Горин А. Н. Тепломассообменные аппараты с подвижной насадкой для традиционных и альтернативных энергетических систем. Испарительное охлаждение, осушение и кондиционирование воздуха / А. Н. Горин, А. В. Дорошенко, В. П. Данько. – Донецк : Світ книги, 2013. – 327 с.

7. Экспериментальный стенд для определения коэффициентов теплоотдачи при кипении рабочих тел [Текст] : пат. 77193 Украина : МПК (2013.01) F 25 D 31/00 / Горин А. Н., Красновский И. Н., Данько В. П.; - № u201203778; заявл. 28.03.12; публ. 11.02.13, Бюл. № 3. – 4 с.