

УДК 621.565.92.5.048

*А.Н. Горин, А.Б. Кудрин, М.В. Дёмин, О.Н. Бурдиян*

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, ул. Щорса, 31, г. Донецк, 83050, Украина

## **О ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ИСПАРИТЕЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ КАМЕРЫ БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА**

*Проведены экспериментальные исследования распределения температуры на поверхности испарителя, работающего на изобутане бытового холодильного прибора ДХ-239, в зависимости от дозы заправки холодильной системы. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методов диагностирования микротечек при работе бытовой холодильной техники.*

**Ключевые слова:** бытовой холодильник – испаритель – изобутан – термографическая съемка

*О.М. Горін, О.Б. Кудрін, М.В. Дьомін, О.М. Бурдіян*

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, вул. Щорса, 31, м. Донецьк, 83050, Україна

## **ПРО ВИЗУАЛІЗАЦІЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВИПАРНИКА ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА**

*Проведено експериментальні дослідження розподілу температури на поверхні випарника, що працює на ізобутані побутового холодильного приладу ДХ-239, залежно від дози заправки холодильної системи. Отримані результати можуть бути використані для розробки методів діагностування мікротоків при роботі побутової холодильної техніки.*

**Ключові слова:** побутовий холодильник – випарник – ізобутан – термографічна зйомка

DOI: 10.15673/0453-8307.1/2015.36774



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

### **I. ВВЕДЕНИЕ**

Отличительной особенностью работы бытовых холодильных приборов является создание и автоматическое поддержание в теплоизолированном объеме заданной температуры на протяжении всего срока его эксплуатации. Достижение такой цели возможно после тщательного расчета и подбора каждого элемента и узла холодильной машины, систем ее управления и электропитания. Задачей коллектива конструкторов по созданию бытовых холодильников является нахождение обоснованного компромисса между обеспечением изделием заданных технологических требований и его себестоимостью.

Испаритель бытового холодильника подбирается по величине его теплопередающей поверхности после определения коэффициента теплопередачи и назначения параметров базовой поверхности теплообменника. При стабильной работе холодильной машины низкая температура в теплоизолированном объеме обеспечивается определенным значением плотности теплового потока, передаваемого через поверхность испарителя.

Установлено, что факторами, влияющими на температуру поверхности испарителя работающего холодильника, являются доза его заправки и температура окружающей среды [1, 2].

В литературных источниках недостаточно освещены вопросы изменения плотности теплового потока, проходящего через поверхность испарителя бытового холодильника, при незначительном изменении дозы заправки холодильным агентом его холодильной системы. Одним из параметров, определяющих интенсивности теплообмена через поверхность испарителя, является его температура.

Целью проведенных экспериментальных исследований является визуализация температурного поля испарителя холодильной машины, работающей с уменьшенной дозой заправки холодильным агентом.

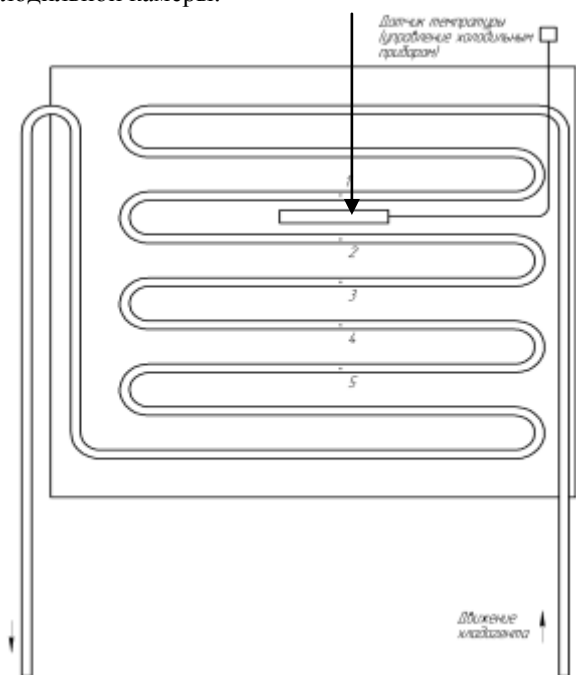
### **II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Для достижения поставленной цели были получены термографические изображения внутренней поверхности холодильной камеры и определе-

но распределение температурного поля на поверхности испарителя холодильной камеры при различных дозах заправки холодильной системы изобутаном (41,0 г; 39,5 г; 38,0 г; 36,5 г; 35,0 г; 33,5 г; 32,0 г; 31 г). Данные исследования проводились для определения участка на поверхности испарителя холодильной камеры с наиболее стабильным значением температуры.

Проведены исследования с использованием экспериментального стенда, созданного на основе бытового холодильника ДХ-239 [3], заправленного холодильным агентом R600a (оптимальная масса заправки, установленная заводом-изготовителем – 41 г). На стороне всасывания и нагнетания холодильного агрегата установлены приборы для измерения давления всасывания, нагнетания и температуры на поверхности теплообменников и трубопроводов.

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем. Перед заливкой ППУ-теплоизоляции шкафа холодильного прибора для измерения температуры на поверхности испарителя холодильной камеры, через равное расстояние были установлены пять термопар (спай медь-константан). На рисунке 1 изображено размещение термопар на змеевике испарителя холодильной камеры.



**Рисунок 1** – Размещение термопар на змеевике испарителя холодильной камеры

Определение температуры осуществлялось с помощью автоматизированной системы теплоэнергетических испытаний. При этом контролировался весь период испытаний. После сбора и обработки информации через каждые 2 минуты фиксировались результаты испытаний.

Исследования проводились в лаборатории ПАО «УКРНИИБЫТМАШ» в аттестованной испытательной камере (термокамере), где создава-

лась и поддерживалась температура окружающей среды 25°C и влажность 50%. Экспериментальный стенд был размещен в термокамере на деревянной платформе. Морозильная камера была загружена испытательными пакетами (имитаторами пищевых продуктов), в состав которых входит оксиэтилметилцеллюлоза, тепловые характеристики которой соответствуют тепловым характеристикам постной говядины. Температура в холодильной камере измерялась в трех точках термопарами, помещенными в латунные цилиндры и установленными согласно ДСТУ 2295-93 «Приборы холодильные электрические бытовые. Общие технические условия». Значение температуры хранения определялось как среднее арифметическое значение температур, измеренных в 3-х точках в холодильной камере ХП. Средняя температура в холодильной камере поддерживалась на уровне 4°C.

В процессе испытаний производилась термографическая съемка температурного поля на поверхности испарителя холодильного отделения. Для этого был использован тепловизор «Микрон – 7600», позволяющий проводить инфракрасную термометрию в диапазоне температуры от минус 40 до плюс 120°C с погрешностью  $\pm 2\%$ . Во избежание помех качества съемки, полки для хранения пищевых продуктов были удалены из холодильного отделения.

На рисунке 2 приведено изображение экспериментального стенда с установленными термопарами внутри объема холодильного отделения для поддержания и контроля необходимой температуры хранения.

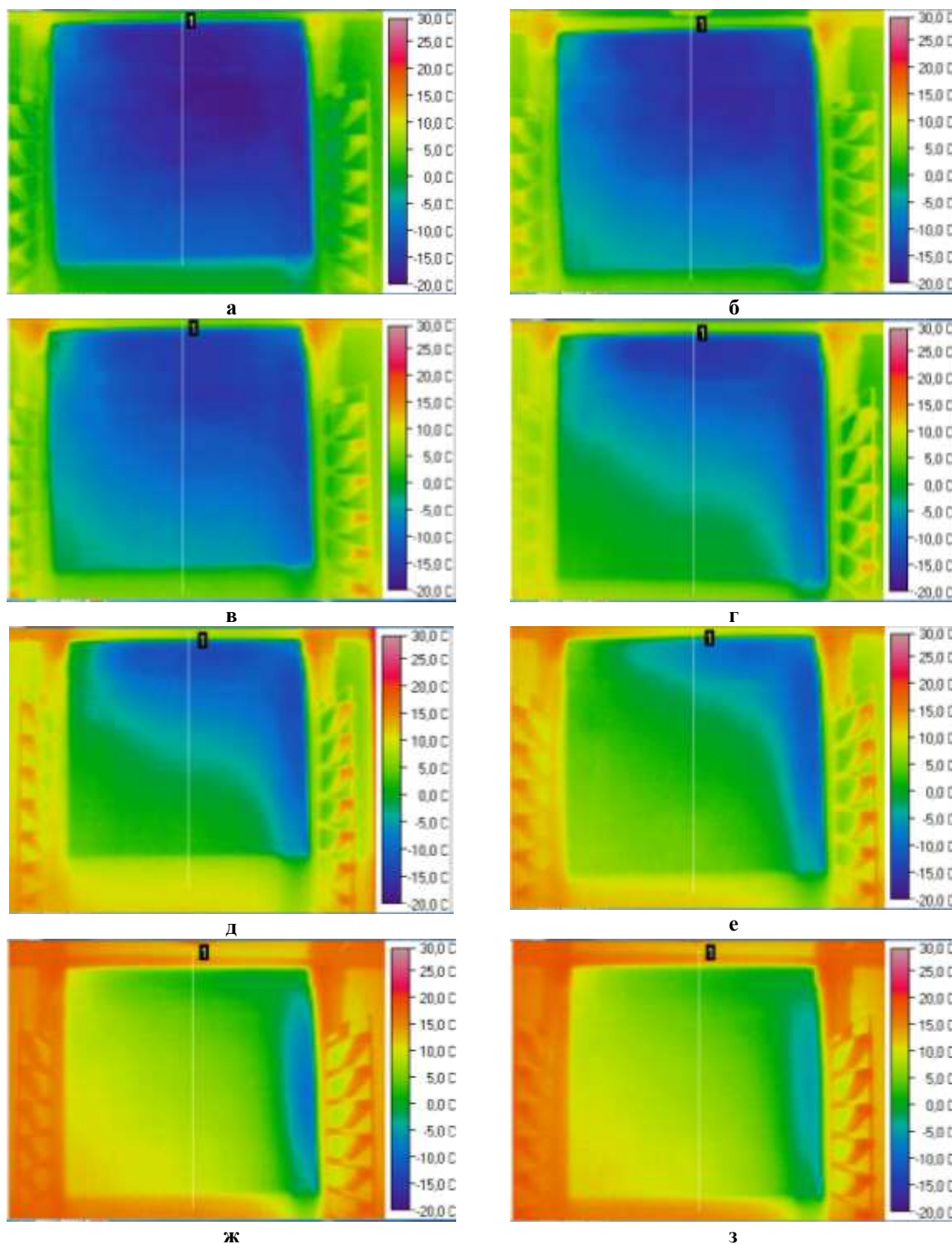


**Рисунок 2** – Холодильное отделение экспериментального стенда ХП с установленными термопарами

Анализ полученных результатов исследований позволяет установить зависимость температуры на поверхности испарителя холодильной камеры от дозы заправки холодильной системы. В ходе проведения исследований производилась корректировка дозы заправки от 41,0 г до 31,0 г. При этом измеренная температура на поверхности испарителя холодильной камеры соответственно

изменялась от минус 20,3 до плюс 5,3°C. Удаление из системы 3 г изобутана (доза заправки составила 38,0 г) приводит к непрерывному режиму работы компрессора (КРВ = 1), а температура на поверхности испарителя достигает минус 15,8°C. Эта доза заправки может считаться критической, поскольку при ее дальнейшем снижении температура на поверхности испарителя повышается до плюс 5,3°C (доза заправки составила 31,0 г).

На рисунке 3 приведены термографические изображения холодильного отделения ХП с различными дозами заправки хладагента: 41,0 г (а); 39,5 г (б); 38,0 г (в); 36,5 г (г); 35,0 г (д); 33,5 г (е); 32,0 г (ж); 31,0 г (з). Съемка проводилась в рабочей части цикла перед отключением компрессора в установившемся режиме работы холодильного прибора.



**Рисунок 3** – Термографические изображения с различными дозами заправки хладагента: 41,0 г (а); 39,5 г (б); 38,0 г (в); 36,5 г (г); 35,0 г (д); 33,5 г (е); 32,0 г (ж); 31 г (з).  
Линия №1 – уровень расположения термодатчиков в холодильной камере

При снижении дозы заправки от первоначальной, температура на поверхности испарителя холодильной камеры начинала повышаться. Повышение температуры происходило поэтапно, начиная с витков испарителя, расположенных в нижней части холодильной камеры. Уменьшение дозы заправки от 41 г до 35 г привело к повышению температуры на поверхности испарителя от минус 29,2 до минус 6,4°C и соответственно к повышению температуры в объеме холодильной камеры от плюс 4°C до плюс 8°C.

Повышение температуры на поверхности испарителя холодильной камеры вследствие снижения дозы заправки хладагента в холодильной системе, приводит к уменьшению эффективности работы холодильного агрегата в целом.

Термографические изображения показали, что наиболее стабильные значения температуры на поверхности испарителя холодильной камеры, независимо от дозы заправки, зафиксированы на участке с правой стороны испарителя, соответствующему подаче хладагента (рисунок 1).

При помощи специального программного обеспечения, работающего в комплексе с тепловизором «Микрон – 7600» были определены максимальные и минимальные значения температуры во внутреннем объеме холодильной камеры.

### III. ВЫВОДЫ

На основании проведенных экспериментальных исследований получены данные об изменении температуры на поверхности испарителя холодильной камеры, в зависимости от дозы заправки

холодильной системы хладагентом. Определены максимальные и минимальные значения температуры на поверхности испарителя холодильной камеры.

Повышение температуры на поверхности испарителя холодильной камеры вследствие снижения дозы заправки хладагента в холодильной системе, приводит к повышению температуры в теплоизолированном объеме и к уменьшению эффективности работы холодильного агрегата.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Осокин В.В., Кудрин А.Б., Дёмин М.В.** О влиянии дозы заправки компрессорной системы бытового холодильника хладагентом (изобутаном) на происходящие в нем термодинамические и теплофизические процессы. // Холодильна техніка і технологія. – 2011. – №3 (131). – С. 24-30.
2. **Осокин В.В., Кудрин А.Б., Дёмин М.В.** О влиянии температуры окружающей среды на теплоэнергетические характеристики бытового холодильника. // Холодильна техніка і технологія. – 2011. – № 1 (129). – С. 17-22.
3. **Ландик В.И., Горин А.Н.** Холодильные приборы NORD (устройство и ремонт). – Донецк: Норд-Пресс, 2009. – 268 с.: табл., рис.
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. – 2011. – № 4 (132). – С. 9-16.

*A.N. Gorin, A.B. Kudrin, M.V. Domin, O.N. Burdiyan*

Donetsk National University of Economy and Trade n. a. M. Tugan-Baranovsky, Shchors St., 31, Donetsk, 83050, Ukraine

## ABOUT TEMPERATURE FIELD VISUALIZATION OF THE REFRIGERATING CHAMBER EVAPORATOR OF THE HOUSEHOLD REFRIGERATOR

*Experimental researches of temperature distribution on the evaporator surface of the household DH-239 refrigerating appliance working at isobutane depending on a charge dose of refrigerating system are conducted. The received results can be used for microleaks diagnosing methods development during household refrigerating appliances operation.*

**Keywords:** Household refrigerator – Evaporator – Isobutane – Thermographic shooting

### REFERENCES

1. **Osokin, V.V., Kudrin, A.B., Domin, M.V.** 2011. Influence of domestic refrigerator compressor system charging with refrigerant (isobutane) on its thermodynamic and thermophysical processes. *Kholodylna tekhnika ta tekhnologiya [Refrigeration engineering and technology]*. No. 3(131), 24–30 (in Russian).
2. **Osokin, V.V., Kudrin, A.B., Domin, M.V.** 2011. Ambient temperature influence on the domestic refrigerator thermoenergetic characteristics. *Kholodylna tekhnika ta tekhnologiya [Refrigeration engineering and technology]*. No. 1(129), 17–22 (in Russian).

3. **Landik V. I. Gorin A.N.** 2009. Refrigerating NORD devices (device and repair). *Donetsk: Nord-Press*. – 268 p. (in Russian).
4. **Osokin, V.V., Kudrin, A.B., Domin, M.V.** 2011. On the thermodynamic and thermophysical base of non-gas-analyzing method for establishing refrigerant leaks from the compressor system of the operating domestic refrigerator – on the example of DH-239, filled with isobutane. *Kholodylna tekhnika ta tekhnologiya [Refrigeration engineering and technology]*. No. 4 (132), 9–16 (in Russian).

Отримана в редакції 05.11.2014, прийнята до друку 17.11.2014