

ЗИМНИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА ПАРОКОМПРЕССИОННОМ ХОЛОДИЛЬНОМ ЦИКЛЕ С КАПИЛЛЯРНОЙ ТРУБКОЙ В КАЧЕСТВЕ ДРОССЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

А.И. Евушкин
С.С. Шереметьев
В.А. Воронов
К.А. Апсит

artem.evushkin@gmail.com
trmlvnos@gmail.com
breads@mail.ru
kosta_02@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обозначена проблема работы холодильных машин в зимний период времени. Рассмотрена работа парокомпрессионной холодильной машины с классическим расширительным устройством — капиллярной трубкой. Представлены результаты, полученные в ходе эксперимента с использованием капиллярной трубки при температуре окружающей среды до -35 °С. Сформулированы основные недостатки исследуемого метода охлаждения. Предложены рекомендации по использованию капиллярных расширительных устройств

Ключевые слова

Система кондиционирования воздуха, холодильная машина, капиллярная трубка, расширительное устройство, зимний режим работы системы кондиционирования

Поступила в редакцию 27.03.2017
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Разнообразие климатических поясов в России, а также широкий диапазон изменения температуры в пределах одной зоны в течение года обуславливает активное развитие холодильной техники и большое разнообразие технических решений исполнения холодильных машин (ХМ) [1].

В работе любого охлаждающего устройства условно можно выделить летний и зимний режимы. Последний отличается тем, что температура окружающей среды оказывается ниже требуемой температуры в помещении. Поэтому возникает необходимость либо производить принудительную вентиляцию помещения, либо поддерживать требуемую температуру путем непрерывного снятия тепловой нагрузки с охлаждаемых предметов (например, охлаждение серверных блоков информации в центрах обработки данных) при помощи холодильной установки.

Существует множество решений реализации зимнего режима работы. Самые популярные из них основаны на принципе промежуточного охлаждения, теплового ключа и фрикулинга. Но каждое из этих решений несет либо значительное усложнение конструкции и, как следствие, рост себестоимости оборудования, либо требует дополнительных мер по эксплуатации и регулированию ХМ, что может также значительно повлиять на конечную стоимость системы [2].

Целью данной работы является обоснование возможности работы парокомпрессионной холодильной машины (ПКХМ) с капиллярной трубкой при температуре воздуха на входе в конденсатор ниже температуры воздуха на входе в испаритель.

Исследование холодильной машины при пониженной температуре окружающей среды с использованием капиллярной трубки как расширительного элемента уже имело место в нескольких работах [3]. В результате исследования было выявлено, что с падением температуры окружающей среды система «саморегулируется» за счет переменного расхода хладагента, проходящего через капиллярную трубку. «Саморегуляция» происходит из-за того, что капиллярная трубка имеет переменное гидравлическое сопротивление, которое зависит от температуры и давления поступающей в капиллярную трубку жидкости. Однако при достаточно низких температурах окружающей среды расход хладагента все равно уменьшается, что влечет за собой снижение холодопроизводительности установки. Отметим также, что в указанных работах отсутствуют экспериментальные зависимости холодопроизводительности от температуры окружающей среды. Поэтому было принято решение создать экспериментальный стенд для имитации различных температур окружающей среды для внешнего блока кондиционера [4].

Экспериментальное исследование проводилось с помощью кондиционера IGC RAS/RAC-07NHG для имитации различных температур окружающей среды. Внешний блок сплит-системы был помещен в холодильную камеру OSTROV (рис. 1). Внутренний блок находился в помещении, в котором поддерживалась температура 28 °С. Температура в холодильной камере изменялась от 16 до –35 °С. С помощью датчиков температуры и относительной влажности измерялись температура и относительная влажность на входе и выходе из испарителя сплит-системы. На основании данных измерений рассчитали холодопроизводительность кондиционера. Номинальная холодопроизводительность кондиционера на малых частотах вращения вентилятора — 1 кВт. В данной сплит-системе использован классический смесевой хладагент R410А, имеющий хорошие показатели работы в зимнем режиме [5].

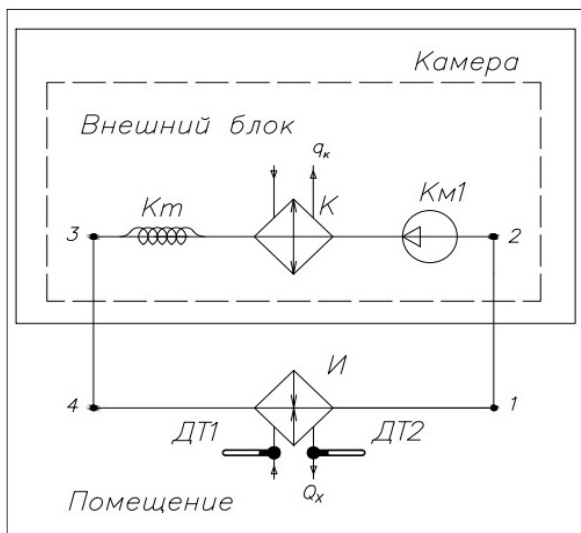


Рис. 1. Экспериментальный стенд:

КМ1 — компрессор; К — конденсатор; Кт — капиллярная трубка; И — испаритель;
 ДТ1, ДТ2 — датчики температуры; q_k — теплота конденсации; Q_x — холодопроизводительность

В ходе эксперимента получена зависимость холодопроизводительности кондиционера от температуры в холодильной камере (рис. 2), отдельно представлены значения этих параметров. Если значение холодопроизводительности больше или равно номинальной, то ПКХМ признается работоспособной.

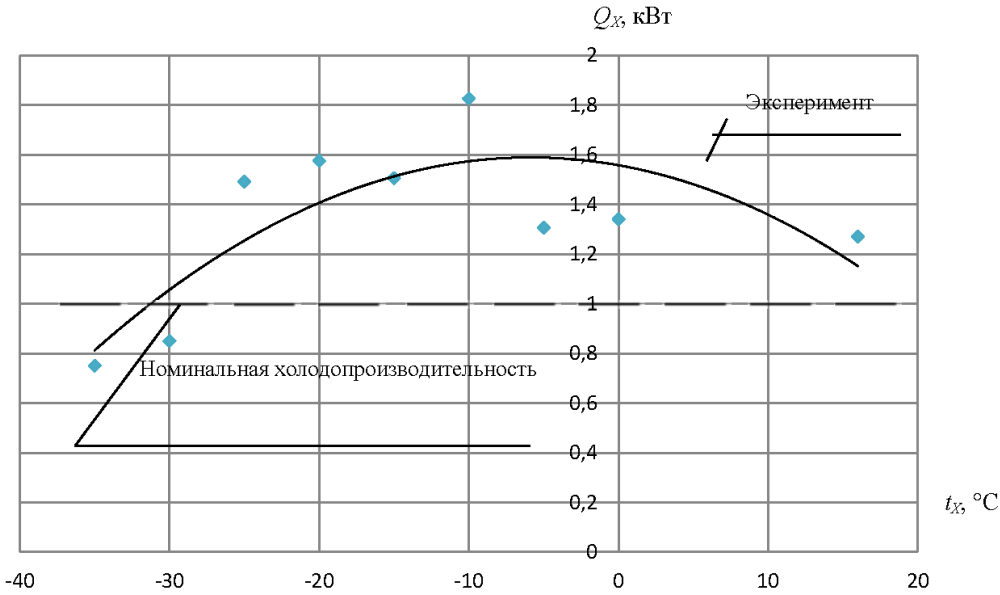


Рис. 2. Зависимость холодопроизводительности сплит-системы Q_x от температуры в холодильной камере t_x

Значения параметров, полученные в ходе эксперимента

Температура окружающей среды t_x , °C	Холодопроизводительность Q_x , кВт
16.....	1,27
0.....	1,34
-5.....	1,31
-10.....	1,83
-15.....	1,51
-20.....	1,58
-25.....	1,49
-30.....	0,85
-35.....	0,75

На основании результатов исследования можно сделать вывод, что капиллярная трубка позволяет обходиться без специальных «зимних» систем при температуре окружающей среды до -25 °C. Экспериментальные данные получены для хладагента R410A с перспективой подбора другой смеси хладагентов, с использованием которой показатели работы системы кондиционирования на низких температурах могут улучшиться.

Литература

1. Шереметьев С.С., Воронов В.А., Лавров Н.А., Журлова П.Ю. О реализации цикла Карно в холодильной и криогенной технике // Наука сегодня: реальность и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. Вологда: ООО «Маркер». 2016. С. 47–48.
2. Шереметьев С.С., Шишиков А.О., Лавров Н.А. Экспериментальная установка для исследования работы систем регулирования малых холодильных машин // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. № 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pmce/mdpr/1548.html> DOI: 10.18698/2308-6033-2016-11-1548
3. Шишов В.В., Ревков А.В. К вопросу об «адаптации» кондиционеров к условиям Российского климата // Фармина: веб-сайт. URL: http://old.farmina.ru/gl_ing/stat_1.php (дата обращения: 14.04.2017)
4. Гаранов С.А., Воронов В.А., Заболотный Д.Ю., Журлова П.Ю. Стенд парокомпрессионного теплового насоса // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. № 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pmce/vct/1460.html> DOI: 10.18698/2308-6033-2016-1-1460
5. Воронов В.А., Журлова П.Ю., Заболотный Д.Ю., Шереметьев С.С. Подбор смесевых хладагентов для парокомпрессионных холодильных машин и тепловых насосов // Политехнический молодежный журнал. 2016. № 3. URL: <http://ptsj.ru/catalog/pmc/mdpr/23.html> DOI: 10.18698/2541-8009-2016-3-23

Евушкин Артем Игоревич — магистрант кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Шереметьев Станислав Сергеевич — магистрант, ассистент кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», инженер НУК «Энергомашиностроение», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Воронов Владимир Андреевич — канд. техн. наук, заведующий лабораторией «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Апсит Константин Александрович — магистрант, ассистент кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», инженер НУК «Энергомашиностроение», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

WINTER OPERATION MODE OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM USING A VAPOR COMPRESSION REFRIGERATION CYCLE WITH A CAPILLARY TUBE AS A THROTTLING DEVICE

A.I. Evushkin

artem.evushkin@gmail.com

S.S. Sheremetev

trmlvnos@gmail.com

V.A. Voronov

bread@mail.ru

K.A. Apsit

kosta_02@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

We specify a problem related to refrigerators operating in winter. We consider operation of a vapour compression refrigerator featuring a classic throttling device, a capillary tube. We supply the results obtained during an experiment using the capillary tube when the ambient temperature was below -35 degrees centigrade. We state the primary disadvantages of the refrigeration method under study. We provide suggestions for employing capillary throttling devices

Keywords

Air conditioning system, refrigerator, capillary tube, throttling device, winter operation mode of an air conditioning system

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Sheremet'yev S.S., Voronov V.A., Lavrov N.A., Zhurlova P.Yu. [On implementing Carnot cycle in refrigerating and cryogenic engineering]. *Nauka segodnya: real'nost' i perspektivy. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Science today: reality and prospects. Proc. Int. Sci.-Practice Conf.]. Vologda: OOO "Marker", 2016, pp. 47–48. (in Russ.)
- [2] Sheremet'yev S.S., Shirshikov A.O., Lavrov N.A. The experimental setup for the operation of small refrigerator control system research. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2016, no. 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pmce/mdpr/1548.html> (in Russ.) DOI: 10.18698/2308-6033-2016-11-1548
- [3] Shishov V.V., Revkov A.V. K voprosu ob «adaptatsii» konditsionerov k usloviyam Rossiyskogo klimata [On problem of air conditioner "adaptation" to the Russian climate conditions]. Old.Farmina: website. URL: http://old.farmina.ru/gl_ing/stat_1.php (accessed 14.04.2017) (in Russ.)
- [4] Garanov S.A., Voronov V.A., Zabolotnyy D.Yu., Zhurlova P.Yu. Vapor compression heat pump stand. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2016, no. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pmce/vct/1460.html> (in Russ.) DOI: 10.18698/2308-6033-2016-1-1460
- [5] Voronov V.A., Zhurlova P.Yu., Zabolotnyy D.Yu., Sheremet'yev S.S. Selecting refrigerant blends for vapour-compression refrigeration systems and heat pumps. *Politekhniicheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2016, no. 3. URL: <http://ptsj.ru/catalog/pmc/mdpr/23.html> (in Russ.) DOI: 10.18698/2541-8009-2016-3-23

Evushkin A.I. — Master's Degree student, Department of Refrigeration, Cryogenic Engineering, Air Conditioning and Life Support Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Sheremetev S.S. — Master's Degree student, Assist. Lecturer, Department of Refrigeration, Cryogenic Engineering, Air Conditioning and Life Support Systems; engineer, Power Engineering Research and Education Center, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Voronov V.A. — Cand. Sc. (Eng.), Head of the Laboratory, Department of Refrigeration, Cryogenic Engineering, Air Conditioning and Life Support Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Apsit K.A. — Master's Degree student, Assist. Lecturer, Department of Refrigeration, Cryogenic Engineering, Air Conditioning and Life Support Systems; engineer, Power Engineering Research and Education Center, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.