

Экспериментальное исследование процессов оттаивания горячими парами хладагента в парокompрессионной холодильной машине с соленоидным клапаном в качестве регулятора расхода хладагента

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Предложено схемное решение парокompрессионной холодильной машины с соленоидным клапаном в качестве регулятора расхода хладагента позволяющее использовать оттаивание горячими парами хладагента в зимний период времени. Представлены результаты экспериментальных исследований оттаивания холодильной машины. Целью экспериментальных исследований был анализ работоспособности оттаивания холодильной машины. Было показано, что в зимний период времени с новым схемным решением оттаивание работает в нормальном режиме и позволяет полностью отказаться от ТЭНов. В результате выполняется более точное регулирование перегрева и уменьшается энергопотребление холодильной машины.

Ключевые слова: холодильная машина, соленоидный клапан, снижение энергопотребления, энергоэффективность, оттаивание.

Введение

В настоящее время высокая энергетическая эффективность, низкие капитальные затраты и экологическая безопасность – основные требования, которые предъявляются к холодильному оборудованию [1].

В работе [1] было предложено заменить в стандартной холодильной машине (ХМ) терморегулирующий вентиль (ТРВ) на простой соленоидный клапан, который будет выступать в качестве регулятора расхода хладагента. Было показано, что при данной замене уменьшаются капитальные затраты и увеличивается энергоэффективность системы в целом. В работе [2] были приведены результаты экспериментальных исследований, которые доказали, что модифицированная ХМ имеет преимущество по энергопотреблению в сравнении со стандартной ХМ. Это связано с тем, что в холодильной машине с соленоидным клапаном в качестве регулятора расхода хладагента температура конденсации в зимний период времени может быть снижена при снижении температуры окружающей среды. Вместе со снижением температуры конденсации снижается и энергопотребление компрессора. Это приводит к увеличению энергоэффективности системы в целом.

Также, экспериментально было показано, что оттаивание горячими парами хладагента, в зимний период времени, не работает. Поэтому необходимы дополнительные исследования процесса оттаивания в зимний и летний периоды времени.

Постановка и решение задачи

В современных холодильных машинах существуют два основных типа оттаивания испарителя воздухоохладителя: горячими парами и электронагревателями. Трубчатые электронагреватели встраиваются в отверстия ребер, в трубы воздухоохладителя или располагаются рядом с ним. Это способ очень широко используется, т.к. при его использовании нет необходимости в дополнительных трубопроводах, арматуре. Однако, он требует значительных затрат электроэнергии, что является серьезным недостатком. Кроме того, по причине плохого контакта с трубчатой поверхностью испарителя воздухоохладителя время оттаивания может составлять 20-30 минут. Это приводит к увеличению температуры в охлаждаемом объеме и обработке замороженных продуктов теплым воздухом. Также, после завершения процесса оттаивания холодильной машине необходимо отвести ту теплоту, которую подвели ТЭНы. Второй способ – оттаивание горячими парами хладагента. По сравнению с оттаиванием ТЭНами он более энергоэффективен. Время оттаивания снижено, поскольку снежная шуба отпадает от труб испарителя. Основным недостатком данного метода является возможность гидроудара в компрессоре, при некачественном регулировании поскольку газообразный хладагент отдавая тепло в испарителе может сконденсироваться.

Анализ процесса оттаивания горячими парами хладагента был проведен на экспериментальной установке в г. Харькове работающей на фреоне R507. Принципиальная схема установки представлена на рис. 1. Холодильная машина имеет расчетную холодопроизводительность 18,7 кВт при температуре испарения $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре конденсации $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Модифицированная холодильная машина состоит из: компрессора (К), конденсатора (КН), испарителя (И), соленоидных клапанов (СВ1 и СВ2), датчиков давления и температуры (ДТ и ДД), дистрибьютора (Д), смотрового окна (СМ), фильтра-осушителя (Ф), обратного клапана (ОК), контроллера (КНТ).

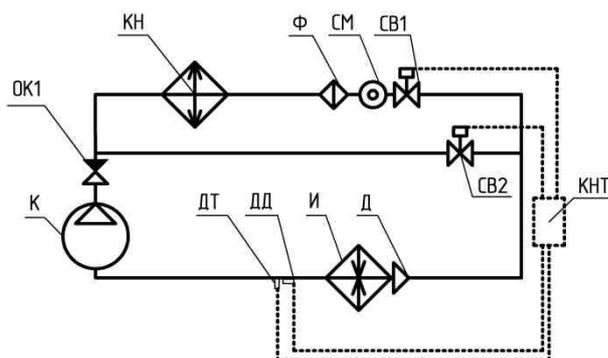


Рис. 1. Схема модифицированной ХМ:

К – компрессор; КН – конденсатор; Ф – фильтр-осушитель; СМ – смотровое окно; СВ1, СВ2 – соленоидный клапан; ДД – датчик давления, ДТ – датчик температуры, Д – дистрибьютор; КНТ – контроллер; И – испаритель; ОК1 – обратный клапан.

Принцип работы модифицированной холодильной машины описан в работе [1].

Измерение температуры окружающей среды осуществлялось с помощью датчиков температуры DS1921G с погрешностью $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Давление конденсации измерялось с помощью датчика Eliwell EWPA 030 с погрешностью $\pm 1\%$. Давление

испарения измерялось с помощью датчика Danfoss MBS 1700 0 - 10 с погрешностью $\pm 1\%$. Температура хладагента на выходе из испарителя измерялась с помощью датчика DS1921G с погрешностью $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для снижения теплотерь трубопровод, связывающий соленоидный клапан (CB1) и испаритель (И), а также испаритель (И) с компрессором (К), был теплоизолирован.

Процесс оттаивания в данном схемном решении (см. рис. 1), в зимний период времени, не работает. Это связано с тем, что конденсатор является более холодным, весь хладагент со временем аккумулируется в нем. Происходит постепенное падение давления паров хладагента в испарителе (см. рис. 2) и увеличение температуры перегрева (см. рис. 3). В результате процесс оттаивания испарителя завершается принудительно – пресостат низкого давления отключает компрессор.

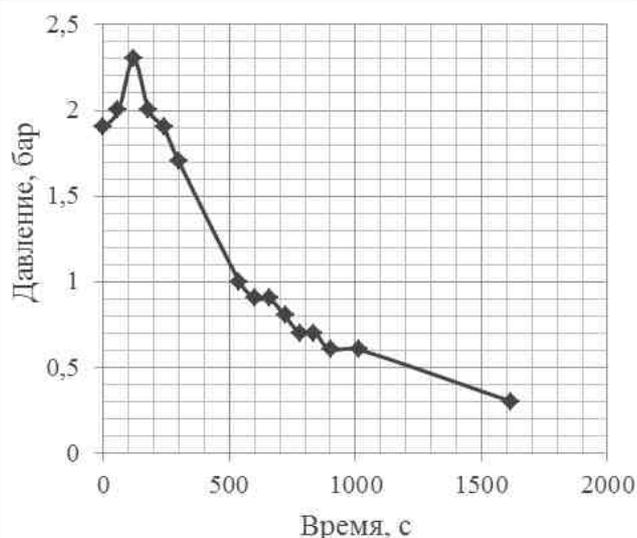


Рис. 2. Давление в испарителе в режиме оттаивания в зимний период времени

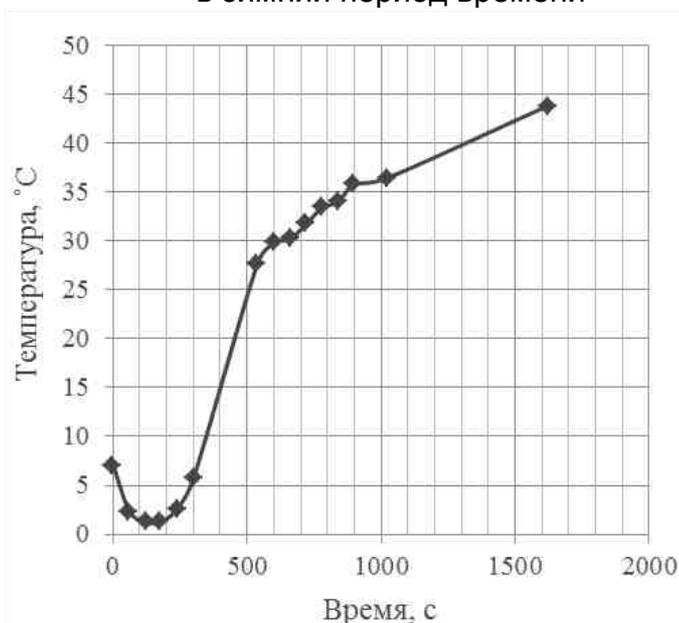


Рис. 3. Перегрев паров хладагента в режиме оттаивания в зимний период времени

Поскольку в данном схемном решении оттаивание горячими парами не работает в зимний период времени, было предложено внести в схему модифицированной ХМ следующее изменение, оно представлено на рис. 4. На входе в конденсатор был установлен соленоидный клапан СВ3, который в процессе оттаивания, должен перекрывать конденсатор и не давать скапливаться там хладагенту. График перегрева с перекрытым конденсатором представлен на рис. 5.

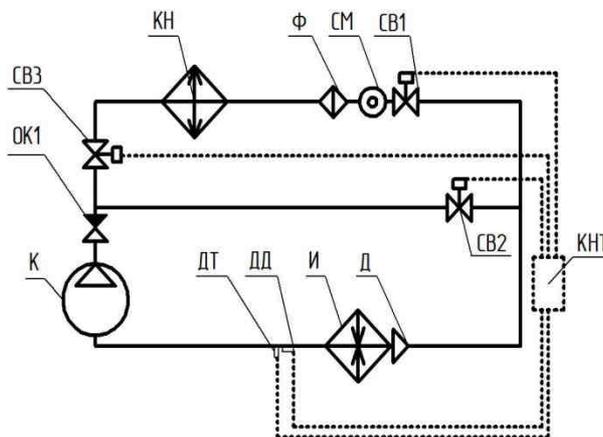


Рис. 4. Схема модифицированной ХМ с регулируемым перегревом:
 К – компрессор; КН – конденсатор; Ф – фильтр-осушитель; СМ – смотровое окно;
 СВ1, СВ2, СВ3 – соленоидный клапан; ДД – датчик давления,
 ДТ – датчик температуры, Д – дистрибьютор; КНТ – контроллер; И – испаритель;
 ОК1 – обратный клапан.

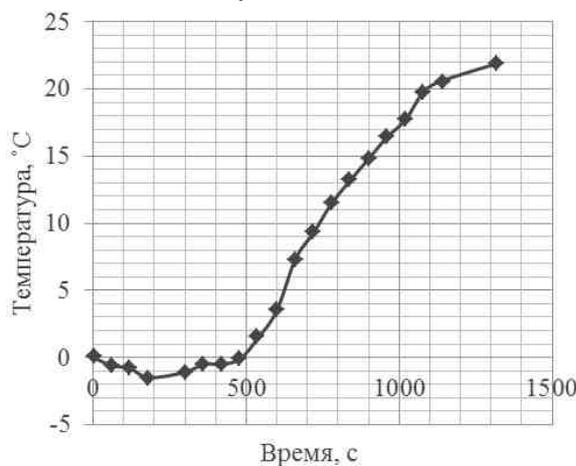


Рис. 5. Перегрев паров хладагента в зимний период времени с перекрытым конденсатором

Как видно из графика (см. рис 5) перегрев паров хладагента при полностью перекрытом конденсаторе в начале процесса оттаивания отрицательный. В системе испаритель-компрессор слишком много хладагента – это и приводит к отрицательному перегреву, что может привести к гидроудару в компрессоре. В дальнейшем хладагент нагревается и его уже не хватает.

В силу этих обстоятельств было предложено процесс оттаивания регулировать следующим образом: в начальный момент процесса оттаивания количество

паров хладагента в испарителе слишком велико, поэтому перегрев (см. рис. 5) начинает падать, чтобы этого избежать необходимо соленоидный клапан перед конденсатором при этом не закрывается сразу, а держать его в открытом состоянии. В дальнейший момент времени более холодный конденсатор начинает заполняться хладагентом и по достижению необходимого уровня перегрева СВЗ закрывается. Таким образом, оттаивание горячими парами хладагента возможно и в зимний момент времени (рис. 6).

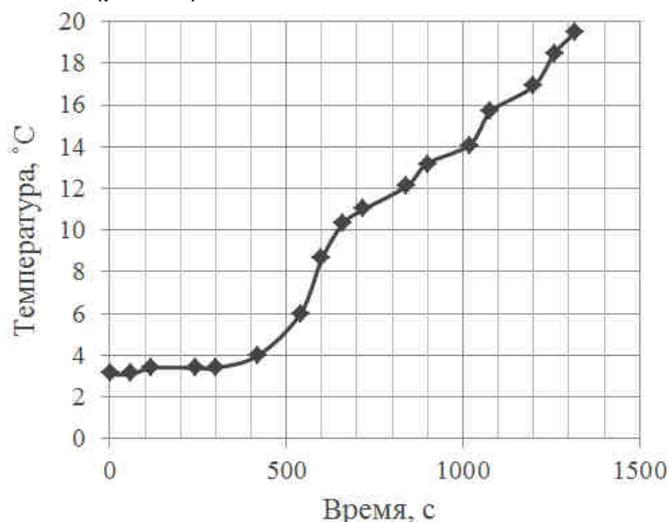


Рис. 6. Перегрев паров хладагента в зимний период времени с регулируемым перегревом

Заключение

Результаты экспериментальных исследований доказали, что предложенное изменение схемного решения ХМ с соленоидным клапаном в качестве регулятора расхода хладагента позволяет использовать оттаивание горячими парами хладагента в зимний период времени. Данная модернизация не влияет на основную работу холодильной машины, а лишь позволяет выполнять более точное и эффективное регулирование перегрева после испарителя. Это позволяет полностью отказаться от ТЭНов оттаивания как в летний, так и в зимний период времени и увеличить энергоэффективность холодильной машины.

Кроме того, для проектирования таких систем необходимо построение адекватной математической модели, позволяющей определять основные геометрические и другие параметры системы.

Список литературы

1. Парокомпрессионная холодильная машина с соленоидным клапаном в качестве регулятора расхода хладагента [Текст] / И. Н. Лукашев, Г. А. Горбенко, П. Г. Гакал, Р. Ю. Турна, Н. И. Иваненко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2013. – №2/99. – С. 71-76.
2. Экспериментальное исследование процессов в парокомпрессорной холодильной машине с соленоидным клапаном в качестве регулятора расхода хла-

дагента [Текст] / И. Н. Лукашев, Г. А. Горбенко, П. Г. Гакал, Д. В. Чайка, Р. Ю. Турна // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – №8/105. – С. 86-90.

Поступила в редакцию 04.02.2016

Експериментальне дослідження процесів відтавання гарячими парами холодоагенту у парокомпресорній холодильній машині з соленоїдним клапаном у якості регулятора витрати холодоагенту

Запропоновано схемне рішення парокомпресорної холодильної машини з соленоїдним клапаном в якості регулятора витрати холодоагенту, що дозволяє використовувати відтавання гарячими парами холодоагенту в зимовий період часу. Представлені результати експериментальних досліджень відтавання холодильної машини. Метою експериментальних досліджень був аналіз працездатності відтавання холодильної машини. Було показано, що в зимовий період часу з новим схемним рішенням відтавання установка працює в нормальному режимі і дозволяє повністю відмовитися від ТЕНів. У результаті виконується більш точне регулювання перегріву і зменшується енергоспоживання холодильної машини.

Ключові слова: холодильна машина, соленоїдний клапан, зниження енергоспоживання, енергоефективність, відтавання.

Experimental Research of Defrosting by Hot Gas of Refrigerant in the Vapor Compression Refrigeration Plant with a Solenoid Valve as a Regulator of the Refrigerant Flow

Schematic of the vapor-compression refrigeration plant with solenoid valve as a flow regulator allows the use of refrigerant defrosting hot gas refrigerant in the winter time has been proposed. The results of experimental studies defrosting of the refrigerant plant are presented. The purpose of the experimental study was to analyze the performance defrosting of the refrigeration plant. It has been shown that in the winter time with the new system solution defrosting the plant works normally, and allows to completely give up the heaters. As a result, it provides a more exact regulation of heat and reduces power consumption of the refrigeration plant

Keywords: refrigerating plant, a solenoid valve, reducing energy consumption, energy efficiency, defrosting.