

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА С ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРОМ И ПРИ САМООХЛАЖДЕНИИ КОМПРЕССОРА

Омаров Р.А., Демесова С.Т.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

Ключевые слова: тепловой насос, компрессор, испаритель, конденсатор, гелиоколлектор, солнечная энергия.

Аннотация. В статье рассматриваются процессы поглощения солнечной энергии гелиоколлектором посредством теплового насоса. Обосновывается предположение о существенном повышении теплопроизводительности гелиоколлектора за счет дополнительного поглощения тепла атмосферного воздуха. Автор приходит к выводу, что резервом повышения теплопроизводительности может служить изготовление поглощающей панели гелиоколлектора из светопрозрачного материала. Также рассматриваются вопросы самоохлаждения компрессора собственным испарителем. Анализируется концепция влияния утилизации тепла выделяемого компрессором на внутренние процессы преобразования энергии. Автор приходит к выводу, что новое техническое решение способно повысить теплопроизводительность теплового насоса за счет возврата в систему тепла выделяемого компрессором, улучшения температурного режима работы основных элементов компрессора, включая охлаждение электрических обмоток приводного двигателя и, соответственно, увеличить срок службы.

Тепловые насосы (ТН) и теплонасосные технологии (ТНТ) являются одним из приоритетов мировой энергетической политики. Сегодня в мире эксплуатируется более 130 млн. тепловых насосов (ТН). Лидерами в области разработки и производства ТН являются Японские компании: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, Daikin Europe N.V., Fujitsu General Ltd, Mitsubishi Electric, Toshiba-Carrier, а также Gree (КНР), Climaveneta и Glow-worm (Великобритания), AERMES и G. I. HOLDING S.p.a. (Италия) [1].

Европейский союз признал ТН оборудованием, использующим возобновляемую энергию, что сделало их конкурентоспособными наряду с солнечной, биомассой и геотермальной энергией, так как поверхностная геотермальная энергия может быть извлечена только с использованием ТН. Другой сферой соперничества является возможность использования ТН для охлаждения. Конкурентами здесь выступает только солнечное термическое охлаждение [2]. На 75% и 95% новых зданий и сооружений в этих странах устанавливаются ТН. Это дает основание предположить, что ТН может стать ключевой технологией для достижения целей по программе Европейского союза 20/20/20, а также Голубой карты Международного Энергетического Агентства (IEA) по ограничению глобального потепления на 2 градуса.

Функционирование ТН – сложный термодинамический процесс, который состоит из внутренних процессов преобразования энергии и взаимодействия с внешним низкопотенциальным источником тепла (НПИТ).

Рассмотрим закономерности функционирования теплового насоса на примере ТН с самоохлаждающимся компрессором [3-5] и его работе в системе с гелиоколлектором.

При работе ТН в системе гелиоколлектором (ГК), осуществляется «выкачивание» тепла из ГК, которая поступает от солнечной радиации. Также, в

результате понижения температуры теплоносителя циркулирующего в полости ГК ниже температуры окружающего его воздуха, идет дополнительное поглощение тепла из атмосферного воздуха. В результате взаимодействия в ГК образуются потоки энергии, которые можно выразить уравнением теплового баланса:

$$(E - Q_0 - Q_1 + 2Q_2) \cdot S - Q_3 = C_1 \cdot \frac{dt_1}{d\tau}, \quad (1)$$

где E – интенсивность солнечной радиации, кВт/м²; Q_0 – потери СЭ связанные с отражением от поверхности светопрозрачного покрытия и потерями при прохождении через покрытие; Q_1 – потери СЭ связанные с отражением от поверхности поглощающей панели (ПП) ГК и при прохождении через слой материала ПП; Q_2 – тепловой поток, поступающий из атмосферы в ГК, при понижении температуры поглощающей панели ниже температуры окружающей среды; Q_3 – полезная теплопроизводительность ГК; S – площадь ГК; C_1 – общая теплоемкость теплоносителя и материала ГК), ккал/град; t_1 – текущая температура теплоносителя; τ – время, ч.

Результатом решения уравнения (1) является формула для расчета текущей температуры теплоносителя циркулирующего через испаритель:

$$t_1 = \frac{U_L \cdot t_0 \cdot S + W_{EL} \cdot \epsilon \cdot t_4 + E(1 - k_0 - k_1 + k_1 \cdot k_0) \cdot S - W_{EL} \cdot (a - 1)}{U_L \cdot S + W_{EL} \cdot \epsilon} - \frac{E(1 - k_0 - k_1 + k_1 \cdot k_0) \cdot S - W_{EL} \cdot (a - 1) + W_{EL} \cdot \epsilon \cdot (t_4 - t_0)}{U_L \cdot S + W_{EL} \cdot \epsilon} \exp \left[- \frac{(W_{EL} \cdot \epsilon + U_L \cdot S) \cdot \tau}{C_1} \right]. \quad (2)$$

Используя формулу (2) можно вывести формулу для расчета холодопроизводительность испарителя ТН:

$$Q_1 = [E(1 - k_1) \cdot S - W_{EL} \cdot (a - 1) + W_{EL} \cdot \epsilon \cdot (t_4 - t_0)] \exp \left[- \frac{(W_{EL} \cdot \epsilon + U_L \cdot S) \cdot \tau}{C_1} \right], \quad (3)$$

где W_{EL} – энергозатраты на привод компрессора.

К мало изученной области относится конструктивная компоновка элементов ТН. Результаты литературного анализа показывают, что схемы современных ТН переняты с холодильных установок. Это приводит к большим габаритам, металлоемкости теплообменников. К функциональным минусам можно отнести отсутствие эффективного метода охлаждения компрессора – основного элемента ТН, не использование тепла выделяющегося с поверхности компрессора, которые практически не учитываются и включаются в разряд естественных потерь.

В результате проведенного обзора осуществлен выбор и сформировано конструктивно-технологическое решение устройства ТН. В устройстве устранены недостатки присущие известным аналогам. Схема нового решения приведена на рисунке 1.

Предлагаемый ТН состоит из: компрессора 1, конденсатора 2, испарителя 3, дросселирующего устройства 4, где теплообменники конденсатора и испарителя, выполненные конструктивно одинаково в виде теплообменника “труба в трубе”, содержат внутренний трубопровод 5, по которому циркулирует хладагент и

внешний трубопровод 6 по которому, а именно по межтрубному пространству, циркулирует теплоноситель, омывающий трубопровод 5. При этом, внутренний трубопровод 5 выполнен в виде спирали, создавая винтовой канал для циркулирующего в межтрубном пространстве теплоносителя. Внешние трубопроводы конденсатора и испарителя снабжены патрубками для ввода 7, 9 и вывода 8, 10 теплоносителя, с условием, что патрубки для ввода расположены со стороны выхода хладагента, а вывода, со стороны входа хладагента. Конструктивно, трубопроводы теплообменников конденсатора и испарителя уложены витками одна над другой, по винтовой линии с одинаковым средним диаметром и шагом витков, образуя цилиндрическую форму, с размещением конденсатора над испарителем, а компрессора внутри испарителя. Последовательное соединение компрессора с конденсатором, конденсатора с дросселирующим устройством, дросселирующего устройства с испарителем и испарителя с компрессором выполнены соответственно при помощи штуцерных разъемов 11, 12, 13 и 14

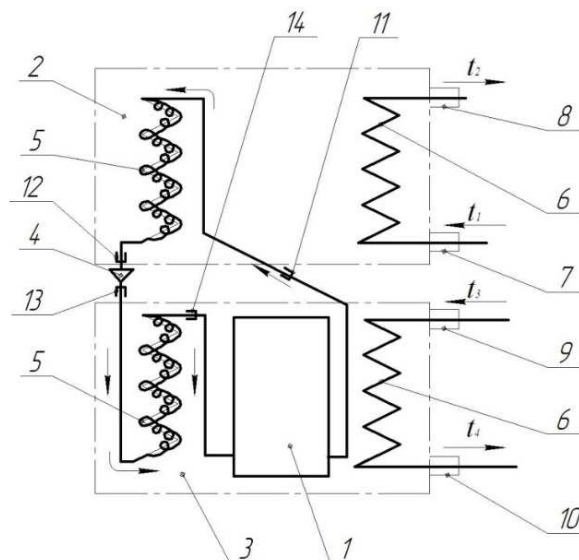


Рис. 1. Схема конструктивного устройства нового ТН

Работа ТН осуществляется в следующей последовательности. Хладагент, являющийся основным рабочим телом, работает по известному принципу. Циркулируя по замкнутому контуру, он движется от компрессора 1, через внутренний трубопровод 6 теплообменника конденсатора 2, дросселирующее устройство 4, внутренний трубопровод испарителя 3 и возвращается обратно в компрессор в парообразном состоянии. В процессе прохождения по внутреннему трубопроводу теплообменника конденсатора нагретый хладагент отдавая свое тепло и нагревая циркулирующий в межтрубном пространстве теплоноситель, сам конденсируется. Проходя через дросселирующее устройство 4 хладагент попадает из зоны высокого давления в зону разряжения (вакуума), а именно, во внутренний трубопровод испарителя, где, закипая, превращается в пар, поглощая тепло через стенку трубопровода из теплоносителя, поступающего из низкотемпературного источника и протекающего через межтрубное пространство. Вобравший в себя тепло низкотемпературного источника парообразный хладагент попадает в компрессор, где осуществляется его сжатие, сопровождающийся нагревом. При этом, теплоноситель дополнительно вбирает в себя энергию от работы привода компрессора. Далее, хладагент обратно подается в конденсатор, где нагревает теплоноситель, циркулирующий в межтрубном пространстве и цикл снова повторяется. В результате, нагретый теплоноситель с температурой t_2 подается через выходной патрубок 8 потребителю и возвращается обратно через патрубок 7 уже охлажденным с температурой t_1 (то есть $t_2 > t_1$). Соответственно, в патрубок 9 теплообменника испарителя входит теплоноситель из низкотемпературного источника с температурой t_3 , а выводится из патрубка 10 со сниженной температурой t_4 (то есть $t_3 > t_4$). В процессе прохождения по

межтрубному пространству конденсатора и испарителя теплоноситель, благодаря спиральной форме внутреннего трубопровода 5, закручивается по винтовой траектории и, смешиваясь с частью потока, который проходит прямоходом, создает эффект турбулизации, интенсифицирующий теплообмен.

В предлагаемом решении сборка теплового насоса осуществляется в следующей последовательности: вначале устанавливается испаритель 3, затем размещается внутри него компрессор 1 (или наоборот), производится соединение трубопровода для хладагента при помощи разъема 14. Затем устанавливается дросселирующее устройство 4, которое соединяется при помощи разъема 13. После этого устанавливается конденсатор 2, который соединяется разъемами 11 и 12. Процесс разборки осуществляется в обратной последовательности.

Список литературы / References

1. Калинин М.И., Шахназаров С.Г. Оптимизация технологических и регионально-геологических решений при разработке и внедрении в России инновационных технологий на возобновляемых энергоресурсах // Тепловые насосы. Дайджест. - 2011. - №1. - С. 12-22.
1. Kalinin M.I., Shakhnazarov S.G. Optimization of technological and regional-geological solutions in the development and implementation in Russia of innovative technologies for renewable energy resources // Heat pumps. Digest. - 2011. - №1. - P. 12-22.
2. The Heat Pump Centre (HPC) is the the central information source of IEA's Heat Pump Programme (HPP). - <http://www.heatpumpcentre.org>
3. Omarov R., Stoyanov, I., Saule, D., Kunelbayev, M., Yerkin, Y. Experimental studies of a heat pump with microprocessor control on an animal farm. International Journal of Applied Engineering Research. Vol. 12, N 24 (2017), pp. 14259-14267.
4. Omarov R., Keshuov S., Omar D., Baibolov A., Tokmoldayev A., Kunelbayev M. Calculation of Heat Output of the Combined System with a Solar Collectors and Heat Pump. Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017, 12: 1590-1598.
5. Omarov R., Omar D., Kunelbayev M., Abdygaliyeva S. Studies with the heat pump compressor auto refrigerated. IIOAB Journal 2016. Vol.7 (Suppl 1):484 -495I.

Сведения об авторах:

Омаров Рашид Абдыгаравович – д.т.н., профессор, КазНАУ, г. Алматы;

Демесова Сауле Талгаткызы – магистр электроэнергетики, докторант, КазНАУ, г. Алматы.

FEATURES OF FUNCTIONING HEAT PUMP WITH HELIOCOLLECTOR AND SELF-COOLING COMPRESSOR

Omarov R.A., Demessova S.T.

Keywords: heat pump, compressor, evaporator, condenser, solar collector, solar energy.

Abstract. The article discusses the processes of absorption of solar energy by a solar collector through a heat pump. The assumption of a significant increase in the thermal performance of the solar collector due to the additional heat absorption of atmospheric air is substantiated. The author comes to the conclusion that the manufacture of the solar collector panel made of translucent material can serve as a reserve for increasing the heat output. It also addresses the issues of self-cooling compressor with its own evaporator. The concept of the impact of heat recovery emitted by the compressor on the internal processes of energy conversion is analyzed. The author comes to the conclusion that the new technical solution can increase the heat output of the heat pump by returning heat from the compressor to the system, improving the operating temperature of the main components of the compressor, including cooling the electrical windings of the drive motor and, accordingly, increasing the service life.