

УДК 697

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОГО ПОЛА

Шумкин А. Г.

Студент бакалавр по направлению подготовки

«Теплоэнергетика и теплотехника», 5 курс

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

Россия, г. Саранск

Миндров К. А.

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры

«Теплоэнергетических систем»

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

Россия, г. Саранск

Кузнецов А. А.

Старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетических систем»

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

Россия, г. Саранск

Аннотация

Статья обосновывает применение тепловых насосов, использующих тепло канализационных стоков, для нагрева воды на нужды отопления в контурах теплого пола. Тепловой насос обеспечивает нагрев температуры внутреннего воздуха помещения лаборатории в учебном корпусе университета.

Ключевые слова: тепловой насос, теплый пол, энергосбережение, теплоснабжение, низкопотенциальные источники.

JUSTIFICATION OF THE USE OF A HEAT PUMP IN A UNDERFLOOR HEATING SYSTEM

Shumkin A. G.

Bachelor's degree in the direction of training

"Heat power engineering and heat engineering", 5th year

National Research Mordovia State University

Saransk, Russia

Mindrov K. A.

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of "Heat and Power Systems»

National Research Mordovian State University

Saransk, Russia

Kuznetsov A. A.

Senior Lecturer of the Department of "Heat and Power Systems"

National Research Mordovian State University

Saransk, Russia

Annotation

The article justifies the use of heat pumps that use the heat of sewer drains to heat water for heating needs in underfloor heating circuits. The heat pump provides heating of the temperature of the internal air of the laboratory room in the academic building of the university.

Keywords: heat pump, underfloor heating, energy saving, heat supply, low-potential sources.

В настоящее время в целях повышения энергоэффективности, всё больше внимание уделяется нетрадиционным возобновляемым источникам энергии, на базе теплонасосных систем теплоснабжения. Применение низкопотенциального тепла для теплоснабжения здания, способствует снижению финансовых затрат за тепловую энергию от централизованных источников. Поэтому применение тепловых насосов широко распространено в США и Европейском союзе, где их количество превысило 50 млн., особенно учитывая не только экономическую эффективность, но экологическую привлекательность, что особенно актуально в последнее время [1; 4; 8; 10].

Внедрение теплового насоса для системы теплых полов на основе канализационных стоков магистрального коллектора в п.Ялга, планируется при проведении ремонтных работ в секции № 2 корпуса № 15 ВУЗа, помещение которой планируется использовать для лабораторий по теплотехнике. Тепловые насосы обеспечивают передачу энергии потребителю в несколько раз больше чем затрачивают сами. Широкое распространение получили тепловые насосы малой мощности до 100 кВт, их использование возможно, как в летний период, так и при низких температурах в зимний период. В тепловых насосах можно использовать грунтовые воды, сетевую воду системы теплоснабжения с обратного трубопровода, уходящие газы и прочие источники тепла. В качестве источника тепловой энергией для теплых полов возможно также использование утилизации сточных вод со зданий различного бытового назначения, а также промышленных предприятий. При утилизации сточных вод в объёмах города, повышается эффективность очистных сооружений, и снижается загрязнение рек [5].

При преобразовании теплоты с низкотемпературного источника, с учетом температурных параметров окружающей среды, разность температур между источником и потребителем тепловой энергии будет минимальной. Температура внутри помещения должна быть в пределах 18 – 20 °С, а температура воды на вводе каждого отдельного контура теплого пола достаточно всего 40 – 45 °С [3; 9].

Система отопления выполненная в виде теплого пола имеет множество преимуществ по сравнению с традиционными системами. Так, например, при равномерном распределении тепла снизу-вверх по всему периметру помещения требует меньше тепловой и электрической нагрузки. На рисунке 1 приведена схема теплового насоса, использующего тепло канализационных стоков магистрального коллектора, проходящего около корпуса университета [7]. Таким образом теплоноситель с температурой в среднем 15 °С поступает в испаритель, отдавая тепло во внутренний контур теплового насоса, охлаждаясь на несколько градусов. Испаритель выполнен в виде змеевика, и расположен, непосредственно в канализационном колодце. Внутренний контур теплового насоса содержит

хладагент R134a, который обладая низкой температурой кипения, преобразуется в испарителе из жидкого состояния в газообразное. Далее, хладагент в газообразном состоянии попадая в компрессор сжимается до высокого давления и температуры, в данном случае до 60–65 °С и 25–30 бар, а затем поступает в конденсатор, расположенный в здании корпуса. В конденсаторе хладагент отдает полученное тепло, теплоносителю поступающего с обратного трубопровода теплого пола, т.е. в систему отопления. Кроме того, полученных параметров теплоносителя достаточно для обеспечения потребителей горячем водоснабжением по независимой схеме. Таким образом хладагент охлаждается, снова переходя в жидкое состояние, а нагретый теплоноситель поступает в коллекторы системы отопления теплого пола здания и пластинчатый теплообменник для системы горячего водоснабжения. Так как давление хладагента перед испарителем все ещё достаточно высокое, для его понижения служит редукционный клапан, а далее цикл в тепловом насосе повторяется.

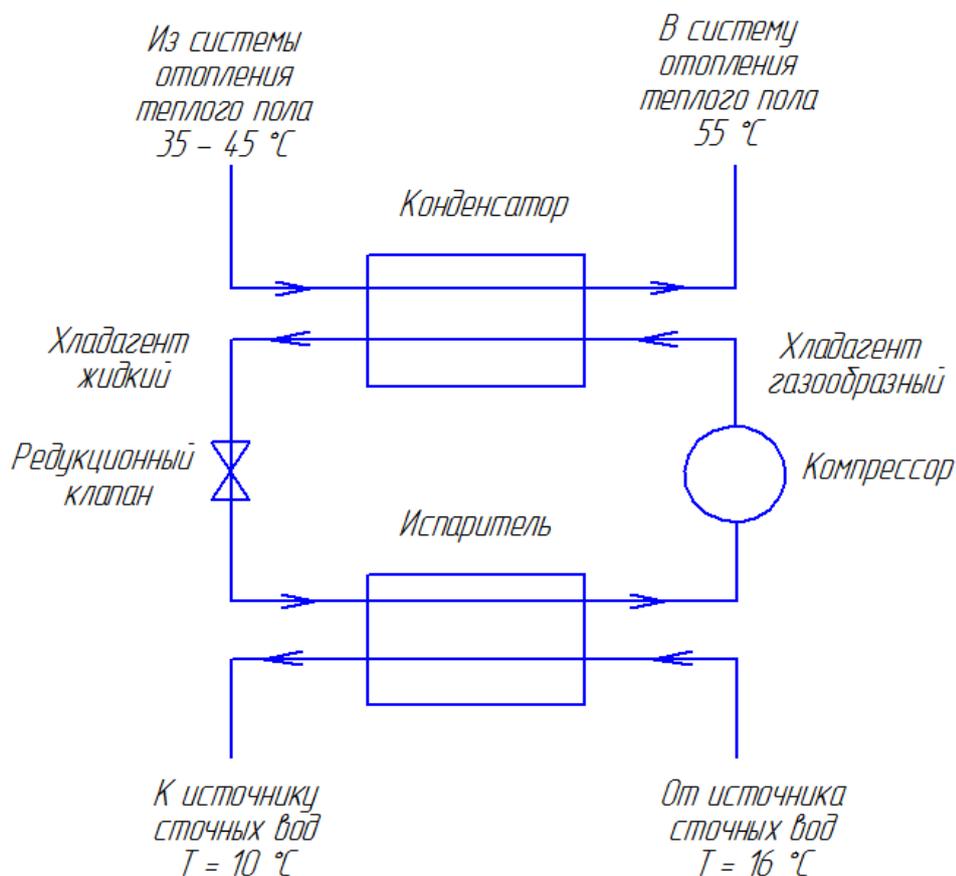


Рис. 1 – Принципиальная схема теплового насоса

Для создания необходимой температуры внутри помещения необходимо 30 кВт тепловой мощности, для чего достаточно теплового насоса с одноступенчатым центробежным компрессором. При выполнении расчетов определено, что температура на выходе с испарителя должна составлять около 3,5 °С, а в конденсаторе 60,0 °С. В качестве рабочего тела в тепловом насосе используется хладагент R-134a с температурой 101,08 °С и давлением 40,603 бар в критической точке.

Необходимая тепловая мощность, которую должен обеспечить тепловой насос для системы теплового пола составляет 30 кВт, а нагрев сетевой воды при этом должен быть в диапазоне температур от 30 °С до 55 °С. Расход хладагента при этом составит [6]:

$$m = \frac{Q}{h_2 + h_3} = \frac{30}{(426,63 - 287,29)} = 0,215 \text{ кг/с} = 0,78 \text{ т/ч},$$

где Q - тепловая мощность, кВт;

h_2, h_3 - удельные энтальпии в рабочих точках процесса 2 и 3, кДж/кг.

Определим мощность компрессора:

$$N = m \cdot (h_2 - h_1) = 0,22 \cdot (426,63 - 400,2) = 5,69 \text{ кВт}.$$

Потребление электрической энергии на привод компрессора составит:

$$N_{\text{э}} = \frac{N}{\eta_{\text{эм}}} = \frac{5,69}{0,98} = 5,81 \text{ кВт},$$

где $\eta_{\text{эм}}$ - электромеханический КПД электродвигателя.

Коэффициент трансформации тепла определяется по формуле:

$$\mu = \frac{Q}{N_{\text{э}}} = \frac{30,0}{5,81} = 5,17.$$

На рисунке 2 построен холодильный цикл на P - h -диаграмме, отражающая результаты расчета, представленные ранее. Испаритель характеризуется от точки 4 до точки 2, когда происходит преобразование хладагента из жидкого состояния в газообразное. Процесс сжатия хладагента от точки 1 до точки 2 до высокого давления и температуры обеспечивается компрессором. Далее от точки 2 до точки

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

3 в конденсаторе происходит процесс преобразования хладагента из газообразного состояния обратно в жидкое и далее процесс снова повторяется [10].

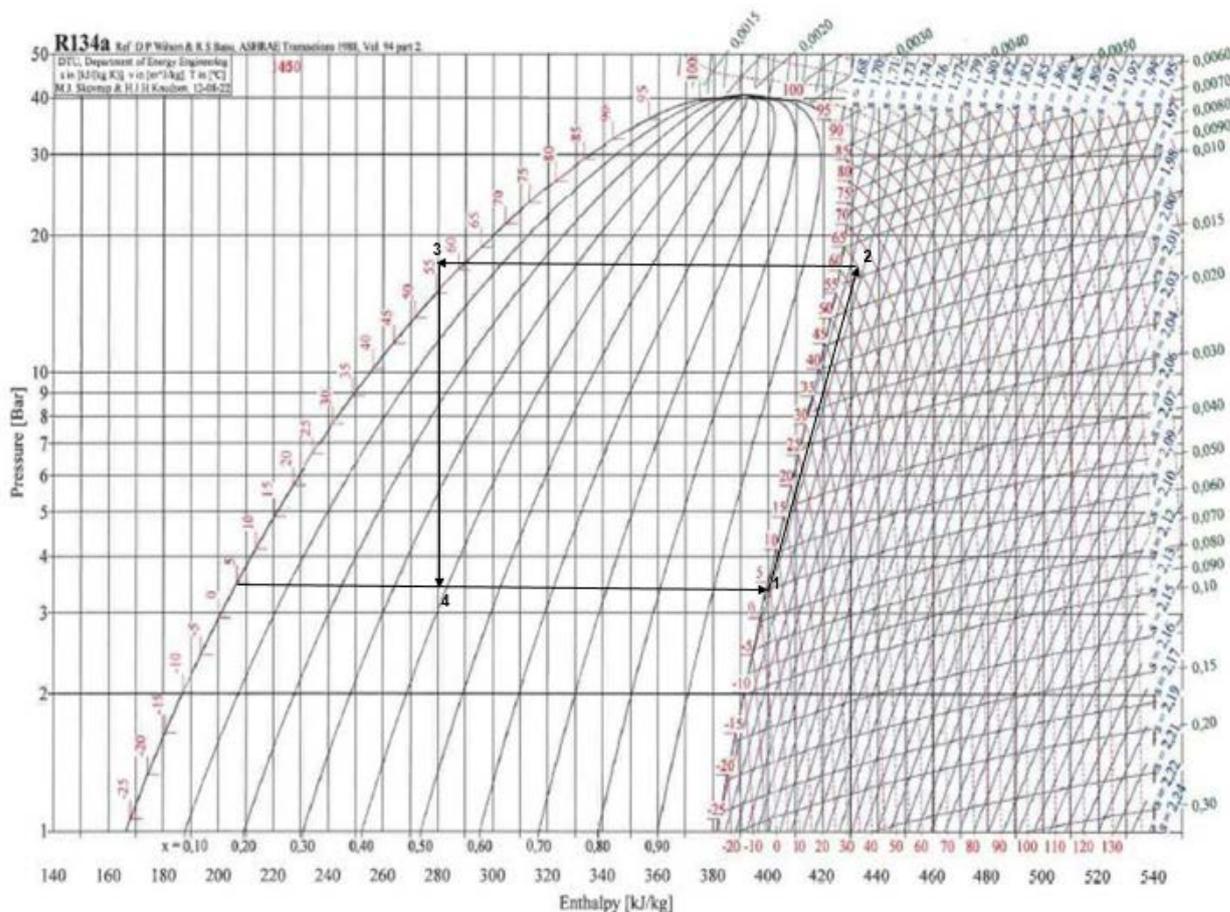


Рис. 2 – *PH*-диаграмма тепловых процессов работы одноступенчатого теплового насоса на хладагенте R-134a на сточных водах

Кроме того, можно отметить, что хладагент третьего поколения R134a характеризуется отсутствием влияния на озоновый слой, а также обладает пожаробезопасностью и взрывозащищённостью. Также интерес может представлять хладагент R-1234yf, однако в связи с тем, что критическая температура для него составляет 96 °С, т.е. ниже, чем у R-134a, он менее оптимален для нашей схемы теплового насоса.

Таким образом с учетом условий региона существуют различные схемы теплоснабжения с тепловыми насосами. Применение теплового насоса в отопительный период эффективно применять в основном периоде потребления тепловой нагрузки, а пиковые периоды покрывать за счет использования

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

калориферной системы. При этом использование теплового насоса возможно, как в летний период для обеспечения кондиционирования, так и для создания тепловой нагрузки. Кроме того, по данным эксплуатирующих организаций, оборудование тепловых насосов обладает высокой эксплуатационной надёжностью, и соответственно сроком службы основных узлов оборудования около 30 лет.

Таким образом определено, что тепловые насосы, использующие тепло на сточных водах, могут обеспечить нагрев сетевой воды на нужды отопления и горячего водоснабжения до 50 – 55 °С в зависимости от температуры хладагента в испарителе.

Библиографический список:

1. Быков А.В. Перспективы создания крупных турбокомпрессорных машин для теплонасосных установок / Быков А.В., Калнинь И.М. // Теплоэнергетика. – 1978. - № 4. – С. 25-28.

2. Васильев Г.П. Эффективность и перспектива использования тепловых насосов в городском хозяйстве Москвы / Васильев Г.П. // Энергосбережение. – 2007. - № 8. – С.63-65.

3. Горшков В.Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор // Справочник промышленного оборудования. 2004. № 2. С. 47-80.

4. Калнинь И.М. Тепловые насосы: вчера, сегодня, завтра / Калнинь И.М., Савицкий И.К. // Холодильная техника. – 2000. - №10. – С. 2–6.

5. Накоряков В.Е. Экологические аспекты применения парокомпрессионных тепловых насосов / Накоряков В.Е. // Изв. РАН. Энергетика. – 2007. - № 4. – С.76–83.

6. Николаев Ю.Е. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ / Николаев Ю.Е., Бакшеев А.Ю. // Промышленная энергетика. – 2007. - №9. – С.14–17.

7. Прокофьева Г.И. Экономическое обоснование использования технологий энергосбережения в строительстве малоэтажной жилой и социальной

инфраструктуры / Прокофьева Г.И., Гусакова Н.В. // Вестник ТГАСУ. – 2014. – №1. – С.181–189.

8. Проценко В.П. Проблемы использования теплонасосных установок в системах централизованного теплоснабжения / Проценко В.П. // Энергетическое строительство. – 1994. - № 2. С.29-34.

9. Соколов Е.Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения / Соколов Е.Я., Бродянский В.М. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.

10. Фролов В.П. Эффективность использования тепловых насосов в централизованных системах теплоснабжения / Фролов В. П., Щербаков С.Н., Фролов М.В., Шелгинский А.Я. // Новости теплоснабжения. – 2004. – №3.

Оригинальность 88%