

УДК 62-69

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ
В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
APPLICATION OF HIGH TEMPERATURE HEAT PUMPS
IN HEAT SUPPLY SYSTEMS**

Е.М. Стельмак

Научный руководитель – Е.В. Пронкевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Stelmak

Supervisor – E. Pronkevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Основной функцией лидирующей мировой отрасли, такой как энергетика является обеспечение всех потребителей тепловой и электрической энергией, генерируемых непосредственно на электрических станциях. Для отпуски и распределения тепловой и электрической энергий образованы системы тепло- и электроснабжения. В данной работе будут затронуты моменты, касающиеся системы теплоснабжения и ее устройства.

Abstract: The main function of the world's leading industry, such as energy, is to provide all consumers with thermal and electrical energy generated directly at power plants. Heat and electricity supply systems have been established for the supply and distribution of thermal and electrical energy. This work will touch upon points concerning the heat supply system and its design.

Ключевые слова: теплоснабжение, тепловой насос, потребитель, компрессор.
Keywords: heat supply, heat pump, consumer, compressor.

Введение

Системы теплоснабжения [1] служат для обеспечения тепловой энергией жилые дома (система отопления и горячего водоснабжения) и производственные предприятия. Транспортировка тепловой энергии, отпускаемой с тепловых станций на нужды потребления населения и производства обеспечивается сложной системой, образованной подземными и надземными магистральными трубопроводами. Кроме трубопроводов к элементам, организовывающим доставку тепловой энергии на нужды потребления также относятся тепловые сети и теплофикационные камеры централизованные пункты с соответствующими вспомогательными установками, главным оборудованием которых является тепловой насос.

Основная часть

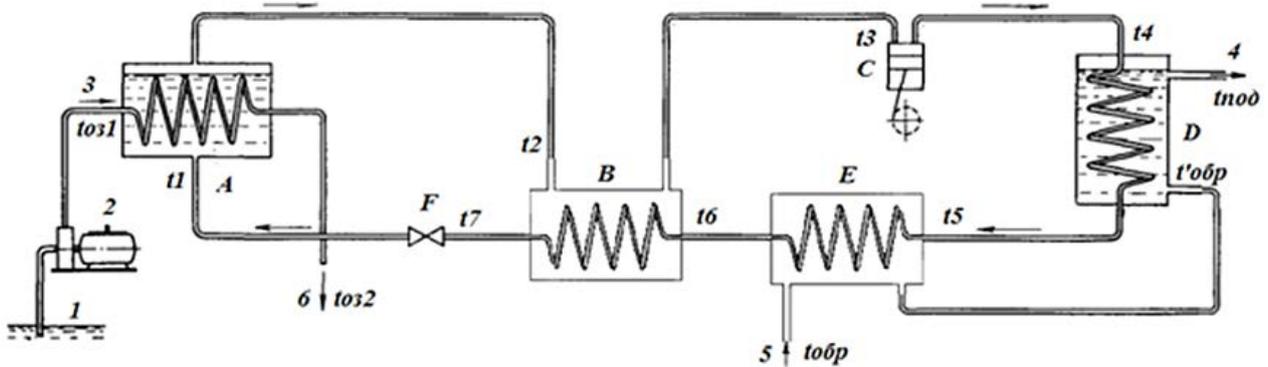
Тепловой насос – это устройство, служащее для доставки тепловой энергии потребителю. Они обладают высокими экономическими показателями и имеют нулевые выбросы за весь срок эксплуатации.

В энергетике широкое распространение получил такой вид тепловых насосов как высокотемпературный. Это обуславливается следующим:

- по сравнению с маломощными тепловыми насосами, высокотемпературные имеют больший КПД компрессора;

- значительно меньше по габаритам;
- возможность нагрева воды до 90 °С;
- работа по циклу Аллама.

Принципиальная схема высокотемпературного теплового насоса представлена ниже на рисунке 1:



- 1 – водяной источник; 2 – водяной насос; 3 – вода с источника; 4 – нагретая вода;
 5 – обратная вода; 6 – сбросная вода; A – испаритель; B – перегреватель; C – компрессор;
 D – конденсатор; E – переохладитель; F – дроссель.

Рисунок 1 – Принципиальная схема высокотемпературного теплового насоса [2]

Рассмотрим процесс расчёта основных характеристик высокотемпературных тепловых насосов на примере высокотемпературного теплового насоса с двухступенчатым центробежным компрессором.

Особенность таких тепловых насосов заключается в том, что компрессор их состоит из двух, расположенных последовательно на одном валу, компрессоров. Компрессор, включённый по такой схеме, называется двухступенчатым. Применение такой схемы включения компрессоров позволяет достичь большей эффективности компрессорной установки и большей степени сжатия хладагента, соответственно – достижение большего давления.

Выведем уравнение потребления насосом мощности первой и второй ступени компрессора:

$$N_{K1} = G_1(h_2 - h_1); \tag{1}$$

$$N_{K2} = G_2(h_4 - h_3). \tag{2}$$

Выше приведены уравнения (1) и (2) для первой и второй ступени соответственно, где G_1 – расход хладагента на первую ступень, G_2 – на вторую соответственно; h_1 и h_3 – энтальпии хладагента на входе в ступени; h_2 и h_4 – энтальпии на выходе из ступеней.

Суммарная мощность, затрачиваемая на компрессор, является суммой мощностей, затрачиваемых на привод отдельных его ступеней. Таким образом:

$$N_{\Sigma K} = N_{K1} + N_{K2}. \tag{3}$$

Электромеханический КПД таких компрессоров обычно принимают $\eta_{ЭМ}=0,98$. Это необходимо учитывать при расчете потребляемой электрической энергии компрессора:

$$N_Э = \frac{N_{\Sigma K}}{\eta_{ЭМ}} \tag{4}$$

Холодопроизводительность испарителя определяется как произведение разницы энтальпий хладагента на входе и выходе и расхода, поступающего на испаритель:

$$Q_{\text{исп}} = (h_1 - h_k)G_1. \tag{5}$$

Таким образом, коэффициент трансформации можно определить по формуле:

$$\mu = \frac{Q_{\text{конд}}}{N_э}, \tag{6}$$

где, $Q_{\text{конд}}$ – тепловая мощность, Вт.

Процесс расширения в h-s диаграмме для высокотемпературных тепловых насосов на примере двухступенчатого теплового насоса на хладагенте R-134a:

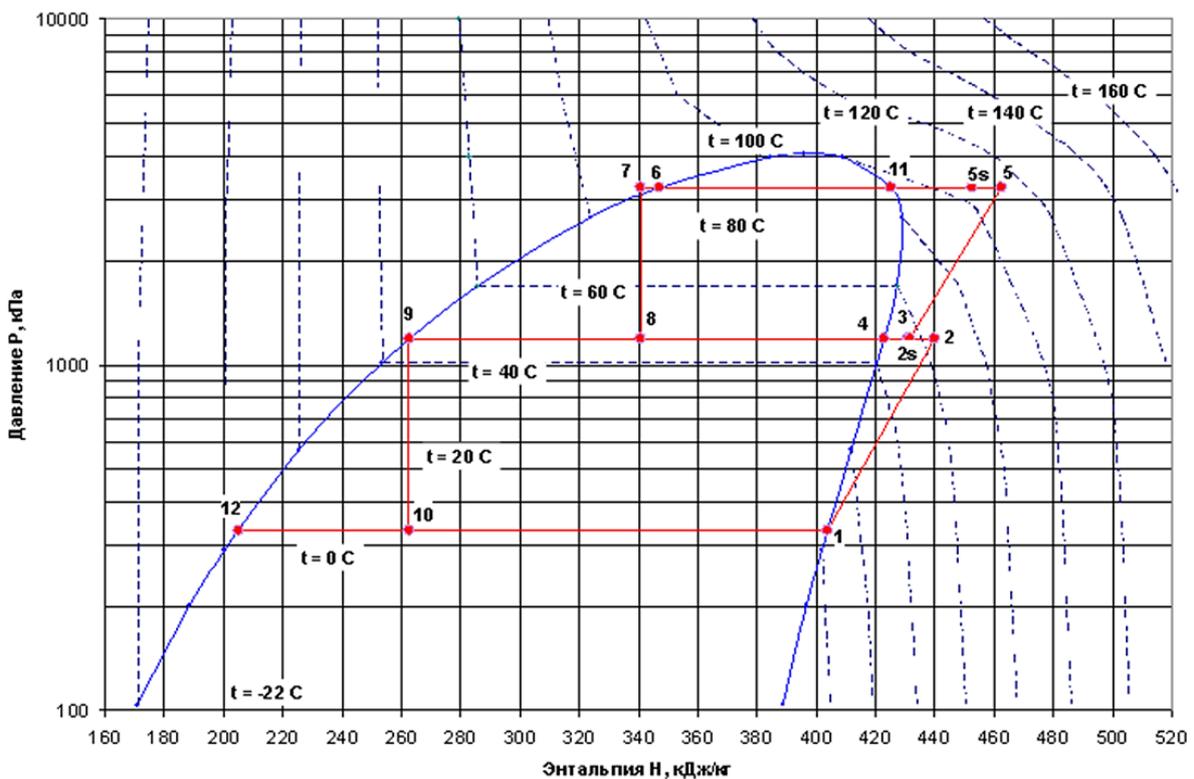


Рисунок 2 – Процесс расширения в h-s диаграмме для высокотемпературных тепловых насосов на примере двухступенчатого теплового насоса на хладагенте R-134a [2]

Высокотемпературные насосы [3] служат для обеспечения отоплением и горячим водоснабжением. Блок компрессора может быть установлен как внутри, так и снаружи. Материал изготовления компрессора – оцинкованная сталь. Соединение внешнего блока компрессора с конденсатором внутри здания обеспечивается медными трубками.

Высокотемпературные тепловые насосы имеют характеристики, приведенные ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики высокотемпературных тепловых насосов

Нагрев воды до 65 °С	Производительность, кВт	80
	Потребляемая мощность, кВт	15,96
	Расход воды, м ³ /ч	1,38
Нагрев воды до 90 °С	Производительность, кВт	79
	Потребляемая мощность, кВт	17,35
	Расход воды, м ³ /ч	0,92
Расчетное давление хладагента	МПа	На стороне ВД – 15,0; на стороне НД – 6,4
Хладагент	Тип / объем загрузки	CO ₂ / 20 кг

Большинство видов высокотемпературных тепловых насосов работают с хладагентом – диоксидом углерода. Работа насоса с диоксидом углерода в цикле поднимает вопрос, касающийся экологической безопасности. Ответ на этот вопрос – цикл Аллама.

Цикл Аллама – цикл работы тепловых механизмов, разработанный английским инженером Роднеем Джоном Алламом, основанный на использовании CO₂ внутри замкнутого цикла, то есть хладагент циркулирует по замкнутому контуру. Данный цикл уже хорошо зарекомендовал себя в мировой энергетике, что видно из его частого использования. Большинство ТЭС успешно перешли на работу по данному циклу, что положительно сказывается динамике роста экологических и технико-экономических показателей этих станций. Высокотемпературные тепловые насосы, работающие по данному циклу, имеют большую энергоэффективность.

Заключение

Высокотемпературные тепловые насосы могут стать достойной заменой для малых и средних котельных. Их преимуществами перед котельными является больший КПД, снижение выбросов диоксида углерода на 34 %, круглогодичное обеспечение горячим водоснабжением, значительное упрощение вопросов, касающиеся жилищно-коммунального хозяйства, а также меньшая цена.

Литература

1. Системы теплоснабжения [Электронный ресурс] / Системы теплоснабжения. – Режим доступа: <https://aegr.by/teplosnabzhenie-sistemy-teplosnabzheniya/>. – Дата доступа: 20.10.2024.
2. Пример расчета высокотемпературного теплового насоса [Электронный ресурс] / Пример расчета высокотемпературного теплового насоса. – Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2363/. – Дата доступа: 20.10.2024.
3. Описание высокотемпературных тепловых насосов [Электронный ресурс] / Описание высокотемпературных тепловых насосов. – Режим доступа: <https://uztn.ru/description-hightemptn/>. – Дата доступа: 20.10.2024.