

Степкин Аркадий Сергеевич, магистрант,

Российский Университет Транспорта, г. Москва

Stepkin Arkady Sergeevich, Russian University of Transport, Moscow

Басов Д.А., магистрант

Российский Университет Транспорта, г. Москва

Basov D.A., undergraduate student Russian University of Transport,

Moscow

Пирогов Евгений Николаевич, к.т.н.,

доцент, Российский Университет Транспорта, г. Москва

Pirogov Evgeny Nikolaevich, Russian University of Transport, Moscow

**СТОЧНЫЕ ВОДЫ КАК ИСТОЧНИК
НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ
НАСОСОВ**

**WASTEWATER AS A SOURCE OF LOW-POTENTIAL ENERGY
FOR HEAT PUMPS**

Аннотация: в статье анализируются производственные сточные воды в качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии для парокомпрессионных тепловых насосов.

Abstract: the article analyzes industrial wastewater as a source of low-potential thermal energy for steam compression heat pumps.

Ключевые слова: низкопотенциальная тепловая энергии, теплота сточных вод, тепловой насос, коэффициент трансформации.

Keywords: low-potential thermal energy, waste water heat, heat pump, transformation coefficient.

Особенностью реализации технологических процессов в промышленности является температурный диапазон, в котором они протекают. При этом образуются сточные воды, температурный потенциал которых, как правило, недостаточен для их повторного использования. По этой причине сточные воды отводятся в канализационную систему и тем самым снижают энергетическую эффективность технологии в целом, а также создают дополнительную нагрузку на экологическую систему региона.

Задача проектировщиков заключается в разработке и использовании технических решений, реализация которых приведет к уменьшению влияния приведенных выше факторов и тем самым повысит энергоэффективность технологических процессов в целом.

Учитывая тот факт, что сточные воды характеризуются низкопотенциальной энергией, непосредственное использование которой невозможно, единственным способом вовлечение ее в технологический процесс заключается в повышении температуры сточных вод с помощью парокомпрессионных тепловых насосов.

Парокомпрессионные тепловые насосы, принципиальная схема и термодинамический цикл которых представлены на рисунке 1.

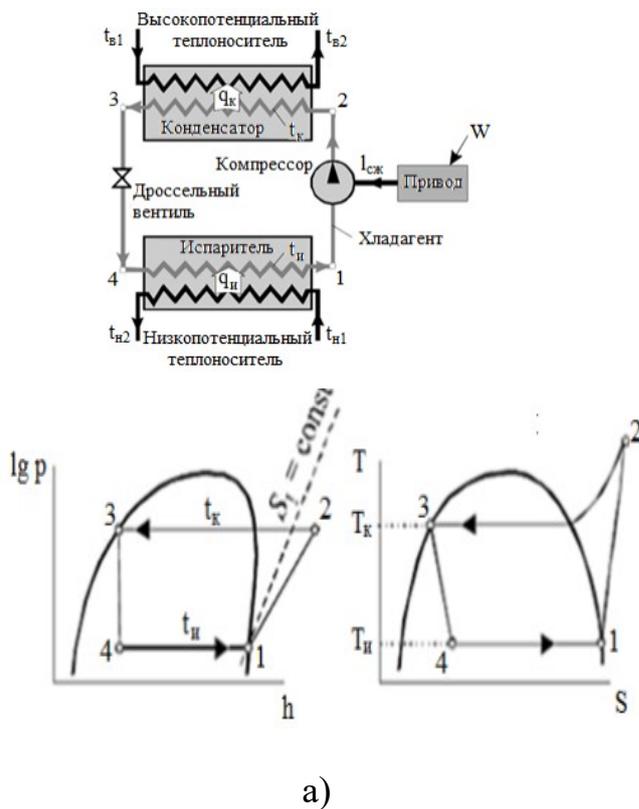


Рисунок 1 – Парокомпрессионный тепловой насос; а – принципиальная схема, б – термодинамический цикл

«Энергетическую эффективность теплового насоса можно оценивать с помощью p, h – диаграммы (рисунок 1 б). На этой диаграмме значения тепловых потоков в испарителе

$$q_u = h_1 - h_4$$

конденсаторе

$$q_k = h_2 - h_3$$

и работа сжатия в компрессоре

$$l_{сж} = h_2 - h_1$$

соответствуют размеру проекций соответствующих процессов на ось абсцисс.

Поэтому коэффициент трансформации теплоты будет равен отношению разностей энтальпий» [1]

$$\mu \dot{q} \frac{q_k}{l_{сж}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

Из рисунка 1б видно, что при уменьшении температуры конденсации (смещение вниз линии 2-3) величина $l_{сж}$ будет уменьшаться быстрее, чем величина q_k . Поэтому коэффициент трансформации μ будет возрастать. Можно сделать вывод, что работа теплового насоса тем эффективнее, чем меньше разность температур испарения и конденсации [1].

Создание на объекте теплоснабжения таких условий позволяет утверждать, что использование теплового насоса в качестве источника тепловой энергии является наиболее эффективным техническим решением для решения этих задач.

Виды природных источников низкотемпературной теплоты (ИНТ) для использования в тепловых насосах приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Виды природных источников

Их использование связано с определенными трудностями, которые выявляются как в процессе проектирования и строительства, так и в процессе эксплуатации.

Воздух, как источник теплоты, требует наименьших технических затрат. Воздух засасывается вентилятором, охлаждается в испарителе, отдавая тепло и выбрасывается обратно в окружающую среду. Воздух, как источник первичного тепла обладает двумя важнейшими свойствами, которые необходимо учитывать при проектировании. Во-первых, воздух летом значительно теплее, чем зимой, что существенно влияет на производительность теплового насоса. Во-вторых, вентиляторы создают сильный шум, который необходимо изолировать.

Использование теплоты грунта и грунтовых вод в качестве ИНТ требует больших затрат, связанных с размещением теплообменных поверхностей в грунте и скважинах. Кроме того, и грунт, и грунтовые воды, характеризуются относительно низкой температурой в течение всего периода работы теплового насоса, а этот фактор снижает эффективность его применения (см. рисунок 3) [2].

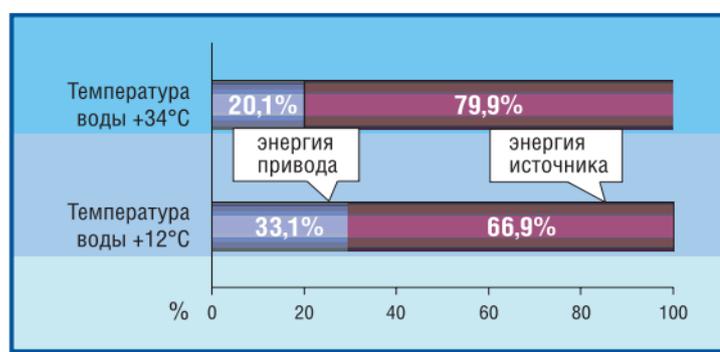


Рисунок 3 - Затраты энергии в тепловом насосе на единицу произведенного тепла

Учитывая выше изложенное, наиболее обоснованным техническим решением теплоснабжения автономных объектов является применение парокompрессионных тепловых насосов с использованием источника низкопотенциальной энергии - теплоты очищенных сточных вод.

Такое решение позволяет утилизировать низкопотенциальную теплоту и снижает тепловое загрязнение окружающей среды. В

малообслуживаемых объектах, к которым относятся сооружения для перекачки очищенных сточных вод, системы отопления и вентиляции могут быть переведены на пониженный график теплоснабжения, что позволяет использовать тепловые насосы для покрытия всех нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение без дополнительного подогрева воды.

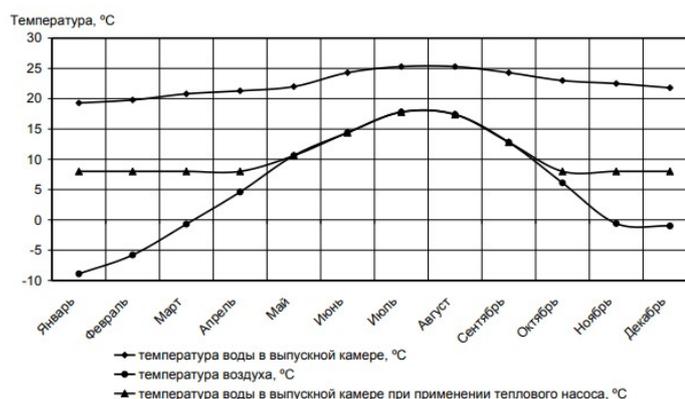


Рисунок 4 - Температура воды в выпускной камере Северной станции аэрации Санкт-Петербурга и температура наружного воздуха [3]

При использовании сточных вод как первичного источника теплоты (в том числе технологической охлаждающей воды) необходимо учитывать следующие требования:

- имеющийся расход охлаждающей воды должен быть не менее указанного минимального расхода.

- максимальная температура охлаждающей воды должна быть не более 25°C. Этого можно добиться регулированием температурного диапазона.

- для этого оптимально можно использовать создание промежуточного контура теплообмена

Схема теплоснабжения объекта, отвечающая выше перечисленным требованиям, приведена на рисунке 5 [4].

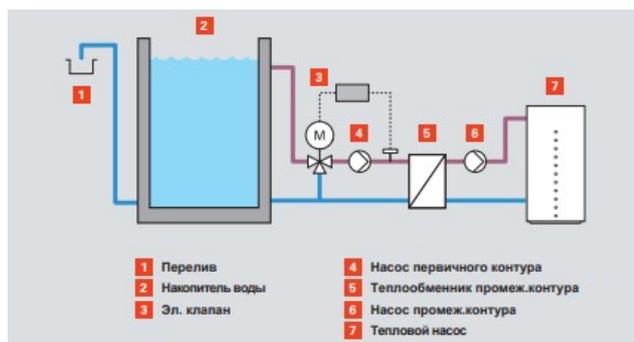


Рисунок 5 - Охлаждающая или сточная вода как источник теплоты

Заключение

1. Применение тепловых насосов для охлаждения выпускаемых в водоемы очищенных производственных сточных вод позволяет снизить тепловое загрязнение водоема. При этом качественные показатели выпускаемых сточных вод не изменяются.

2. Целесообразно создавать местные источники теплоты на основе тепловых насосов. Источники теплоты могут применяться как для нужд очистных сооружений, так и интегрироваться в действующие системы теплоснабжения

Список литературы

1. Тепловые насосы: учебное пособие/ П.А.Турбаев, Б.М.Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. -143 с.
2. В.Г.Горшков. Тепловые насосы. Аналитический обзор. Справочник промышленного оборудования, №2, сентябрь-октябрь, 2004 г.
3. Смирнов А.Ф. Инженерные решения, снижающие тепловое загрязнение вод канализационными стоками. Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 1 (77)

4. Viessmann. Руководство по проектированию тепловых насосов. 2011 г.