

В. И. Володин, д-р техн. наук; С. В. Здитовецкая, мл. науч. сотрудник

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОТУ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ВОЗДУХ-ВОЗДУХ

The external influence on efficiency of a heat pump air-air with an electrical drive unit is considered.

Сегодня рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой, по-видимому, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энерго-сберегающих технологий, использующих низкопотенциальную теплоту.

За последние десять лет количество систем, которые используют для тепло- и холодоснабжения зданий низкопотенциальное тепло посредством тепловых насосов, значительно увеличилось. Наибольшее число таких систем уже работает в США, Канаде, странах Центральной и Северной Европы: Австрии, Германии, Швеции и Швейцарии.

В настоящее время это одно из наиболее динамично развивающихся направлений в числе нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Использование низкопотенциального тепла посредством тепловых насосов возможно практически повсеместно.

Низкопотенциальное тепло может применяться в различных типах зданий и сооружений для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха [1].

При эксплуатации тепловых насосов источником низкопотенциальной теплоты может являться окружающая среда: атмосферный воздух, грунт, водосмы и подземные воды. Температура окружающей среды существенно изменяется в зависимости от времени года. Наиболее сильно изменяется температура атмосферного воздуха, в меньшей степени претерпевает изменения температура открытых водоемов. Температура грунта и подземных вод колеблется незначительно. Этот внешний фактор будет оказывать влияние на энергетическую эффективность теплового насоса.

Рассмотрим влияние изменения температуры атмосферного воздуха на параметры теплового насоса, который может использоваться для отопления помещений. Данная система отопления является наименее затратной. Схема отопительного теплового насоса воздух-воздух представлена на рис. 1.

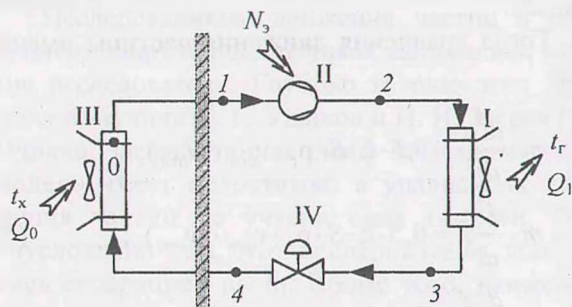


Рис. 1. Схема теплового насоса воздух-воздух:
I – конденсатор; II – компрессор;
III – испаритель;
IV – терморегулирующий вентиль

Тепловой насос включает воздушный испаритель и конденсатор с оребренными биметаллическими трубами. В качестве источника низкопотенциальной теплоты взят атмосферный воздух. Анализ проводился с помощью комплексного метода расчета компрессионных трансформаторов тепла [2].

Для вычислительного эксперимента использовался разработанный пакет прикладных программ, реализованный на языке Фортран.

В ходе эксперимента исследовалось изменение теплопроизводительности и коэффициента преобразования одноступенчатой теплонасосной установки (ТНУ) с теплообменными аппаратами в зависимости от температуры атмосферного воздуха с учетом электрической мощности компрессора и вентиляторов.

Результаты вычислительного эксперимента представлены на рис. 2. При понижении температуры окружающего воздуха теплопроизводительность и коэффициент преобразования теплового насоса уменьшаются. Уменьшение значений теплопроизводительности обусловлено возрастанием степени сжатия в компрессоре и уменьшением коэффициента подачи компрессора. С увеличением температуры воздуха степень сжатия в компрессоре уменьшается и теплопроизводительность ТНУ возрастает.

Зависимость энергетических показателей теплового насоса от температуры атмосферного воздуха и от его скорости в испарителе представлена на рис. 3.

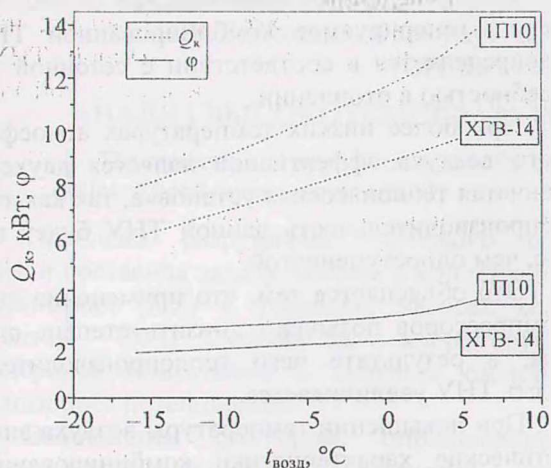


Рис. 2. Изменение теплопроизводительности Q_k и коэффициента преобразования ϕ теплового насоса с компрессорами 1П10 и ХГВ-14 в зависимости от температуры окружающего воздуха

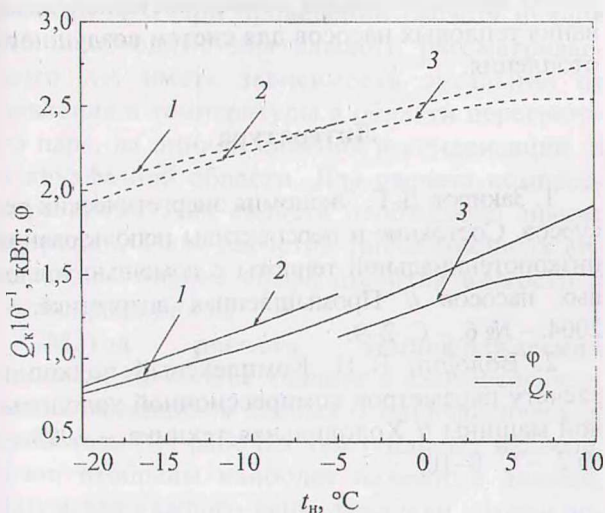


Рис. 3. Изменение теплопроизводительности Q_k и коэффициента преобразования ϕ теплового насоса с компрессором ПБ11 в зависимости от температуры атмосферного воздуха и его скорости в испарителе:
1 – $w = 2,5$ м/с; 2 – $w = 3,25$ м/с; 3 – $w = 2,0$ м/с

Из графика видно, что на всех режимах при номинальной скорости воздуха в аппаратах коэффициент преобразования ТНУ не опускается ниже 2. При понижении температуры воздуха теплопроизводительность теплового насоса падает, а при повышении – возрастает. При уменьшении скорости воздуха до 2 м/с и при увеличении температуры воздуха свыше 7°C значения теплопроизводительности и коэффициента преобразования уменьшаются. Это обусловлено ухудшением теплоотдачи в испарителе, с одной стороны, и уменьшением температурного напора, с другой.

Для поддержания комфортных условий теплопроизводительность не должна сильно ме-

няться. При температуре ниже -10°C для надежной работы ТНУ требуется дополнительный источник энергии, так как при низкой теплопроизводительности не обеспечивается необходимый тепловой поток. При температуре выше 0°C высокие значения теплопроизводительности необходимо уменьшить, так как с повышением температуры окружающей среды потребность в теплоте уменьшается. Частично уменьшить теплопроизводительность можно понизив скорость воздуха в теплообменных аппаратах. В целом ТНУ должна работать в периодическом режиме. Таким образом, в Беларуси существует возможность использования тепловых насосов для систем воздушного отопления.

В реальных условиях при повышении температуры окружающей среды потребность в тепловой энергии уменьшается, поэтому представляет интерес гипотетическая ТНУ с комбинированным использованием компрессоров (рис. 4).

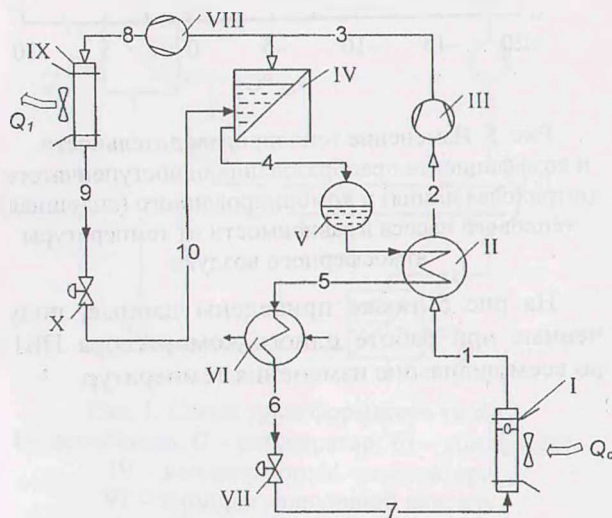


Рис. 4. Схема двухступенчатой теплонасосной установки: I – испаритель; II – регенератор; III – компрессор; IV – конденсатор 1-й ступени; V – ресивер; VI – охладитель; VII – терморегулирующий вентиль 1-й ступени; VIII – компрессор 2-й ступени; IX – конденсатор 2-й ступени; X – терморегулирующий вентиль 2-й ступени

В данной комбинированной ТНУ при низких температурах работают две ступени с компрессорами ПБ11 и ХГН-2,8, а при средних и высоких температурах – одна ступень соответственно с компрессором ПБ11 или ХГВ-4,5. В состав ТНУ входят два конденсатора 1-й и 2-й ступени. Поверхность теплообмена данных конденсаторов в два раза меньше поверхности одноступенчатой ТНУ. При работе двух ступе-

ней теплоноситель последовательно проходит через эти конденсаторы.

Режим работы ТНУ определяется режимом работы отопительной системы. При повышении наружных температур отопительного сезона работает только компрессор 1-й ступени. При более низких температурах наружного воздуха включается в работу компрессор и конденсатор 2-й ступени. Результаты исследования представлены на рис. 5.

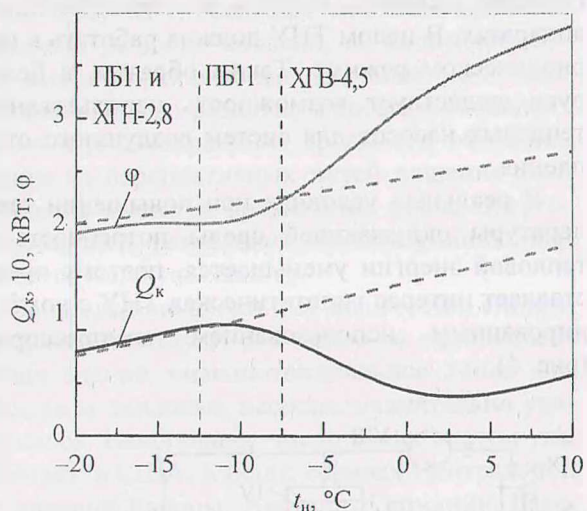


Рис. 5. Изменение теплопроизводительности и коэффициента преобразования одноступенчатого (штриховая линия) и комбинированного (сплошная) теплового насоса в зависимости от температуры атмосферного воздуха

На рис. 5 также приведены данные, полученные при работе одного компрессора ПБ11 во всем диапазоне изменения температур.

Из приведенных зависимостей видно, что тепло, генерируемое комбинированной ТНУ, распределяется в соответствии с сезонной потребностью в отоплении.

При более низких температурах атмосферного воздуха эффективной является двухступенчатая теплонасосная установка, так как теплопроизводительность данной ТНУ будет выше, чем одноступенчатой.

Это объясняется тем, что применение двух компрессоров позволяет снизить степень сжатия, в результате чего теплопроизводительность ТНУ увеличивается.

При повышении температуры воздуха энергетические характеристики комбинированной теплонасосной установки также улучшаются и коэффициент преобразования растет в большей степени, чем в тепловом насосе с одним компрессором.

Проведенный анализ показывает, что существует принципиальная возможность использования тепловых насосов для систем воздушного отопления.

Литература

1. Закиров Д. Г. Экономия энергетических ресурсов. Состояние и перспективы использования низкопотенциальной теплоты с помощью тепловых насосов // Промышленная энергетика. — 2004. — № 6. — С. 2–9.
2. Володин В. И. Комплексный подход к расчету параметров компрессионной холодильной машины // Холодильная техника. — 1998. — № 2. — С. 8–10.