

УДК 631.22:697.2/.4:697.9 + 697.2/.4 + 697.9

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Г.А. Круглов, Е.С. Круглова

На условном примере рассмотрен вопрос утилизации тепла выбрасываемого вентиляционного воздуха животноводческого помещения с помощью теплового насоса и показана эффективность его использования. Все расчеты выполнены графическим способом с помощью *id*-диаграммы.

Ключевые слова: отопительно-вентиляционная система, животноводческое помещение, тепловой насос, эффективность системы, *id*-диаграмма.

В последние годы в связи с удорожанием энергоресурсов, как за рубежом, так и в нашей стране расширяются работы по использованию низкопотенциальных возобновляемых источников энергии. Одним из таких видов является выбрасываемый вентиляционный воздух. Использование в улавливании тепловой энергии от такого источника теплообменников по понятным причинам малоэффективно. Поэтому представляет интерес в таких случаях применение тепловых насосов. Оценим эффективность использования теплонасосной установки (ТНУ) в отопительно-вентиляционной системе животноводческого помещения на условном примере. Решение задачи осуществим с помощью *id*-диаграммы.

На рис. 1 приведена схема включения ТНУ в отопительно-вентиляционную систему животноводческого помещения. Свежий воздух через воздухозаборную шахту 8 проходит через конденсатор 2 ТНУ, где нагревается, и подается вентилятором 9 по воздуховоду 10 к воздухораспределителям 5, через которые раздается в животноводческое помещение. Воздушные потоки свежего воздуха 7 омывают помещение и собираются воздухоотборным трубопроводом 6. Далее воздух по трубопроводу 11 подходит к отсасывающему вентилятору 12, который обеспечивает движение воздуха через испаритель 4 ТНУ, где отдает свою тепловую энергию и через воздуховыбросную шахту 13 выбрасывается в атмосферу.

Исходные данные:

- расход воздуха $G = 1$ кг/с;
- температура воздуха внутри помещения $t_{вн} = 16$ °С;
- относительная влажность внутри помещения $\varphi_{вн} = 75$ %;
- температура наружного воздуха $t_{н} = -34$ °С (для региона Челябинской области);

- влагосодержание наружного воздуха $d_n = 0,4$ г/кг;
- температура выбрасываемого воздуха (после испарителя) $t_{\text{выбр}} = -4$ °С.

Температура выбрана как наиболее приемлемая с целью получения максимального холодильного коэффициента $\varepsilon = 2$ и коэффициента преобразования $\varepsilon_0 = \varepsilon + 1 = 2 + 1 = 3$. При таких температурных параметрах с помощью программы COOLTOOL несложно подобрать элементы ТНУ с указанными коэффициентами – холодильным и преобразования.

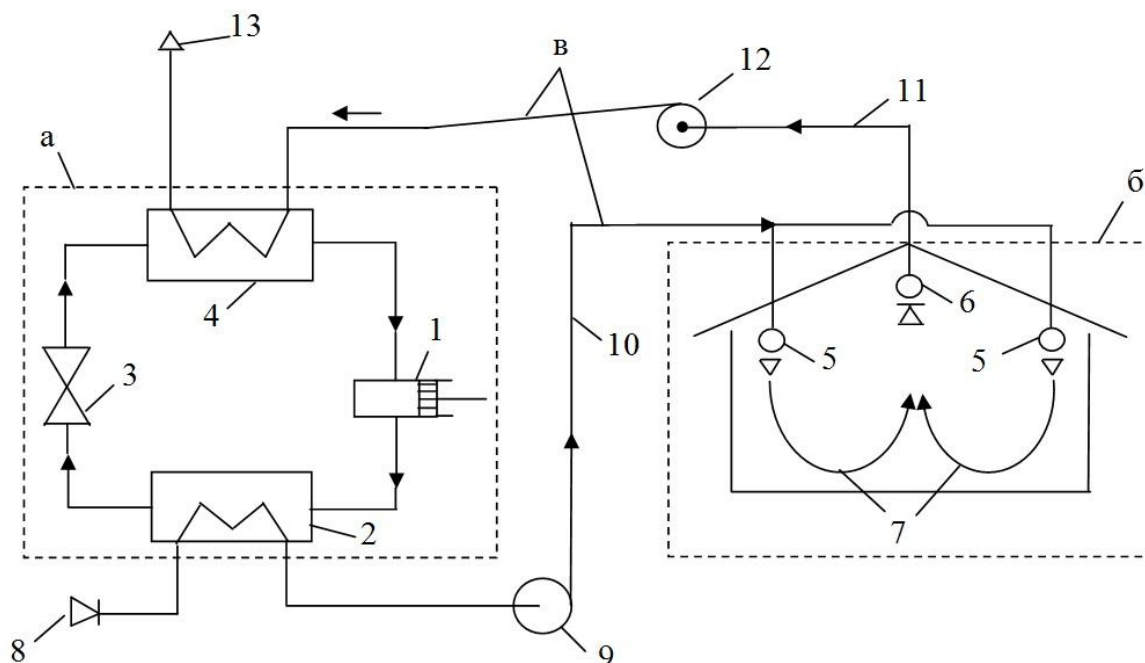


Рис. 1. Включение теплонасосной установки в отопительно-вентиляционную систему животноводческого помещения: а – схема теплонасосной установки:

- 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – дроссель; 4 – испаритель;
- б – животноводческое помещение в разрезе: 5 – воздухоподающие трубопроводы; 6 – воздухозаборный трубопровод; 7 – воздушные потоки в помещении; в – приточно-вытяжные системы воздухопроводов:
- 8 – воздухозаборник свежего воздуха; 9 – вентилятор приточного воздуха; 10 – воздухопровод приточного воздуха; 11 – воздухопровод вытяжного воздуха; 12 – вентилятор вытяжного воздуха; 13 – воздуховыбросная шахта

Решение. По параметрам внутреннего воздуха ($t_{\text{вн}} = 16$ °С и $\phi_{\text{вн}} = 75$ %) на id -диаграмме (рис. 2) находим точку А, характеризующую эти параметры микроклимата. По диаграмме внутренний воздух имеет влагосодержание $d_{\text{вн}} = 8,5$ г/кг; энтальпия $i_{\text{вн}} = 37$ кДж/кг, температура точки росы (точка В) $t_{\text{т.р.}} = 11,5$ °С. Проходя через испаритель воздух охлаждается до $t_{\text{т.р.}}$ по $d = \text{const}$, а далее по кривой $\phi = 100$ % до $t_{\text{выбр}} = -4$ °С (точка С). Этот воздух имеет влагосодержание $d_{\text{выбр}} = 2,7$ г/кг. То есть при охлаждении 1 кг воздуха конденсируется $\Delta d = d_{\text{вн}} - d_{\text{выбр}} = 8,5 - 2,7 = 5,8$ г влаги. Энтальпия выбрасываемого воздуха $i_{\text{выбр}} = 3$ кДж/кг.

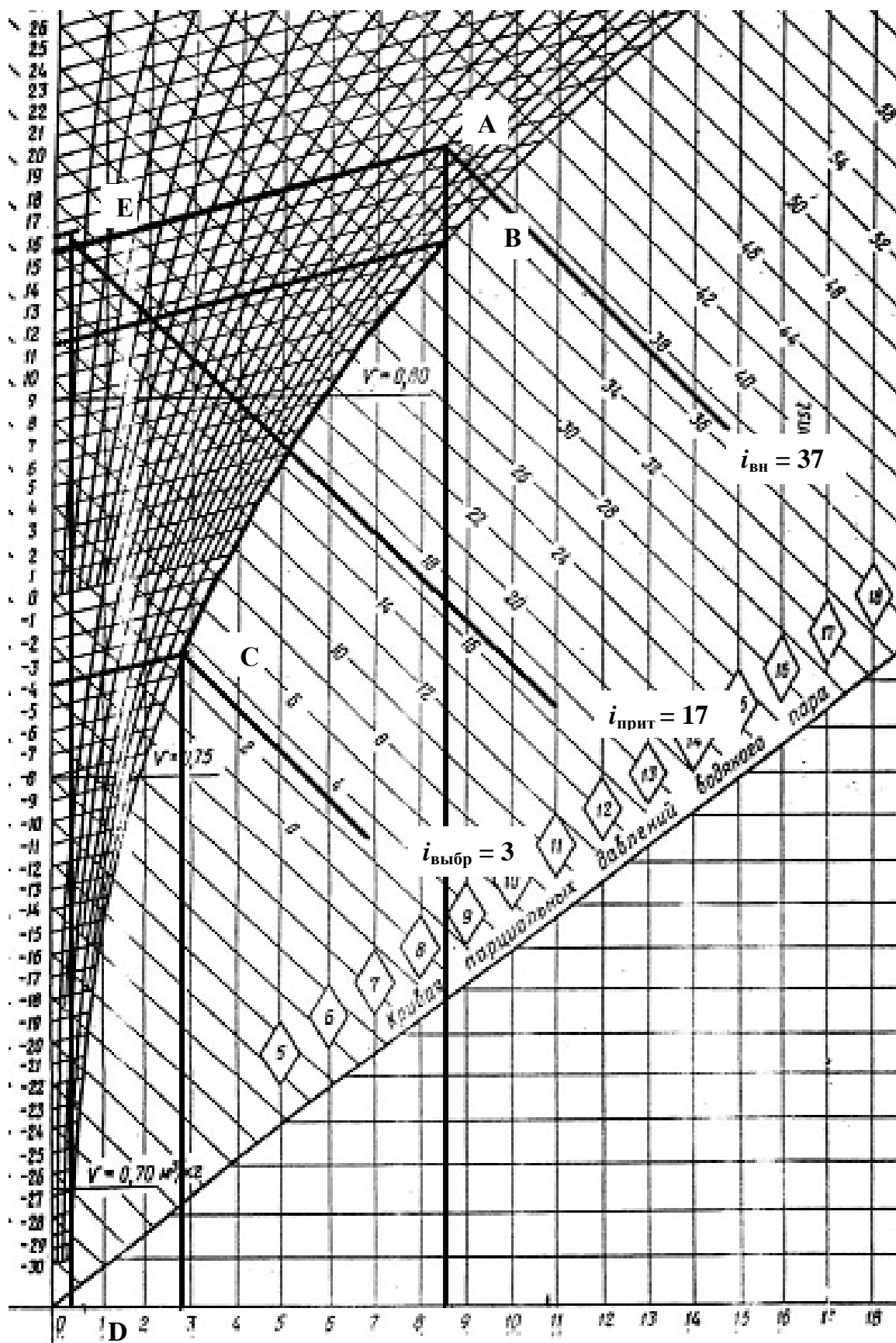


Рис. 2. Решение задачи по id-диаграмме

То есть при воздухообмене в 1 кг воздуха нами уловлено $Q_{исп} = \Delta i = i_{вн} - i_{выбр} = 37 - 3 = 34$ кДж энергии. Учитывая, что воздухообмен по условию осуществляется 1 кг/с, то уловленная энергия будет равна 34 кДж/с, то есть 34 кВт.

При достижении ТНУ холодильного коэффициента $\varepsilon = 2$ мощность привода компрессора будет равна $N_{привод} = 34 : 2 = 17$ кВт.

Если отопительный коэффициент $\varepsilon_o = \varepsilon + 1 = 3$, то тепло, выделенное в конденсаторе будет равно $Q_{конд} = Q_{исп} + N_{привод} = 34 + 17 = 51$ кДж. При воздухообмене $G = 1$ кг/с «мощность» конденсатора будет равна $Q_{конд}/1с$, то есть $N_{конд} = 51$ кДж/с = 51 кВт.

Температура наружного воздуха по условию $t_n = -34$ °С, влагосодержание $d_n = 0,4$ г/кг. Эти параметры дадут нам возможность найти точку D на *id*-диаграмме. Нагрев наружного приточного воздуха (в конденсаторе) происходит по $d = const$. Энтальпия наружного воздуха $i_n = c \cdot t_n = 1 \cdot (-34) = -34$ кДж/кг, где c – теплоемкость воздуха, $c = 1$ кДж/(кг·град). Если к этой энтальпии добавим 51 кДж/кг, то получим энтальпию приточного воздуха $i_{прит} = 51 - 34 = 17$ кДж/кг.

Точка пересечения $i = 17$ кДж/кг с линией нагрева наружного воздуха при $d = 0,5$ г/кг = const лежит на линии температуры приточного воздуха $t_{прит} = 16,5$ °С (точка E).

Итак, затраченная мощность привода компрессора ТНУ $N_{привод} = 17$ кВт позволяет нам при воздухообмене 1 кг/с с указанными параметрами внутреннего и приточного воздуха обеспечивать объем тепла от выбрасываемого вентиляционного воздуха 34 кВт энергии и нагрев наружного воздуха до 16,5 °С с затратами тепловой энергии 51 кВт. Т.е. нагрев наружного воздуха может быть осуществлен без привлечения дополнительного источника тепла, а применение ТНУ уменьшает потребление энергии в 3 раза.

Учитывая, что в данной системе используются два вентилятора, на работу которых также расходуется энергия, то эффект будет несколько меньший. Вентиляционные сети в животноводческих помещениях, как правило, обладают незначительным сопротивлением, а расход в примере составляет 1 кг/с = 3600 кг/ч, то можно предположить, что на привод обоих вентиляторов будет использована мощность не более 5 кВт.

В сумме затраты энергии составят $17 + 5 = 22$ кВт, а полученная тепловая энергия на нагрев наружного воздуха составила 51 кВт. Таким образом, затраты энергии на нагрев приточного воздуха при применении ТНУ в данных условиях уменьшаются в $51:22 = 2,32$ раза.

Следует также отметить, что при более высокой наружной температуре, чем минус 34 °С, и температура приточного воздуха будет выше.

[К содержанию](#)