

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ПРИ ХРАНЕНИИ НАВОЗА

О. В. ПОНТАЛЁВ, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Тепловой насос – это холодильная установка, аккумулирующая теплоту низкого потенциала из окружающей среды и, за счёт затраченной работы отдающая потребителю теплоту высокого потенциала рабочим телом (хладагентом). Хладагент представляет собой вещество с низкой температурой кипения. В тепловых насосах чаще всего в качестве хладагента используются различные фреоны (R407C, R134a, R410a), а также углекислый газ и пропан.

С 1940-х гг. тепловые насосы начали активно использоваться для отопления домов и производственных помещений [2].

В последние годы применение тепловых насосов значительно расширяется во многих отраслях промышленности, включая и сельское хозяйство. Использование тепловых насосов в сфере производства сельскохозяйственной продукции является перспективным направлением, но требующее значительных финансовых вложений для их реализации.

**Основная часть.** Область использования тепловых насосов в сельскохозяйственном производстве представлена следующими направлениями:

1. Использование для обогрева теплиц. Тепловые насосы позволяют эффективно и экономично поддерживать оптимальную температуру в теплицах, что способствует улучшению роста и развития растений. Такие насосы имеют возможность использовать тепло, сгенерированное при работе других систем, например, системы кондиционирования или системы водоснабжения, что дополнительно снижает затраты на энергию.

2. Применение для хранения и охлаждения продуктов. Тепловые насосы способны создавать оптимальные условия хранения продуктов в сельскохозяйственных предприятиях, их использование позволяет поддерживать постоянную температуру в хранилищах, что способствует увеличению срока годности продуктов и сохранению их каче-

ства. Кроме того, их можно использовать для охлаждения продуктов, что позволяет сохранять их свежесть и предотвращать возникновение бактериального загрязнения.

3. Для обеспечения тепла в процессах обработки продуктов. В процессе обработки сельскохозяйственной продукции часто требуется высокотемпературное тепло. Тепловые насосы позволяют обеспечить это тепло с использованием возобновляемых источников энергии, что способствует снижению затрат на энергию и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Рассмотрим один из возможных способов получения тепла из низкопотенциальных тепловых источников, образованных отходами производства сельскохозяйственной продукции.

На данный момент в Республике Беларусь поголовье КРС составляет более 4,2 млн голов. При их содержании годовой выход навоза от них составляет около 50 000 тыс. т. При этом лишь 25–30 % от общего объема подвергаются специальной обработке с целью устранения патогенной микрофлоры [3].

Существуют различные способы хранения навоза с целью улучшения его физико-механических свойств и обеззараживания. Особый интерес представляют способы, способствующие появлению температуры в объеме перерабатываемого навоза:

1. Плотный, или холодный способ хранения, представляет собой укладку навоза в навозохранилище или в полевых штабелях с уплотнением.

В уплотненном навозе температура в зимний период не опускается ниже 15–25 °С, а летом находится в пределах 30–35 °С.

2. Рыхлоплотное (горячепрессованное) хранение применяется для быстрого разложения навоза.

При таком способе хранения температура внутри объема хранимого навоза достигает 70 °С [1, 4].

Тепловой насос начинает аккумулировать теплоту при любых температурах среды, обязательным условием является то, что ее значение должно быть выше «абсолютного» нуля.

Эффективность работы теплового насоса оценивается коэффициентом преобразования теплоты (коэффициентом преобразования электрической энергии в тепловую – COP.

Рассмотрим работу теплового насоса, аккумулирующего теплоту навоза при его хранении (рис. 1).

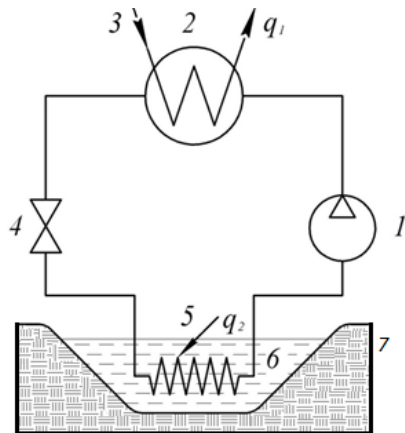


Рис. 1. Конструктивная схема геотермального теплового насоса:  
 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – трубопровод; 4 – дроссель; 5 – испаритель;  
 6 – навоз; 7 – навозохранилище

Сухой насыщенный пар хладагента адиабатно сжимается в компрессоре 1 до состояния перегретого пара.

Из компрессора перегретый пар поступает в конденсатор 2, где при конденсации отдает теплоту  $q_1$  воде, циркулирующей в системе отопления по трубопроводу 3, и превращается в жидкость. Далее эта жидкость подается к дросселю 4, пройдя через который она превращается во влажный насыщенный пар со степенью сухости  $x = 0,1-0,3$ .

Влажный насыщенный пар поступает в испаритель 5, где под действием теплоты  $q_2$ , отбираемой от навоза 6 в навозохранилище 7, влажный насыщенный пар превращается в сухой насыщенный.

Сухой насыщенный пар поступает в компрессор 1 и цикл повторяется [2]. При расчете коэффициента преобразования теплоты с учетом температур теплоприемника и конденсатора (обратный цикл Карно) получим:

$$\psi = \frac{q_1}{l_p} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} .$$

Для оценки эффективности работы теплового насоса используем реальные условия. Принимаем температуру навоза при хранении равной  $t_2 = 15^\circ\text{C}$  ( $T_2 = 288 - 343\text{ K}$ ), а необходимую температуру воды в системе водоснабжения –  $t_1 = 77^\circ\text{C}$  ( $T_1 = 350\text{ K}$ ).

С учетом данных условий определим теоретическое значение коэффициента преобразования теплоты:

$$\Psi = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{350}{350 - 288} = 5,7$$

Данные расчеты показывают, что тепловой насос передает в систему водоснабжения теплоты в почти 6 раз больше, чем затраченная работа на привод компрессора.

Так, например, затратив на работу теплового насоса 1 кВт электроэнергии, в системе водоснабжения мы получим 6 кВт тепловой энергии.

Цикл паровой компрессорной холодильной установки, по которому работает тепловой насос, менее совершенен по сравнению с обратным циклом Карно, поэтому для реальных тепловых насосов значения коэффициента преобразования теплоты составляет 40–60 % от теоретического.

**Заключение.** Тепловые насосы предоставляют сельскохозяйственным предприятиям уникальные возможности для энергоэффективного использования тепла в производстве сельскохозяйственной продукции. Благодаря их использованию, возможно существенно сократить затраты на энергию, увеличить срок годности и сохранить качество сельскохозяйственной продукции. Все это способствует развитию устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, а также повышению эффективности отрасли в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Органические удобрения / В. Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
2. Понталёв, О. В. От цикла Карно к тепловым насосам / О. В. Понталёв. – Барановичи: БарГУ, 2022. – 73 с.
3. Самосюк, В. Г. Проблемы применения навоза в Беларуси, России и пути их решения / В. Г. Самосюк // Вестн. ВНИИМЖ. – 2011. – № 4. – 68 с.
4. Состав и эффективность различных видов органических удобрений / В. Н. Босак [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 6. – С. 39–42.

*Аннотация.* Рассмотрена возможность получения тепловой энергии при хранении навоза.

*Ключевые слова:* тепловой насос, отходы производства, навоз, температура.