

Литература

1. Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. // Минеральное питание животных. М., Колос, 1979. – 472 с.
2. Микроэлементы в животноводстве// Под общ. ред. В.В.Ковальского и А.П. Дмитроченко. М., Сельхозиздат, 1962. – 270 с.
3. Сапего В.И., Берник Е.В. Влияние биологически активных веществ на продуктивность и сохранность телят-молочников//«Наука производству». Материалы 4-ой международной научно-практической конференции МСХП РБ, Гл. упр. образования и кадров МСХП РБ, ГГАУ, часть 2. Гродно, 2001, – С. 296-298.
4. Сапего В.И., Берник Е.В. Биологически активные вещества и естественная резистентность телят// Ветеринария, №5, 2002, с. 44-45.
5. Слесарев И.К., Зеньков А.С. Минеральное питание крупного рогатого скота. Мн., Ураджай, 1987. – 186 с.
6. Слесарев И.К., Пилюк Н.В. Минеральные источники Беларуси для животноводства. Жодино – Минск, 1995. – 204 с.
7. Яцко Н.А., Гурин В.К. Рациональное использование комплексных микродобавок из местного сырья при производстве говядины// Науч. основы развития животноводства Республики Беларусь. – Мн., вып. 23, 1992, с. 101-104.

УДК 621.577

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ
НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ**

Сапожников Ф.Д., Колончук М.В., Колончук В.М., Коновалов С.П. (БГАТУ)

В статье рассматриваются вопросы применимости тепловых насосов на животноводческих фермах и комплексах. Рассмотрены перспективы использования внешних и внутренних источников тепла.

Введение

Энергосбережение является одной из наиболее актуальных проблем в стране. Однако внедрение энергосберегающих технологий, как показывает практика, сопряжено с дополнительными капитальными вложениями. Поэтому, в первую очередь, следует применять способы и средства энергосбережения, при помощи которых достигаются наибольший технологический и экономический эффекты. Эта проблема в животноводстве рационально решается при определении обоснованных критериев применимости альтернативных энергетических источников на фермах.

Цель работы – исследование границ эффективности практического использования тепловых насосов в животноводстве.

Основная часть

Существенный вклад в экономию топлива может внести внедрение тепловых насосов на животноводческих фермах. Важнейшим преимуществом тепловых насосов является возможность использования для теплоснабжения потоков низкопотенциальных вторичных ресурсов и природной теплоты [1–3]. Это расширит ресурсную базу теплоснабжения, сделает ее менее зависимой от поставок топливных ресурсов, что важно в условиях дефицита и растущей стоимости органического топлива. Источниками низкотемпературного тепла на животноводческих фермах являются теплое молоко, окружающий воздух, почва и грунтовые воды. Наиболее широкое внедрение рекуперация отбросной теплоты получила на молочных фермах [4].

Теплота, отдаваемая парным молоком при его охлаждении, и отбросная компрессорной установки холодильной машины утилизируется с помощью теплового насоса (рис. 1).

Молоко с начальной температурой 36°C поступает в пластинчатый двухсекционный теплообменник. Вода температурой 10°C , подаваемая противотоком по трубопроводу в первую секцию теплообменника, нагревается до 28°C , а температура молока падает примерно до 20°C . Затем вода по трубопроводу поступает в теплообменник теплового насоса, сблокированного с конденсатором холодильной установки, где пары хладагента, конденсируясь, нагревают ее до 55°C .

Теплая вода поступает в верхнюю половину гидроаккумулятора, и по мере необходимости расходуется на хозяйственные нужды. Молоко из первой секции температурой 20°C поступает во вторую секцию, куда от холодильной установки по встроенному трубопроводу подается противотоком «ледяная» вода температурой 1°C . Охлажденное до 4°C молоко нагнетают насосом в транспортные средства или емкости для хранения.

Вода, нагревшаяся во второй секции теплообменника до 7°C , поступает в резервуар с «ледяной» водой холодильной установки, где проходящий через испаритель кипящий хладагент отбирает теплоту, снижая температуру воды до 1°C . Таким образом, путем рекуперации отбросной теплоты молока и компрессорной установки холодильной машины без дополнительных энергозатрат получают воду для хозяйственных целей температурой 55°C в количестве 1,1 л на каждый литр охлаждаемого молока. Такие установки для рекуперации отбросной теплоты экономически выгодны на молочных фермах с поголовьем не менее 450 коров.

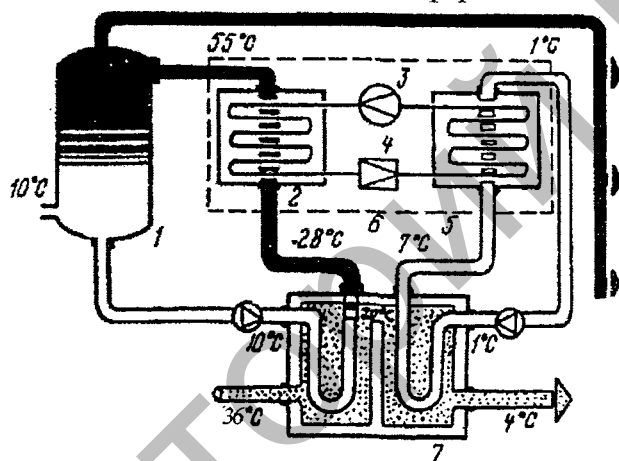


Рисунок 1 – Тепловой насос для утилизации сбросной теплоты молока:

- 1 – гидроаккумулятор; 2 – конденсатор; 3 – компрессор; 4 – клапан;
5 – резервуар с водой; 6 – тепловой насос; 7 – теплообменник

Как источник тепла, воздух, используемый для отопления бытовых помещений, обладает рядом недостатков. При использовании теплового насоса окружающий воздух может служить источником энергии при температуре выше $+2^{\circ}\text{C}$, т.к. при более низкой температуре возникает опасность обмерзания испарителя и может иметь место обратный поток теплоносителя к конденсатору. Использование воздуха в качестве низкопотенциального источника тепла затруднено из-за низких значений коэффициентов теплоотдачи. Во избежание больших поверхностей нагрева испарителя приходится понижать температуру испарения рабочего агента, что снижает коэффициент преобразования (КОП). Кроме того, при температуре испарения ниже 0°C влага наружного воздуха может выпадать на теплообменной поверхности в виде инея, затрудняющего теплопередачу. Наиболее интенсивное выпадение инея на поверхности испарителя происходит при температуре наружного воздуха от -4 до $+7^{\circ}\text{C}$ (при условии отрицательной температуре кипения агента. При более низких температурах наружного воздуха вследствие уменьшения содержания влаги выпадение инея на поверхности сокращается. По мере снижения температуры окружающего воздуха требуемое количество тепла для отопления повышается (рис. 2), но способность воздушного теплового насоса поддерживать даже постоянную тепловую мощность существенно снижается [2].

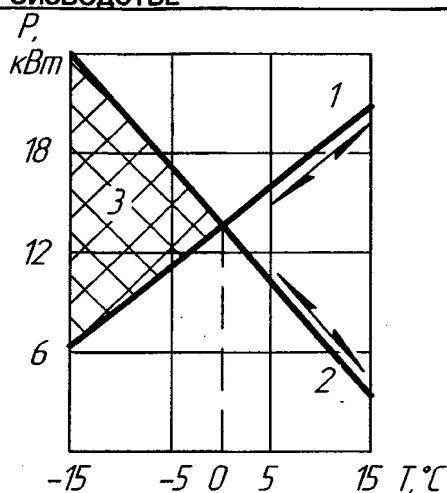


Рисунок 2 – Воздушный тепловой насос:

1 – производительность; 2 – тепловые потери помещения; 3 – дополнительный нагрев

Основным недостатком использования окружающего воздуха в качестве низкопотенциального источника тепла является изменение температуры по времени. В этих случаях, когда требуется наибольшая тепловая мощность, атмосферный воздух имеет низкую температуру. Поэтому, как правило, тепловые насосы, использующие тепло наружного воздуха, устанавливаются с запасными, мощными электронагревательными приборами, которые включаются и трансформируют электроэнергию в тепло, когда температура наружного воздуха понижается ниже определенного предела. Такая установка должна использовать способы дополнительного нагрева аккумулированным теплом (рис. 3). Тепловой аккумулятор позволяет применить тепловой насос только при достаточно высокой температуре окружающего воздуха [2].

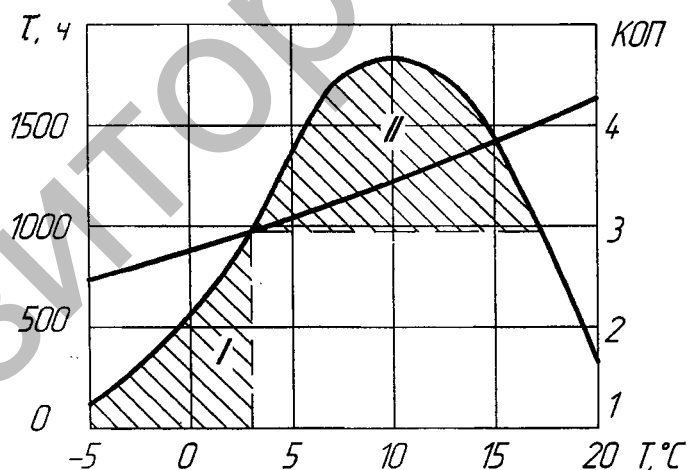


Рисунок 3 – Продолжительность экономичной работы воздушного теплового насоса:

I – теплоснабжение от аккумулятора тепла; II – область работы теплового насоса

Использование теплоты грунта тепловыми насосами также сопряжено с целым рядом трудностей. Преимуществом этого метода является то, что минимальная температура грунта всегда выше, чем воздуха. Однако, при использовании теплоты грунта площадь участка, занятого трубами испарителя, в 3 – 4 раза превышает отапливаемую площадь. При этом большое значение имеют влажность грунта. Если содержание воды в почве велико, показатели повышаются благодаря увеличению теплопроводности и хорошему контакту с трубами. Большая концентрация в песке гравия вызывает ухудшение характеристик теплопередачи. Основным недостатком подобных систем является повышенная металлоемкость из-за низких достижимых тепловых нагрузок грунтовых теплообменников. Погонный тепловой поток к

испарителю от грунта составляет 20 – 25 Вт/м. Вертикальные тепловые трубки снижают требуемую поверхность грунта в 20 раз, однако глубина их значительная.

Использование грунтовых вод благоприятно для работы тепловых насосных установок (температура воды меньше подвержена значительным колебаниям температуры), но при этом требуются соответствующие сооружения для извлечения обратной закачки этих вод (требуется вторая скважина). Кроме капитальных затрат необходимо решать проблемы коррозии и отложений, обрастания водорослями поверхностей испарителей, недостаточного расхода воды и опасности ее замерзания.

Стоимость теплового насоса с любым источником тепла заметно выше, чем обычной центральной котельной. Чем большую долю покрывает тепловой насос в тепловой нагрузке, тем выше разница в капиталовложениях, поэтому тепловые насосы, как правило, рассчитываются, лишь на часть годовой тепловой нагрузки, а оставшуюся часть дает дополнительный нагреватель, чаще всего электрический (в США) и на органическом топливе (в Европе). Выбор между ними определяется соотношением капитальных и эксплуатационных затрат. Тепловые насосы на данном этапе экономичны при условии высокого относительного времени годового использования установленной мощности, определенного соотношения цен электроэнергии и топлива (рис. 4) [5].

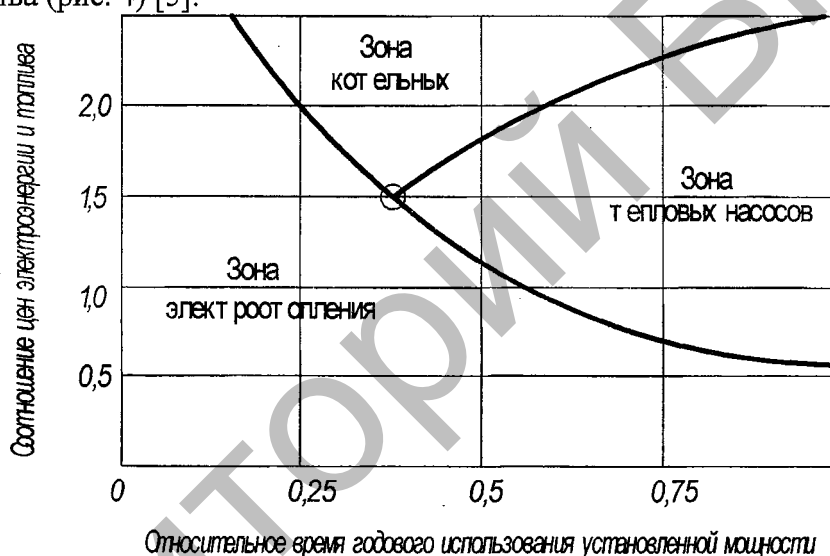


Рисунок 4 – График зоны экономической эффективности теплонасосной установки

Практика показывает, что в тепловых установках достижимы коэффициенты преобразования от 2,2 до 3,2 в зависимости от внешних условий отопительного сезона. Коэффициент эффективности тепловой насосной установки (отношение количества тепла, переданного среде с высокой температурой, к количеству энергии, затраченной на работу компрессора) зависит от привода компрессора. При электроприводе он составляет 2,2- 4,5, с приводом от двигателя внутреннего сгорания (при дополнительном использовании теплоты выхлопных газов от двигателя) – 5,8-7 [5].

Заключение

Тепловые насосы на животноводческих фермах эффективны при нагреве воды, применяемой для технологических нужд и отопления бытовых помещений. Нагрев воды целесообразно осуществлять за счет тепла надоенного молока.

Отопление бытовых помещений животноводческих ферм целесообразно проводить на основе применения тепловых насосов, извлекающих тепло из грунта. Однако вопрос об установке теплового насоса должен решаться конкретно на основе экономических показателей. Из них главный – срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, который для энергооборудования должен быть меньше 8 лет. Обычно, чем больше часов в году используется тепловая насосная установка, тем быстрее она окупается.

Литература

1. Амерханов Р.А. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.: ил.
2. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.: ил.
3. Баротфи И., Рафаи П. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах. /Пер. с венг. Э. Шандера, А.И. Залепукина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 228 с.: ил.
4. Дашков В.Н. Возобновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК: Монография / В.Н. Дашков. – Барановичи: РУПП «Баранов. Укрупн. тип», 2003. – 184 с.
5. Научный отчет по теме 01.07. «Произвести биоэнергетический анализ производства продукции животноводства и разработать оборудование, контроллеры для управления расходом ТЭР для животноводческих комплексов» (договор 593-В). – Мн.: БелНИИАгроэнерго, 1995, – 177 с.

УДК 631.366.23: 662.997

**ОХЛАЖДЕНИЕ МОЛОКА В ПРОТОЧНОМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ
ОХЛАДИТЕЛЕ**

Севернев М.М., Кузьмич В.В., Зимницкий Д.В.
(НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

Проведенные сравнительные испытания показали, что комбинированные молокоохладители с непосредственного охлаждения с ТЭОМ (термоэлектрический охладитель молока) уменьшает на 40-50 % время, требуемое для охлаждения молока до температуры 4 °С, что позволяет подавить развитие микрофлоры молока и в результате снизить бактериальную обсемененность молока, при этом затраты энергии на охлаждение 1т молока возрастают на 45%, по сравнению с молокоохладителем с непосредственным охлаждением.

Исследование процессов, связанных с термоэлектрическим охлаждением молока, требует тщательных измерений температуры, скорости охлаждения молока, взаимодействия охлаждаемых слоев, а также химического и микробиологического состава.

Для проведения технологических исследований по термоэлектрическому охлаждению молока была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка для термоэлектрического охлаждения молока (ТЭМ), которая включает в себя блок термоэлектрических элементов, воздухопроводы, осевые вентиляторы, силовое электрооборудование комплект контрольно - измерительных приборов (рисунок 1).

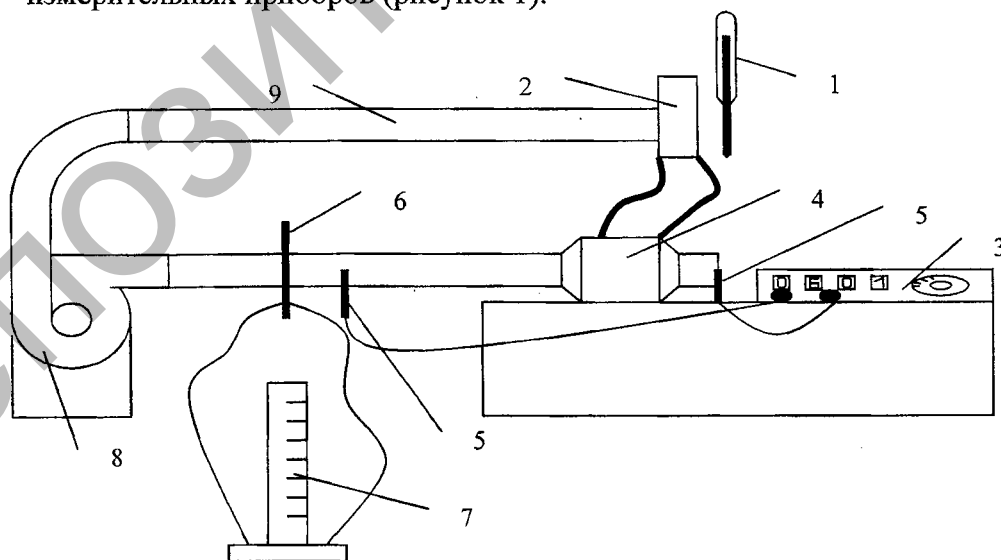


Рисунок 1 - Экспериментальная установка термоэлектрического охлаждения молока:
1- ртутный термометр; 2-смеситель с насосом; 3-милливольтметр; 4-блок с термоэлектрическими модулями; 5-измерительные термопары на входе и выходе воздуха из блока термоэлектрического охлаждения; 6-диафрагма расходомера; 7-микроанометр; 8- вентилятор
ТЭМ представляет из себя систему: воздушный радиатор - термоэлектрический мо-