

горесурсов. Однако чисто информационные системы требуют от менеджмента предприятий принятия адекватных управленческих решений.

3. Разработка и внедрение информационно-управляющих систем позволяет оптимизировать расход ТЭР в соответствии с целями производства. А возможности современной микропроцессорной техники создают предпосылки интеллектуализации управления, которые должны быть реализованы в новых проектах.

10.06.10.

### Литература

1. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 368 с.
2. Гуртовцев, А. Рынок электронных счетчиков и отраслевые испытания по отбору средств учета для АСКУЭ / А. Гуртовцев // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 9 (66).
3. Правила приборного учета электрической энергии в Республике Беларусь / Министерство энергетики Республики Беларусь. – 1-е изд. – Минск, 2004. – 34 с.
4. Гируцкий, И.И. Интеллектуальная автоматизация отопительно-вентиляционных систем / И.И. Гируцкий, К.Н. Семененко // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды 6-й МНТК, Москва, 12–13 мая 2008 г. / ГНУ ВИЭСХ. – М., 2008. – С. 65-69.

УДК 631.22:628.81

**А.М. Литовский, О.Н. Буляк,  
Д.А. Зуйкевич**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕ- НИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНА- СОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **Введение**

В условиях динамично развивающейся экономики Республики Беларусь особенно обостряется энергетическая проблема. Наша страна способна обеспечить себя примерно на 16% собственными топливными ресурсами, остальное количество их приходится завозить из-за рубежа. Удельный вес ввоза топливно-энергетических сырьевых и материально-технических ресурсов в ВВП составляет более 43%. Кроме того, если сравнивать энергоемкость продукции наших предприятий, то она значительно выше, чем в индустриально развитых странах. Однако следует учитывать, что климат в нашей стране более холодный, что обуславливает и больший расход топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) на обогрев.

Поэтому в общем комплексе задач по экономии и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов одним из важных направлений является разработка и внедрение энергосберегающего оборудования для создания микроклимата в животноводческих помещениях.

Уменьшение энергопотребления на создание микроклимата предлагается производить за счет сокращения затрат на отопление, этому способствуют переход на децентрализованные системы отопления, применение локального обогрева и сис-

тем утилизации тепла, а также автоматизация тепловентиляционного оборудования, оптимизация управления тепловой мощностью и подачей воздуха [1].

Оптимальный микроклимат в животноводческих и птицеводческих помещениях способствует более полной реализации генетического потенциала животных и птицы, профилактике заболеваний, повышению естественной резистентности, а также удлинению сроков службы построек и установленного в них оборудования [2].

### Основная часть

В данной работе предлагается в качестве одного из энергосберегающих мероприятий применение на животноводческих комплексах обогреваемых полов в сочетании с тепловым насосом. Система отопления в таком случае будет состоять из трех основных элементов: первичного контура низкопотенциального источника тепла, теплового насоса на базе герметичного компрессора и вторичного контура, включающего теплообменник, расширительный бак и систему «теплого пола».

Система, служащая для нагрева поверхности пола и использующая его же в качестве теплоаккумулятора и теплоизлучателя, называется системой «теплый пол». Суть водяного теплого пола сводится к монтажу между полом и напольным покрытием сети мини-трубопроводов (контуров теплого пола), по которым циркулирует теплоноситель – нагретая вода с температурой в пределах 35–45°C. Поэтому водяной теплый пол называют еще «низкотемпературной системой отопления». Благодаря циркуляции теплоносителя поверхность пола нагревается и отдает свое тепло окружающему воздуху и предметам. В общей сложности, теплоотдача, приходящаяся на каждый градус разницы между средней температурой поверхности пола и температурой в комнате, равна 11,5 Вт/м<sup>2</sup>. Это означает, что для поддержания температуры в помещении 20°C при отопительной нагрузке 50 Вт/м<sup>2</sup> температура поверхности пола должна быть на 4,5°C выше температуры в комнате [3].

Теплый пол по сравнению с радиаторным отоплением имеет преимущества:

- при напольном отоплении распределение тепла в помещении с точки зрения физиологии близко к идеальному;
- большая часть тепла (до 70%) передается излучением, благодаря чему воспринимается более комфортно;
- экономия тепловой энергии: в жилых зданиях 20–30%, в помещениях с высокими потолками (высотой от трех метров) – до 50% и выше;
- отсутствие традиционных отопительных приборов позволяет более эффективно использовать площадь;
- отсутствие конвективных потоков приводит к уменьшению количества пыли в воздухе обогреваемого помещения;
- из-за низкой температуры теплоносителя исключается возникновение положительной ионизации воздуха [4].

Кроме этого, срок эксплуатации теплых полов очень высок и зависит лишь от срока службы и пропускной способности трубки, по которой течет теплоноситель. А это минимум 50 лет. В отличие от систем электроподогрева теплый пол вполне ремонтпригоден, так как в бетоне находится всего лишь металлопластиковая трубка, которая легко очищается от отложений через 10–15 лет. А при использовании специального теплоносителя эта проблема не возникает вообще. Водяной обогрев позволяет не зависеть от ограничений по электрической мощности. Монтировать водяной теплый пол можно как на стадии строительства, так и в готовом здании.

Тепловой насос представляет собой источник энергии для системы отопления и горячего водоснабжения помещения, но одновременно он может поддерживать и систему кондиционирования. Основное отличие теплового насоса от других генераторов тепловой энергии (электрических, газовых и дизельных) заключается в том, что при производстве тепла до 80 процентов энергии извлекается из окружающей среды. В тепловом насосе реализуется процесс переноса низкотемпературной теплоты из различных сред (земли, водоемов, воздуха), непригодной для прямого использования, на более высокий уровень. Отношение полученной потребителем тепловой энергии к затраченной (в тепловом эквиваленте) определяет эффективность работы теплового насоса и носит название коэффициент преобразования:

$$\varphi = \frac{Q_n}{Q_k},$$

где  $Q_n$  – теплота, полученная потребителем;

$Q_k$  – мощность в тепловом эквиваленте, затраченная на привод компрессора.

При повышении температуры низкопотенциального источника тепла и понижении температуры теплоносителя, подаваемого потребителю, коэффициент преобразования повышается. Реально достигаемые на практике разности температур составляют от 70 до 30°C, при этом коэффициент преобразования изменяется от 2,0 до 5,0 соответственно.

Водяной теплый пол представляет собой низкотемпературную систему отопления. Если же сравнивать ее с традиционной радиаторной, где температура теплоносителя составляет 70–95°C, то экономия тепловой энергии может достигать 40–50%. В силу технических ограничений температура, подаваемая в систему отопления из теплового насоса, не превышает 55 градусов, причем температура обратной воды не должна превышать 50 градусов. При радиаторной системе отопления необходимо специально рассчитывать технические характеристики отопительных приборов, чтобы использовать теплонасосную установку. При использовании же водяного теплого пола никаких специальных расчетов не требуется. Даже при правильном расчете радиаторной системы отопления использование системы отопления «теплый пол» всегда будет давать более эффективное использование энергии, накопленной в окружающей среде.

## Результаты исследований

Сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в 2009 г. проводились работы по созданию системы теплоснабжения производственных помещений на базе теплового насоса «воздух-воздух». Тепловой насос (рисунок 38) служит источником тепла в системе теплоснабжения для помещений пунктов технического обслуживания (ПТО) опытно-экспериментального мехдвора в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Система теплоснабжения предназначена для отопления трех ПТО.



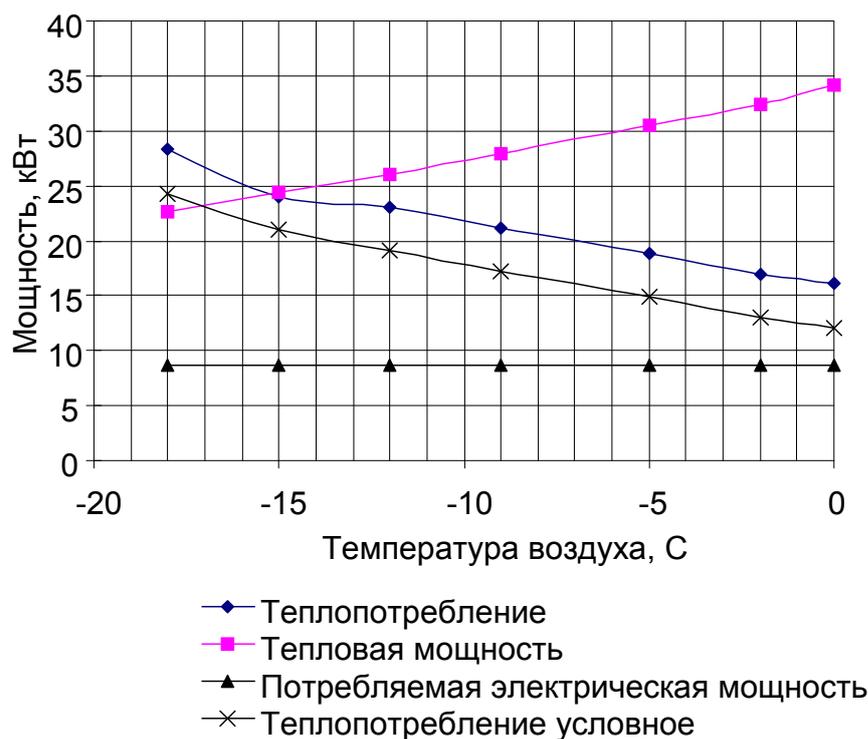
**Рисунок 38 – Тепловой насос**

В качестве нагревательных приборов применяются воздушные конденсаторы, в качестве теплообменника, использующего низкопотенциальное тепло атмосферного воздуха, применяется воздухоохладитель. Расчетная продолжительность отопительного периода составляет 197 суток. В таблице 17 приведены результаты испытаний теплового насоса, проводившиеся в первом квартале 2010 г.

Таблица 17 – Параметры работы теплового насоса в период испытаний

Температура атмосферного воздуха, °С	Продолжительность работы, ч	Теплопотребление, кВт	Потребленная энергия, кВт·ч	Коэффициент преобразования
-18	140	28,3	1523	2,6
-15	37	24,0	317	2,8
-12	72	23,1	554	3,0
-9	147	21,2	970	3,21
-5	168	18,9	907	3,5
-2	216	17,0	987	3,72
0	216	16,1	884	3,93

Используя данные таблицы 17, можно построить зависимости рабочих характеристик теплового насоса от температуры атмосферного воздуха. Затем, нанеся на график зависимость теплопотребления любого другого объекта (условное теплопотребление) от температуры воздуха, можно определить пригодность теплового насоса для использования в системе отопления данного объекта (рисунок 39).



**Рисунок 39 – Рабочая характеристика теплового насоса**

Разработанная конструкция теплового насоса может служить и источником тепла для системы отопления, использующей теплый пол. При этом необходима лишь замена вторичного контура.

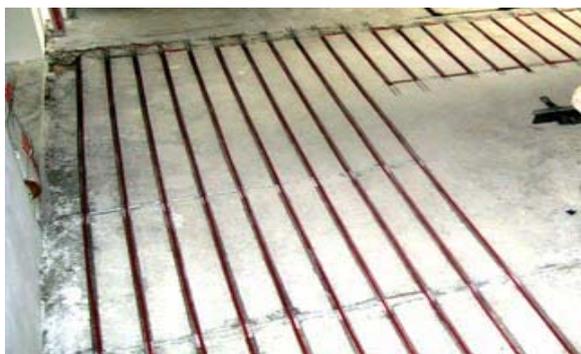
Однако многие специалисты отмечают, что в силу технических причин теплонасосные установки с воздушным контуром имеют серьезное ограничение в применении. Минимальная температура наружного воздуха не должна быть ниже минус 20°C. При этом приходится, начиная с температуры минус 15°C, к установке ступенчато подключать электронагреватели. То есть чем холоднее воздух, тем ниже коэффициент полезного действия. Таким образом, при температуре ниже минус 20°C, по сути, работает только электронагрев. Для решения данной проблемы мы предлагаем расположить первичный контур непосредственно в животноводческом помещении, используя в качестве источника низкопотенциального тепла вытяжной воздух из животноводческого помещения. Но при этом необходимо иметь в виду, что используемый воздух должен быть очищен и не должен содержать аммиак и другие едкие вещества.

Таблица 18 – Нормативные значения температуры, влажности и скорости внутреннего воздуха в помещениях и зданиях для крупного рогатого скота

Наименование зданий и помещений	Группа животных, содержание животных	Расчетная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %		Скорость воздуха максимальная, м/с
			максимальная	минимальная	
Доильно-молочный блок, доильный зал, молочная)		17	75		0,5
Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с расчетной зимней температурой 25°С и ниже)	Коровы и молодняк всех возрастов; беспривязное на глубокой подстилке с кормлением в здании	3	85	40	1
Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с расчетной температурой ниже 25°С)	Коровы и молодняк всех возрастов; беспривязное на глубокой подстилке с кормлением на выгульно-кормовых дворах				

Учитывая нормативные значения температуры (таблица 18) при создании систем микроклимата молочно-товарного комплекса, особое внимание следует уделять обогреву доильного зала. При этом наиболее экономичным способом создания и регулирования микроклимата в мировой практике признана система «теплый пол» [5]. Благодаря низкой температуре поверхности пола и равномерному распределению тепла, нагретый воздух поднимается настолько медленно, что человек этого движения не ощущает. Это позволяет, помимо оптимальной температуры, поддерживать поверхность пола постоянно сухой, а влажность и скорость воздуха – в пределах зоогигиенических норм. Все это создает благоприятную среду для здоровья и работы человека, эксплуатации техники и получения максимума от животных.

Теплый пол целесообразно устраивать в местах проходов животных и их доения (рисунок 40), а также в доильной яме (рисунок 41). Такое расположение теплого пола способствует оптимальному обеспечению условий микроклимата в доильном зале, снижению травматизма животных на подиумах при входе в доильный зал и обеспечению комфортных условий труда персонала. В этом случае нагрев зоны рабочего места в доильной яме происходит таким образом, что на уровне ног температура незначительно выше, чем на уровне головы. Такое распределение тепла наиболее адекватно субъективному восприятию комфорта человеческим организмом.



**Рисунок 40 – Укладка теплого пола на подъеме в доильный зал**



**Рисунок 41 – Укладка теплого пола в доильной яме**

Таким образом, тепловой насос и система отопления «теплый пол» в системе микроклимата имеют следующие преимущества:

- при установке теплового насоса в системе отопления «теплый пол» энергия не только экономно производится, но и экономно распределяется;
- тепловой насос позволяет сэкономить до 80% энергоресурсов по сравнению с использованием традиционных источников тепла (электрочувствительного котла, котла на жидком или твердом топливе);
- снижаются потери в отопительных приборах, поскольку, благодаря теплоте полу, равномерному распределению тепла и отсутствию сквозняков, в помещениях можно поддерживать более низкую температуру, чем в случае отопления с помощью радиаторов. Экономия расходов на отопление составляет 10...30%.

### **Заключение**

1. Применение теплового насоса в общей системе создания микроклимата животноводческих помещений является наиболее эффективным, поскольку не требуется прокладка централизованной системы отопления, тепловой насос работает с высоким коэффициентом преобразования тепла и позволяет реализовывать различные схемы отопления.

2. Наиболее эффективным сочетанием является комбинация теплого пола и теплового насоса (в отличие от систем, где используется радиаторное отопление).

3. Устройство теплого пола позволяет экономить тепловую энергию, так как нагревается в первую очередь пространство жизнедеятельности.

4. Тепловой насос позволяет сэкономить до 80% энергоресурсов по сравнению с использованием традиционных источников тепла, а при использовании теплого пола в сравнении с радиаторным отоплением экономия расходов на отопление дополнительно составляет 10...30%.

5. Использование программируемой системы управления позволяет анализировать температурные характеристики отдельных помещений и отдельных зон самих помещений. Такая система также регулирует время включения / выключения теплового насоса и отдельных его элементов (теплого пола, системы подогрева воды и т.д.), тем самым способствуя экономичному расходу электроэнергии.

*01.07.10.*

## Литература

1. Цубанов, А.Г. Теплоснабжение, отопление и вентиляция животноводческих помещений. / А.Г. Цубанов. – Минск: Ураджай, 1987. – 151 с.
2. Студенцов, П.Н. Теплые полы в животноводческих помещениях / П.Н. Студенцов. – М.: Стройиздат, 1974. – 71 с.
3. ООО «Термотехник-сервис» Taros. Респ. Беларусь // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2010. – Режим доступа: <http://www.vodaiteplo.com/?id=304>. – Дата доступа: 14.06.2010.
4. Бойко, А. Водяные теплые полы / А. Бойко // Идеи вашего дома. – 2004. – № 9 (77).
5. ООО «ЭлектрикГрупп» Респ. Беларусь // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2009. – Режим доступа: <http://electricgroup.by/Danfoss-selskoe-hoz.html>. – Дата доступа: 14.06.2010.

УДК 628.35:628.255

**Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский,  
С.Н. Поникарчик**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

## ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА ДО И ПОСЛЕ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ

### Введение

Развитие животноводства и птицеводства создало глобальную проблему утилизации большого объема органических отходов, основными источниками которых являются крупные животноводческие и птицеводческие комплексы. Сельское хозяйство становится источником загрязнения окружающей среды. Решение этой проблемы требует особого внимания. По данным Министерства статистики Республики Беларусь, в отрасли работает 203 животноводческих комплекса, в том числе 98 – крупного рогатого скота, 105 – свиноводческих и 43 птицефабрики. Общее количество отходов, которые характеризуются высокой влажностью и бактериальной обсемененностью, в том числе наличием патогенной микрофлоры и яиц гельминтов, достигает более 70 млн. *т* в год.

Современные методы переработки и утилизации отходов животноводства должны выбираться с учетом возросших требований к экономии минеральных удобрений, к рациональному использованию имеющегося огромного удобрительного потенциала навоза, охране окружающей среды, повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, затратам топливно-энергетических ресурсов. Наиболее полно предъявленным требованиям удовлетворяют технологии, основанные на биологической переработке отходов в анаэробных условиях. Технология анаэробного сбраживания позволяет уменьшить негативное воздействие органических отходов на окружающую среду, является одним из способов их обезвреживания и частичного обеззараживания. Метод следует оценивать как локальное природоохранное мероприятие, одновременно улучшающее и энергетический баланс животноводческого комплекса. Важнейшим продуктом анаэробной биоконверсии органических отходов животноводства является сброженная биомасса, представляющая собой высококачественное органическое удобрение.

Целью данной работы является оценка изменения агрохимических показа-