

3. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45–2.04–43–2006 (02250). – Введ. 01.07.2007. – Минск: М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – С. 10–26.
4. KTBL. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft / KTBL. – Darmstadt, 2009. – S. 236
5. Beitz, W. Taschenbuch für den Maschinenbau: 15. Auflage / Beitz Wolfgang, Karl-Heinz Küttner. – Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer, 1983.

УДК 631.671:620.9

**В.Г. Самосюк, В.О. Китиков,
А.М. Литовский, С.Л. Романов**
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА: ТЕПЛОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ

Министр окружающей среды Германии Н. Рётген (N. Rötgen) [1] заявил, что в 2050 г. почти вся энергия, необходимая стране, будет вырабатываться за счет возобновляемых источников энергии, то есть с помощью гидроэлектростанций, гелиотермических, ветряных, биогазовых систем, использования низкотемпературного тепла земли, воздуха, воды. По-существу, министр экстраполировал тенденцию настоящего времени в будущее – в 2009 г. в Германии доля возобновляемых источников энергии достигла 16,1% [2]. После либерализации энергетического рынка Германии резко возросли цены на электроэнергию. Многие коммуны приняли решение о собственном производстве электроэнергии из возобновляемых источников с целью уменьшить объем закупаемой у энергогигантов энергии на 50%. Правительство Германии поддерживает это направление. Новый тариф на электроэнергию, производимую ветросиловыми установками, будет равен 9,7 евроцентов за кВт·ч, стоимость киловатта электроэнергии, генерируемой на биогазовых комплексах, составит от 13 до 18 евроцентов в зависимости от мощности установки.

В США Акт о возврате капитала (2009 г.) способствовал тому, что Министерство энергетики США значительно увеличило финансовую поддержку компаний, проводящих исследования, развивающих и внедряющих новые технологии в области возобновляемых источников энергии. В 2010 г. федеральное правительство США инвестирует в возобновляемую энергетику 67 млрд долларов в виде грантов, гарантий, займов. Италия за период с 2009 по 2020 гг. планирует инвестировать в возобновляемую энергетику 42 млрд евро.

Основной задачей, поставленной перед Республикой Беларусь в области энергетической безопасности, является достижение к 2015 г. доли собственных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива не менее 28%. Одним из самых перспективных способов снижения энергозатрат для отопления и теплоснабжения объектов, не включенных в систему централизованного теплоснабжения, во всем мире считается применение тепловых насосов.

Тепловые насосы, осуществляя обратный термодинамический цикл, получают возобновляемую низкопотенциальную энергию из окружающей среды (земли, воды, воздуха) и повышают ее температурный уровень до необходимого для потребителя, что позволяет использовать этот процесс для нужд отопления и обеспечения горячей водой в производственных и гигиенических целях. Количество функционирующих тепловых насосов в странах Европы исчисляется миллионами. В 2008 г. в Германии введено в эксплуатацию 62,5 тыс. теплонасосных установок, в 2009 г. в новостройках Германии тепловые насосы были смонтированы в 27% жилых домов [3]. В Швеции 50% тепловой энергии на отопительные нужды генерируется тепловыми насосами. Только в

Стокгольме суммарная мощность тепловых насосов, перекачивающих тепло из вод Балтийского моря (+8°C), составляет 320 МВт. В Швейцарии 40% одно- и двухквартирных домов оборудовано тепловыми насосами.

Федеральное законодательство США предписывает обязательное использование тепловых насосов в системах отопления общественных зданий. Благодаря финансовой поддержке правительства Китая это направление активно развивается, создана интегрированная теплонасосная система с подземным холодохранилищем. По прогнозам Мирового энергетического комитета, к 2020 г. доля тепловых насосов в теплоснабжении в мире составит 75%. Сейчас объем продаж тепловых насосов в мире – около 125 млрд долларов (в 3 раза больше рынка вооружений).

В нашей республике примеры применения теплонасосного оборудования единичны. В основном, это объясняется следующими причинами:

- низкой стоимостью природного газа по сравнению с Западной Европой;
- высокой стоимостью импортного теплонасосного оборудования;
- неурегулированной тарифной политикой: электроэнергия, используемая для работы теплонасосных установок, рассматривается как использованная неэффективно – для производства тепла;
- недостаточной информированностью потенциальных потребителей о возможностях теплонасосных систем.

Однако стоимость природного газа для нашей республики постоянно возрастает, импортное теплонасосное оборудование, как мы докажем ниже, можно с успехом заменить на отечественное, тарифная политика наверняка изменится, когда потребление электроэнергии в теплонасосных системах составит статистически значимую величину, а улучшению информированности потенциальных потребителей в сельском хозяйстве послужит, в частности, данная статья.

Об энергетической и экономической эффективности применения тепловых насосов можно судить по следующим элементарным расчетам:

1 м³ природного газа при сжигании в отопительном котле может дать до 8600 Ккал, или 10 кВт·ч тепловой энергии. Этот же 1 м³ газа, сожженный на хорошей электростанции, даст 5 кВт·ч электроэнергии и одновременно около

4 *кВт·ч* тепловой энергии. Если этими 5 *кВт·ч* электроэнергии запитать тепловой насос, то можно реально произвести (с учетом энергии, получаемой из окружающей среды):

15 *кВт·ч* тепла из воздуха;

20 *кВт·ч* из грунта;

25 *кВт·ч* из водного источника.

Таким образом, из 1 м³ газа вместо 10 *кВт·ч* можно получить до 30 *кВт·ч* тепловой энергии.

По тепловой мощности тепловые насосы можно разделить на 3 группы.

1. Бытовые – мощностью до 15 *кВт*.

2. Промышленные малой мощности – до 100 *кВт*.

3. Промышленные большой мощности – от 100 *кВт* до 203 *МВт*.

Применение тепловых насосов особенно целесообразно для теплоснабжения децентрализованных производственных объектов в сельской местности. В ряде случаев они могут оказаться единственным надежным источником теплоснабжения – там, где нет централизованного теплоснабжения или газопроводящей сети, нет достаточных ресурсов местных видов топлива или их применение опасно с экологической или противопожарной точки зрения. Уровень теплопотребления производственных сельскохозяйственных объектов, как правило, не высок (до 100 *кВт*), поэтому для них наиболее эффективны парокompрессионные тепловые насосы (в отличие от адсорбционных, область наиболее эффективного применения которых превышает 200 *кВт*). Срок службы тепловых насосов достигает 15–20 лет. Тепловые насосы, в принципе, совместимы с любой циркуляционной системой теплоснабжения, а малые габариты, современный дизайн и малошумность позволяют устанавливать их в любых хозяйственных помещениях.

Для использования низкопотенциального тепла грунта наиболее эффективно применение вертикальных теплообменников. Они не требуют большой площади земельных участков, не зависят от интенсивности солнечного нагрева земли, т.е. всепогодны, эффективно работают практически во всех видах геологических сред (за исключением сухого песка или гравия). Теплоноситель циркулирует по трубам (полиэтиленовым или полипропиленовым), которые помещают в вертикальной скважине глубиной от 40 до 200 м. В Европе широко используют наиболее простые и дешевые двойные U-образные теплообменники. На один метр такого теплообменника, в зависимости от грунта, можно получить 55–85 *Вт* энергии.

Важным показателем использования тепла земли является устойчивость эксплуатации грунтового теплообменника, т.е. способность системы обеспечивать подвод необходимого количества низкопотенциального тепла длительное время. Германия и Швейцария уже более 20 лет ведут наблюдение за температурным режимом вокруг эксплуатируемого теплообменника по всей глубине скважины. Измерения показали, что в течение первых пяти лет темпера-

тура грунтового массива вокруг теплообменника снижалась на 1–2 градуса, однако еще через десять лет и далее колебания температуры были в пределах 0,5 градуса. Аналогичные результаты получены и в наших исследованиях.

Актуальность проблемы не вызывает сомнения. Объем российского рынка грунтовых тепловых насосов за период с 2004 по 2007 гг. увеличился с 46 до 627 *шт.* совокупной тепловой мощностью 15,65 *MВт*, в 2008 г. – 296 *шт.* (7,7 *MВт*), за 2009 г. – около 220 *шт.* (5,6 *MВт*). Типичная стоимость «под ключ» установки теплопроизводительностью 17,1 *кВт* в Подмосковье составила 1743 тыс. российских рублей. Расчеты российских авторов показывают, что применение энергосберегающей системы кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения в многоэтажном доме с электрическими плитами позволяет в 3 раза сократить оплату за горячее водоснабжение, отопление и охлаждение помещений.

Кроме грунтовых тепловых насосов (ГТН), на мировом рынке широкое распространение получают низкотемпературные воздушные тепловые насосы (НВТН) «воздух-вода» со сроком окупаемости в 4 раза ниже грунтовых. Предполагается, что НВТН «воздух-воздух» окупаются еще быстрее. В Великобритании ежегодный прирост теплонасосных систем такого типа составлял первые 2 года 300% [4].

Для условий России стоимость установки отопления в трехэтажном здании площадью 1500 m^2 без дополнительного подогрева с максимальной температурой теплоносителя 55 градусов при использовании немецкого оборудования составляет 74,2 тыс. евро. С точки зрения расходов жильцов применение энергосберегающей системы на базе холодильной машины в многоэтажном жилом доме с электрическими плитами позволяет в 3 раза сократить оплату за горячее водоснабжение, отопление и охлаждение помещений [5].

Существенной проблемой широкого внедрения теплонасосного оборудования в сельскохозяйственном производстве Беларуси является отсутствие отечественного производителя тепловых насосов, а также отсутствие информации у потребителей и даже у руководителей районного уровня о данном виде энергосберегающего оборудования. Импортные тепловые насосы и комплектующие изделия вследствие отсутствия конкуренции со стороны белорусских производителей реализуются в Беларуси по неоправданно высокой стоимости. В конце концов, тепловой насос – это тот же холодильник, только потребителя интересует не холод, а тепло, которое у холодильника рассеивается на радиаторной решетке.

В качестве пилотного проекта при реконструкции здания ремонтной мастерской экспериментального мехдвора РСДУП «Зазерье» Пуховичского р-на была создана система обогрева и горячего водоснабжения бытовых помещений данного объекта с применением теплового насоса импортного производства тепловой мощностью 33,6 *кВт* (рисунок 121).



Рисунок 121 – Элементы системы обогрева и горячего водоснабжения бытовых помещений с применением теплового насоса мощностью 33,6 кВт

Для анализа и оценки энергетических, экономических, а также гидравлических, термодинамических, конструктивных, эргономических и иных характеристик был разработан и смонтирован контрольно-измерительный комплекс, оснащенный системой передачи измеряемых данных на компьютер в профильном подразделении РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (рисунок 122).



Рисунок 122 – Контрольно-измерительный комплекс

Проведены исследования работы системы теплоснабжения, которые позволили установить:

- применение теплонасосных систем теплоснабжения эффективно и экономически целесообразно для объектов, не включенных в системы централизованного теплоснабжения (это особенно актуально для производственных, административно-бытовых и др. сооружений в сельской местности);

- стоимость внедрения теплонасосных систем теплоснабжения сопоставима со стоимостью внедрения систем отопления на природном газе с учетом стоимости работ по проектированию и прокладке газоподводящих трубопроводов;
- по удельным эксплуатационным затратам применение теплонасосных установок на 5–10% выгоднее использования природного газа для отопления децентрализованных объектов.



Рисунок 123 – Экспериментальный образец теплового насоса

вичского р-на, в которой применен тепловой насос на базе компрессора Белорусского производства (ХГВ-28 БелОМО), впервые переведенный для работы на озонбезопасном хладагенте R407C, а также система автоматического управления собственной конструкции (рисунок 124). Опыт эксплуатации в условиях экстремально низких температур зимы 2009–2010 гг. показал работоспособность и эффективность таких установок для обогрева производственных помещений.

Таким образом, была доказана перспективность применения тепловых насосов в практике сельскохозяйственного производства и, кроме того, возможность разработки и производства данного вида энергосберегающего оборудования силами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и предприятий республики. Анализ импортных и экспериментальных отечественных теплонасосных установок показал, что в среднем коэффициент преобразования тепла (отношение генерируемой тепловой энергии к потребленной на привод компрессора электроэнергии) составляет 2,9–3,8. При этом установлено, что существуют перспективы для дальнейшего совершенствова-

На основе полученных данных силами специалистов РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был разработан и изготовлен экспериментальный образец теплового насоса, исследовательские испытания которого зафиксировали теплотехнические и энергетические характеристики, аналогичные параметрам импортного оборудования, в т.ч. тепловую мощность 34 кВт (рисунок 123).

Создана экспериментальная система типа «воздух-воздух» мощностью до 35 кВт для обогрева трех производственных помещений пункта технического обслуживания и ремонта тракторов и сельхозмашин мехдвора РСДУП «Зазерье» Пуховичского р-на.

ния разработанных конструкций – в направлении повышения коэффициента преобразования тепла, модернизации системы автоматического управления, применения тепловых насосов в технологических процессах одновременного производства холода и выработки тепла. Необходимо иметь в виду, что Директива по использованию возобновляемых источников энергии (Directive on the Use of Renewable Energy Sources), принятая в декабре 2008 г. Европейским парламентом, не допускает использования тепловых насосов с коэффициентом преобразования, равным и ниже 2,875.



Рисунок 124 – Экспериментальная теплонасосная типа «воздух-воздух» мощностью 35 кВт для обогрева трех производственных помещений пункта технического обслуживания и ремонта тракторов и сельхозмашин

В настоящее время в дочерней организации центра – ГП «Институт «Плодоовощпроект» – разработана техническая документация на тепловой насос. ГП «Институт «Плодоовощпроект» имеет лицензию и компетентен проводить предпроектные работы для оценки расхода тепловой энергии, разработать проектно-сметную документацию, в ближайшей перспективе будет доукомплектован кадрами, способными осуществить монтаж, испытание и пусконаладочные работы вышеуказанного оборудования.

В Республике Беларусь разработан проект национальной Программы развития местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011–2015 гг. К сожалению, раздел программы «Тепловые насосы» практически не предусматривает их использования в сельскохозяйственном производстве. На наш взгляд, комплексное использование ресурсов низкопотенциального тепла на базе тепловых насосов для теплоснабжения производственных и бытовых помещений сельскохозяйственных предприятий является актуальным, особенно в свете постоянного удорожания углеводородных энергоносителей и потенциальной угрозы нестабильности их поставок в нашу страну, а также в связи со строительством в республике собственной АЭС. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» может выступить в качестве организационно-разработчика и изготовителя теплонасосного оборудования парокомпрессионного типа с электроприводом тепловой мощностью до 100 кВт.

В программе следует предусмотреть создание систем микроклимата животноводческих помещений с использованием теплонасосного оборудования,

обладающих возможностью утилизации тепла удаляемого из помещения отработанного воздуха и подогрева воздуха и воды для технологических целей, а также создание теплонасосных систем двойного назначения – обеспечивающих одновременно низкотемпературный режим для хранения сельскохозяйственной продукции и обогрев за счет отбираемого тепла вспомогательных (бытовых, технологических) помещений, складов. В программе должны найти отражение комбинированные системы теплоснабжения с использованием тепловых аккумуляторов, особенно в тех случаях, когда поступление низкопотенциальной энергии происходит периодически. Эти системы могут интегрироваться с гелиоводонагревательными установками.

В результате реализации программы в сельскохозяйственных предприятиях республики могут быть введены в эксплуатацию 500 систем теплоснабжения на основе теплонасосных установок, а также на иных децентрализованных объектах (АЗС, предприятиях придорожного сервиса, торговых предприятиях в сельской местности и т.п.), потенциально возможно внедрять тепловые насосы на объектах МО, МВД, МЧС, Белорусской железной дороги. Суммарная тепловая мощность теплонасосных систем может составить не менее 60 МВт, что позволит произвести около 125 Мкал тепловой энергии для обогрева помещений, что соответствует 17,7 тыс. т условного топлива, или сократить потребление природного газа на 14,4 млн м³.

22.06.11

Литература

1. Buddensiek Volker. Ein klein wenig Revolution. «Sonne Wind und Wärme». – 2010. – № 3. – P. 10.
2. Kiessel, F. Entwicklund der Stromeinspeisung aus Regenerativanlagen / F. Kiessel, M. Timm. // Elektrizitätswirt. – 2010. – 109. – № 1–2. – P. 22-29.
3. Augsten, E. Ansehnliche Jahresbilanz // Sonne Wind und Wärme. – 2010. – 34. – № 3. – P. 12.
4. Суслов, А.В. Предварительная оценка коммерческого потенциала российского рынка воздушных тепловых насосов / А.В. Суслов // Холодильная техника. – 2010. – № 10. – С. 40-42.
5. Экономические преимущества применения холодильных машин для выработки тепла и холода в жилых зданиях / О.Я. Кокорин [и др.] // Холодильная техника. – 2010. – № 8. – С. 39-42.

УДК 631.243.2:636.085.34

**С.В. Крылов, И.И. Гируцкий,
А.А. Жур, Ю.А. Кислый**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЗАМЕНЕ ИЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАЦИОНАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ)

Введение

В предыдущих статьях [1, 2] авторами было показано, что оценка экономической эффективности мобильной техники по нормативным документам [3, 4] в настоящее время не отвечает современным экономическим условиям, что ставит вопрос о применимости данных документов.