

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АПК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.В. Крутов, В.А. Ковалев, А.А. Полищук

В статье рассматриваются самые доступные нетрадиционные источники энергии для нужд сельскохозяйственного производства, крестьянских хозяйств и сельского жилого сектора: солнечная радиация, ветровая энергия, гидроэнергия, естественный холод, биомасса и биогаз, а также вторичные энергоресурсы. Обобщенный опыт использования нетрадиционных источников энергии предназначен для создания эффективных технических решений по их применению при проектировании установок преобразования возобновляемых источников энергии и комбинированных систем энергоснабжения.

Ключевые слова: геиоресурсы, гидроэнергия, ветровая энергия, биомасса, биогаз, естественный холод, вторичные энергоресурсы, микросети, энергоэффективность.

Изучение проблем использования местных видов топлива по регионам республики показывает, что недостаточно широко для восполнения дефицита энергоресурсов применяются возобновляемые и вторичные энергоносители. Возможные для использования виды возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Беларуси следующие:

- геиоресурсы;
- гидроэнергия;
- ветровая энергия;
- биомасса (дрова, камыш, солома, костра и другие растительные отходы, твердые бытовые отходы);
- биогаз;
- естественный холод;
- биотопливо (этанол, моторное топливо из рапса и других масленичных культур;
- низкопотенциальное тепло недр земли, водоемов, вентиляционных выбросов производственных помещений и т. п.

Холод – наиболее совершенное средство для хранения пищевых и других продуктов, их переработки, транспортировки. На искусственное охлаждение, ниже температуры окружающей среды, требуются значительные затраты энергии. В тоже время в природе существует естественный холод, который, в зависимости от климатической зоны, периодически возобновляется.

Из возобновляемых источников энергии естественный холод находит наименьшее применение. В научной литературе по нетрадиционной энергетике этот вид энергоресурса, как правило, не рассматривается вообще или встречается очень редко. Вероятнее всего, причиной этого является то, что естественный холод относится к сезонным

потокам энергии, существующим в окружающей среде.

В практике известен ряд сооружений, холодильных установок, принцип действия которых основан на применении естественного холода (ледяное и льдосоленое охлаждение, охладители молока сезонные, холодоаккумулирующие системы). В Беларуси в институте тепло- и массообмена разработана термосвайная холодоаккумулирующая система-ледник для хранения сельскохозяйственной продукции, которая закачивает в зимний период времени естественный холод в грунт, обволакивая овощехранилище. Проблема сохранения сельскохозяйственной продукции является наиболее значимой после ее выращивания. При хранении большинства овощей, корнеплодов, фруктов необходимо поддерживать температуру окружающей среды в диапазоне 0...4 °С. Например, для картофеля +2 °С, капусты - 1 °С, яблок - 1 °С, моркови - 0 °С.

В настоящее время тепловые трубы (термосвай) успешно используются в США, Японии, России и других странах для замораживания и размораживания грунта. Так, белорусские и российские разработки применены для замораживания грунта под покрытием дорог в районах Сибири и Дальнего Востока.

Термосвайная холодоаккумулирующая система-ледник [1] представляет собой теплоизолированную камеру, расположенную, как правило, в грунте. Вблизи внутренней поверхности камеры размещаются нижние части термосвай, а над грунтом – верхние. Термосвая представляет собой замкнутую цилиндрическую конструкцию, внутри которой

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АПК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

реализован испарительно-конденсационный цикл рабочего вещества (например, аммиака). Благодаря высокой эффективности переноса скрытой теплоты парообразования, такие устройства получили название сверхпроводников тепла. Для практического использования термосвай важным параметром является малый температурный перепад, обеспечивающий достаточную холодопроизводительность, начиная с условия, когда воздух имеет температуру незначительно ниже температуры грунта. Характерной особенностью данной термосвай является то, что передача тепловой энергии осуществляется в одном направлении: от камеры к окружающей среде. Когда температура окружающей среды становится выше температуры грунта, в которой помещена термосвай, теплопередача через термосвай прекращается, т. е. реализуется диодный эффект. Следует также отметить и еще одно положительное качество термосвай: терморегулирование, которое состоит в снижении теплопередачи, когда камера (или грунт вблизи камеры) будет достаточно холодной. В случае использования такой системы для овощехранилищ, это свойство термосвай предотвращает переохлаждение хранящейся сельскохозяйственной продукции.

За расчетное значение холодопроизводительности системы взята, в среднем, мощность 20 кВт, исходя из опыта использования холодильного оборудования в сельском хозяйстве. При средней холодопроизводительности одной термосвай 0,7 кВт на принятую расчетную холодопроизводительность системы потребуется 28-30 термосвай. При температуре наружного воздуха $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ мощность одной термосвай составляет 0,5 кВт.

В топливно-энергетическом балансе Беларуси, на наш взгляд, низка доля соломы и костры. Ежегодно в республике производится примерно 6-7 млн. тонн соломы. До 70 процентов солоmistых материалов используется в качестве подстилки, а также для укрытия буртов корнеклубнеплодов. В тоже время более 2-х млн. тонн соломы остается на полях, запахиивается. Теплота сгорания соломы составляет 14,0 МДж/кг и более. Нами проведены расчеты по возможному использованию соломы как топлива. В 2010 г. энергетический потенциал соломы при использовании ее на топливо в Беларуси составлял свыше 1130 тыс. тонн условного топлива.

Органческие отходы сельскохозяйственного производства (навоз всех видов животных, помет птиц, отходы растениеводства

также рассматриваются как перспективный, постоянно возобновляемый источник энергоресурсов. Энергетический потенциал биомассы животноводческих комплексов и птицефабрик Республики Беларусь оценивается около 450 тыс. т у.т. в год. В настоящее время Научно-производственный центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства разрабатывает отечественную биогазовую установку мощностью 125 кВт. Потребность республики в таких установках составляет примерно 650 единиц. Ожидаемая экономия условного топлива может составить 210 т в год. При этом из органосодержащих стоков ферм КРС будет производиться биогаз повышенной калорийности (24-26 МДж/м³ при содержании метана 70-75 %), который может быть использован для выработки тепловой и электрической энергии в когенерационном блоке.

В экономии топлива важную роль играет утилизация вторичных энергетических ресурсов. В частности нужно обратить внимание на сбор и использование на топливные цели определенной части отработанных нефтепродуктов. Концерн «Белнефтехим» ежегодно реализует предприятиям республики свыше 50 тыс. тонн моторных и промышленных масел. В сельском хозяйстве на топливные цели может использоваться ежегодно в качестве котельно-печного топлива, как минимум 1,5-2,0 тыс. т отработанных нефтепродуктов, которые не соответствуют требованиям стандарта и не пригодны для регенерации.

Для электроснабжения сельскохозяйственных объектов, удаленных от централизованных электрических сетей, в основном, используются автономные источники питания (АИП), как правило, дизельные электростанции (ДЭС). Системы электроснабжения малой мощности, базирующиеся на использовании только ДЭС, обходятся хозяйствам весьма дорого из-за высокой стоимости жидкого топлива. Поэтому для бесперебойного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, удаленных от централизованного электроснабжения, может быть весьма перспективным использование комбинированных электростанций (КЭС) на основе возобновляемых источников энергии и ДЭС.

Несмотря на относительно высокую стоимость сооружения солнечных и ветровых энергетических установок, их использование совместно с дизельными генераторными установками, может быть весьма эффективным, так как зимой и летом имеется различный потенциал как ветра, так и солнца, а со-

четание этих ресурсов на протяжении года оказывается выгодным при их совместном применении [2].

В настоящее время развитие малой энергетики в нашей стране продолжается, в том числе, с ориентацией на сельское хозяйство. При этом для энергоснабжения малых и удаленных сельских потребителей становится целесообразным использовать ветроэнергетические установки (ВЭУ) с мощностью всего несколько кВт. Исходя из оценки потенциала, имеющегося в РБ, для практической реализации можно устанавливать стационарные малые ВЭУ до 100 кВт, а на отдельных хуторах и пастбищах целесообразно использовать передвижные ВЭУ малой мощности, начиная с 1 кВт и т. д., в зависимости от потребности.

Существующие системы ВЭУ, в зависимости от конструкции и их поттокосцепления с ветром, разделяются на три типа: крыльчатые, карусельно-роторные и барабанные [3]. Последние две конструкции используются редко, так как у них одновременно работает только часть лопастей, что приводит к малой эффективности и громоздкости таких устройств. Поэтому на практике широкое применение получили крыльчатые ветродвигатели, у которых, в зависимости от количества лопастей на ветроколесе, можно менять вращающий момент в момент трогания, в зависимости от скорости ветра.

В связи с этим весьма перспективными могут быть разработки конструкций ветроколеса, оснащенных специальными регуляторами, жестко закрепленными на каждой отдельной лопасти такого колеса. Регуляторы лопастей в зависимости от скорости ветра могут регулировать положение лопастей в пространстве и таким образом оптимизировать действие силы ветра на ветроколесо.

Такая конструкция ветроколеса позволяет регулировать количество лопастей в зависимости от силы ветра, что обеспечивает надежное энергоснабжение потребителей в районах с малым ветроэнергетическим потенциалом. Диапазон генерируемой мощности ВЭУ может меняться в широких пределах в зависимости от скорости ветра и положения лопастей колеса в пространстве.

В [4] предложена ветроустановка с эжекторным устройством, обеспечивающим энергию разрежения, сопоставимую с энергией ветровой нагрузки. Ветроустановка снабжена аккумулятором кинетической энергии.

Ветровой потенциал Республики Беларусь можно представить при средневзвешен-

ной величине скорости ветра 8 м/с средней мощностью в 107 кВт [4]. Ориентировочно сроки по вводу в эксплуатацию этих генерирующих мощностей оцениваются в 15...20 лет.

Мощность ВЭУ для питания приводных электродвигателей выбирается исходя из суммарной установленной мощности потребителей. ВЭУ применяются в технологических процессах и операциях произвольной периодичности включения - водоподъем, питание электродвигателей вентиляторов хранилищ сено-соломистых материалов и пр.

Из тепловых технических средств, использующих энергию ветра, рекомендуется применять трубчатые электрические нагреватели (ТЭНы), устанавливаемые в емкостях с водой, или нагревательные провода, закладываемые в обогреваемые полы (стены). ВЭУ малой мощности используются также в системах автономного электроосвещения, при этом в зависимости от типа генератора могут подключаться выпрямительное устройство и аккумуляторы. Для снабжения энергией электроизгородей на пастбище достаточно ВЭУ мощностью 50-100 Вт и аккумулятора напряжением 12 В. Протяженность изгороди может при этом достигать десятки километров. На полевых станах для зарядки аккумуляторов сельскохозяйственных машин применяют ВЭУ мощностью 100-500 Вт и напряжением 6, 12 и 24 В, которые обеспечивают начало работы при скорости ветра $\geq 3,5$ м/с.

На территории Беларуси выявлено 1840 площадок с подходящими технико-экономическими характеристиками, на которых возможно установить 800 ВЭУ мощностью от 100 до 500 кВт, что позволит экономить ежегодно до 1 миллиона тонн условного топлива [7]. Использование новых типов ветроэнергетических установок дает возможность заменить значительную долю электроэнергии, производимой устройствами, использующими углеводородное сырье.

Еще одним альтернативным источником энергии может выступать солнце. Солнечную энергию преобразуют в электрическую в солнечных элементах [4]. В условиях РБ, с апреля по октябрь, с 1 м² поверхности гелиоустановок можно получить до 400 кВт·ч электроэнергии [2]. В зависимости от района строительства и типа здания с помощью гелиоустановки можно сберечь от 1,5 до 20 т условного топлива в год на квартиру. В южных районах Беларуси гелиотеплица с теплоаккумулятором позволяет экономить в год на 1 га до 450 т условного топлива.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АПК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Для подогрева воды применяют системы, которые включают в себя гелиоколлектор, бак-аккумулятор, электронагреватель-дублер, автоматику включения дублера и стабилизации температуры, подающий и обратный трубопроводы. Более сложные системы содержат также теплообменники. Водяные гелиоколлекторы применяются для нагревания воды в системах теплоснабжения животноводческих объектов:

- доильно-молочных блоков;
- душевых и бытовых помещениях;
- подогрева воды для поения животных;
- подогрева воды для обогрева полов в свинарниках-маточниках и др.

По территории Беларуси протекает более 20 тыс. рек, на ней расположено 108 тыс. озер, 1500 прудов и 160 водохранилищ. С учетом того, что большая гидроэнергетика требует значительных капиталовложений, связана с затоплением больших площадей сельскохозяйственных угодий, более перспективным является использование гидроэнергетических ресурсов малых рек, без создания искусственных водохранилищ, а также водохранилищ неэнергетического назначения.

В настоящее время в Беларуси на реках действует 17 малых ГЭС суммарной установленной мощностью 9 МВт. Из них 12 ГЭС, суммарной установленная мощность которых составляет 7,8 МВт, эксплуатируется концерном «Белэнерго» [8]. В перспективе предусматривается довести установленную суммарную мощность ГЭС до 20 МВт. Оценка гидрopotенциала рек Западная Двина, Неман, Виляя, Припять, Днепр, Сож позволяет соорудить более 50 малых ГЭС установленной мощностью от 0,1 до 12 МВт (Витебская область – 31, Гомельская – 5, Гродненская – 9, Минская – 5, Могилевская – 6 ГЭС). Общая мощность новых ГЭС может составить 390 МВт с среднегодовой выработкой электроэнергии 1,5 млрд. кВт·ч.

В республике построено 52 водохранилища руслового или озерного наполнения объемом более 1 млн. м³ каждое. Эти водохранилища представляют интерес для малой энергетики. За счет маневренности малых ГЭС можно рационально формировать графики электрических нагрузок в весенне-осенний период, ставить на профилактику и ремонт энергетическое оборудование большой энергетики.

Для энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей в ряде стран начали широко применять микросети [6], где объеди-

няются в одно целое небольшие местные электрические источники малой мощности и микроисточники, различные типы накопителей электроэнергии, а также все потребители энергии, соединенные с данной микросетью. В микросети могут присутствовать ветровые и гелиоустановки, дизельные электростанции, традиционные электростанции, малые ГЭС и другие возобновляемые источники энергии. В зависимости от соотношения мощностей всех типов источников оптимизируется их работа с целью получения максимальной экономической эффективности использования альтернативных местных энергоресурсов.

В микросетях несложно получить хорошее соотношение между мощностями отдельных источников и общим объемом произведенной энергии. Микросети могут быть внедрены и эксплуатироваться в пределах отдельных домов, поселков, деревень, предприятий и т. д. Здесь производители электроэнергии в то же время могут быть и потребителями собственной энергии, что может значительно снизить цену на электроэнергию, по сравнению с рыночной стоимостью, так как уменьшаются потери при передаче энергии по энергосистеме на расстояние и сокращается многочисленный обслуживающий персонал. Помимо всего прочего, микросети дают существенный экологический эффект.

Такие микроэлектросети представляются весьма перспективными, так как ориентированы на недорогие местные энергоресурсы. Повсеместное использование микросетей в сельскохозяйственных районах значительно расширит применение возобновляемых источников энергии для энергоснабжения АПК.

Оценка эффективности того или иного решения по использованию нетрадиционных источников энергии определяется по известным методикам при помощи следующих показателей:

- чистый доход (ЧД);
- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости.

Основными показателями эффективности проекта являются чистый или чистый дисконтированный доход.

ЧД и ЧДД характеризуют превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта соответственно без учета и с учетом неравноценности эффектов (т. е. затрат и результа-

тов), относящихся к различным моментам времени.

Заключение

1. В целях снижения объемов поставляемых в регионы Беларуси энергоносителей необходимо увеличить в энергобалансе республики удельный вес и повысить эффективность использования местных видов топливно-энергетических ресурсов, в том числе вторичных и возобновляемых. Внедрить прогрессивные технологии и установки для сжигания растительных отходов и других видов местного топлива.

2. Создание новых типов высокоэффективных гелио- и ветроэнергетических установок, в сочетании с другими нетрадиционными источниками энергии в составе микросетей, позволит дополнить энергетический баланс Республики Беларусь экологически чистой электроэнергией, значительно потеснив устройства, работающие на углеводородном топливе.

3. Одновременное использование различных нетрадиционных источников энергии повышает качество и надежность выработки электроэнергии энергосистемой, что уменьшает затраты на производство энергии в автономных производствах и обеспечивает сохранность экологии окружающей среды в сельской местности.

4. Разработка и внедрение новых способов и методов конструирования и производства более совершенных нетрадиционных источников энергии и их использование в сочетании с местными видами топлива позволит получить в ближайшие годы до 20 % от потребности Беларуси в тепловой и электрической энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конев, С.В. Использование естественного холода для хранения сельскохозяйственной продукции: Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии / С.В. Конев, А.В. Крутов, М.А. Бойко // Матер. 5-й Междун. научно-техн. конф. 25-26 июня 2002 г.; под ред. А.И. Свириденка, А.А. Михалева. – Гродно: ГрГУ, 2002. – С.22.

2. Полищук, А.А. Анализ энергоэффективности нетрадиционных источников энергии в сельском хозяйстве / А.А. Полищук, Г.А. Михальцевич // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции. – Минск, 23...24 октября 2009 г. – Мн.: БГАТУ, 2009. – Вып. 2. – Ч.1.

3. Доржиев, С.С. ВЭУ с регулирующим количеством лопастей / С.С. Доржиев, Е.Г. Базарова // Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы: труды 7-й международной научно-технической конференции. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010.

4. Агаев, Н.Н. Ветроэнергетика и единая энергетическая система Республики Беларусь / Н.Н. Агаев, Г.Г. Маньшин // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции. – Минск, 23...24 октября 2009 г. – Мн.: БГАТУ, 2009. – Вып. 2. – Ч.1.

5. Степанова, В.Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В.Э. Степанова. – М.: Агропромиздат, 1989.

6. Адотавичюс, В.Б. Микросеть с ветроэлектростанциями для энергообеспечения местных потребителей / В.Б. Адотавичюс, В.В. Харченко // Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы: труды 7-й международной научно-технической конференции. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010.

7. Гриневская, Е.Ф. Проблемы интеграции ветроэнергетики в систему энергоснабжения РБ / Е.Ф. Гриневская, А.А. Омельчук // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции. – Минск, 23...24 октября 2009 г. – Мн.: БГАТУ, 2009. – Вып. 2. – Ч.1.

8. Мишук, Е.С. Энергетика сегодня и завтра / Е.С. Мишук. – Беларуская думка, 2009. – Вып.2.

Крутов А.В., зав. каф., к.т.н., доц., Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск), тел. 8(37517)267-11-53, E-mail: krutov.eltech@baty.edu.by;

Ковалев В.А., к.т.н., доц., Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск), тел. 8(37517)267-11-53, E-mail: vasil.ko@ty.ru;

Полищук А.А., к. ф-м. н., доц., Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск), тел. 8(37517)267-11-53.