

К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.А. Колос, канд.техн.наук, Ю.Н. Сапьян, зав. лабораторией (Всероссийский институт механики, г. Москва); В.Б. Ловкис, канд.техн.наук, А.П. Курто, студент (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведен анализ использования в малой энергетике биомассы для получения тепловой энергии в странах Западной Европы, США, Российской Федерации и Республике Беларусь. Предложен способ энергетической оценки биотоплива, позволяющий сравнить его по энергоэффективности, при учете побочных продуктов, с традиционными минеральными топливами.

The article summarizes the use of low-energy biomass for receiving thermal energy in the countries of Western Europe, the USA, Russia and Belarus. The proposed method of energy evaluation of biofuels allows to compare the energy efficiency of biofuel with traditional mineral fuels.

Введение

Биотопливо является наиболее дешевым и возобновляемым источником энергии. На нынешнем этапе с ограниченными финансовыми возможностями, приоритет должен быть отдан расширению использования в качестве топлива древесных отходов различного вида, кускового торфа, горючих бытовых и производственных отходов.

Интерес к переработке биомассы в топливо вызван, прежде всего, проблемами энергетической безопасности стран-импортеров нефти и необходимостью улучшения экологической ситуации на планете. В западных странах уже давно осуществляется их широкомасштабное производство, обеспечивающее экономию традиционных невозобновляемых энергоносителей, снижение загрязнения окружающей среды и привлекательность в отношении научно-технического, социального и общественного развития. В Дании, Швеции и Финляндии около 70% получаемой из биомассы тепловой энергии вырабатывается на малых теплоэнергетических центрах (мини-ТЭЦ), остальная часть – на станциях централизованного теплоснабжения. Мини-ТЭЦ мощностью 10-80 МВт в качестве сырья используют, в основном, смесь биомассы и традиционного топлива. Австрия концентрирует свои усилия на строительстве станций централизованного теплоснабжения мощностью 0,5-10 МВт, использующих в качестве топлива отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности. В США почти все станции, работающие на промышленных и сельскохозяйственных отходах, вырабатывают электроэнергию. Одновременно в этих и многих других государствах производится биотопливо 1-го и 2-го поколения для двигателей автомобилей, тракторов и другой мобильной техники.

Биоэнергетика на Западе развивается планомерно, в соответствии с целевыми государственными программами, в которых заложено использование различных финансово-экономических рычагов, обеспечивающих заинтересованность нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в процветании производителей биотоплива. Например, во Франции правительство стимулирует НПЗ двукратным уменьшением ставки акциза на смесевые бензины с добавками на основе биоэтанола. Поскольку там практически все производство смесевых бензинов (около 150 млн. т/год при стоимости 600 евро/т) сосредоточено в руках нефтяного гиганта TOTAL, эти льготы являются очень весомыми. Характерно, что сырье для производства этанольной добавки поставляют предприятия, которые также подконтрольны TOTAL. Аграрии, занимающиеся производством сырья для биоэтанола, получают свои экономические выгоды от его выпуска: кроме традиционных дотаций на уровне 135 евро/га еще дополнительно 45 евро/га. Таким образом, экономические интересы аграриев и НПЗ совпадают, что позволяет им взаимодействовать без особых проблем и совершенствовать свои биотехнологии.

Основная часть

Реализация самых различных научно-технических проектов по использованию энергии биомассы целесообразна, прежде всего, в сельском и лесном хозяйствах, поскольку ее производство и переработка требуют значительных земельных угодий и специальных площадей для машин и оборудования, производственных помещений, транспорта, гаражей, мастерских, котельных, складов сырья и материалов, хранилищ готовой продукции.

В России биомасса используется, в основном, в виде дров, торфа, отходов лесозаготовки и деревообработки. Ее энергетический потенциал достаточно высок – около 35 млн. т у.т./год, однако доля в топливно-энергетическом балансе составляет не более 1,0% (в Финляндии, например, – 25%, Швеции – 30%). Биомасса сельскохозяйственного растениеводства может дать лишь 1,5 млн. т у.т. в год. Поэтому для получения существенного количества биотоплива для сельских территорий в регионах необходима рациональная организация оборота древесины, торфа и сельхозпродукции. При ориентации на передовые технологии, она может стать формулой успеха многих хозяйств.

Древесно-растительная масса – наиболее перспективный и значительный возобновляемый источник энергетического сырья в Республике Беларусь. Отходы растениеводства (солома, костра, лузга и др.) – фитомасса с энергопотенциалом по различным оценкам, дают до 1,5 млн. т у.т./год. Отходы животноводства, которые при биологической переработке способны обеспечить энергопотенциал, эквивалентный примерно 1,5 млн. т у.т./год, а также принести дополнительный экологический эффект. В республике Беларусь ежегодно накапливается около 2,4 млн.т твердых бытовых отходов, которые направляются на свалки и на два мусороперерабатывающих завода (Минский и Могилевский). Потенциальная энергия, содержащаяся в твердых бытовых отходах на территории республики, равноценна 470 тыс. т у.т. Потенциал древесно-топливных ресурсов в Беларуси оценивается на уровне 3 млн. т у.т./год. Из других видов местного топлива возможно использование торфа (до 1,0-1,5 млн. т у.т.), лигнина (1,3 млн. т у.т. в отвалах и ежегодное производство свыше 200 тыс. т) [1].

Энергия из растительной биомассы может извлекаться прямым сжиганием с минимальной подготов-

кой или переработкой в гомогенизированное топливо для получения теплой воды, пара и электроэнергии. Для переработки биомассы высокой влажности (стоков, бытовых отходов, продуктов гидролиза органических остатков) применяются биологические процессы с получением биогаза, органических кислот, спиртов, растворителей и т.п. Биомассу низкой влажности перерабатывают с помощью термомеханических и физико-химических процессов прессования, гранулирования, пиролиза, ферментации, гидролиза, сжижения, газификации. Можно получать растительные масла, топливные гранулы (пеллеты), различные газы (в том числе синтез-газ), жидкие углеводороды, биоспирты, биодизель, древесный уголь, жмыхи и т.д. [2-4]. Многие из этих продуктов являются, в свою очередь, сырьем для производства еще более универсальных и эффективных энергоносителей. Таким образом, от разнородного сырья к гомогенизированному биотопливу с высокой концентрацией энергии можно перейти, реализуя технологические цепочки различной сложности.

Примером одного из наиболее простых и эффективных решений проблемы концентрации энергии биомассы является технология механотермической гомогенизации ее структуры и свойств путем гранулирования с получением твердого топлива (пеллет, брикетов) со стабильными физико-химическими и механическими характеристиками. Из табл. 1 следует, что по своим рабочим свойствам, пеллеты значительно превосходят топливо из первичных древесных отходов [4].

Сравнение основных теплотехнических характеристик [5] показывает существенные преимущества пеллет перед наиболее распространенным древесным топливом – щепой из отходов деревообработки (табл. 2).

Отработанная технология гранулирования дре-

**Таблица 1. Рабочие свойства топлива
из отходов древесины**

Вид древесного топлива	Влажность, %	Зольность, %	Насыпная плотность, кг/м ³	Теплота сгорания, МДж/кг
Щепа от лесозаготовки	50-60	1-3	250-400	8,1-6,0
Щепа из отходов деревообработки	10-50	0,4-1	150-300	16,6-8,1
Щепа из отходов лесопиления	45-60	0,5-2	250-350	9,2-6,0
Опилки	45-60	0,4-0,5	250-350	9,2-6,0
Стружка	5-15	0,4-0,5	80-120	17,6-15,5
Фанерные отходы	5-15	0,4-0,8	200-300	17,6-15,5
Утиль древесины	15-30	1-5	150-250	15,5-12,3
Топливные пеллеты	10-12	0,5-3,0	600-700	19,0-17,5

**Таблица 2. Сравнительные теплотехнические характеристики
первичного и гранулированного топлива**

Показатель, единица измерения	Щепа			Пеллеты
	влажная	полусухая	сухая	
Влажность, %	60	45	12	8
Теплота сгорания, МДж/кг	5,4	8,6	15,9	≥17,5
Энергоэквивалент у.т., %	18	29	54	≥60
Насыпная плотность, т/м ³	≥0,35	≥0,25	0,08-0,12	0,63-0,67
Среднегодовой КПД энергогенерирующей установки, %	30	40	65	85
Теплопроизводительность, МДж/кг	1,6	3,4	10,3	≥15,0
Удельный расход у.т., кг/МДж	0,113	0,085	0,052	0,040

весной биомассы позволяет в 1,5-2,0 раза повысить теплоту сгорания, оптимизировать топочные процессы, увеличить КПД теплогенерирующего оборудования до 85-93%, повысить его эффективность в 1,3-2,8 раза, снизить стоимость и затраты на эксплуатацию, улучшить процессы регулирования и управления за счет применения средств автоматизации [3-5]. По данным скандинавских энергопроизводителей, при комплексной оценке, пеллеты эффективнее дров и щепы примерно в 5-6 раз.

Исследования и практика показывают, что отходы сельскохозяйственного растениеводства рациональнее использовать также в энергетических целях после их предварительного гранулирования. Технологии производства агропеллет (из лузги, шелухи, соломы и т.п.) и древесных или торфяных гранул, в принципе, аналогичны. Основные отличия заключаются в конструкции матриц и роликов гранулятора и рабочих режимах (коэффициент загрузки оборудования, влажность и температура сырья, зазор между матрицей и роликами и т.д.). В отдельных случаях используют связующие добавки природного происхождения (лигнин, крахмал) для повышения прочности гранул. При влажности 14-15% солома не требует предварительной сушки, а в случае необходимости ее можно организовать непосредственно в тюках, используя относительно простые и недорогие камерные сушилки (наподобие тех, что применяются для древесины) без автоматизации. Теплота сгорания агропеллет та же, что и древесных, но зольность существенно выше, поэтому на Западе они применяются только в промышленных котлах. Для наших условий это не столь существенно, если иметь в виду, что соломенная зола – хорошее удобрение.

Оценка энергоэффективности твердого гранулированного биотоплива показала, что линия на базе модернизированного комплекта оборудования ОГМ-

1,5 максимальной производительностью 1,5 т/ч обеспечивает следующие значения чистого энергетического выигрыша (ЧЭВ) при производстве пеллет:

- из соломы без сушки и учета энергозатрат на рулонирование – 17,5, с учетом этих затрат – 7,3;
- из древесных отходов без предварительной сушки – 8,2, с сушкой – 2,4 (минимальное значение, соответствующее влажности исходного сырья, – 40%).

Таким образом, производство пеллет из растительного сырья характеризуется довольно высокой энергоэффективностью.

В общем случае показатель ЧЭВ производства биотоплива необходимо определять по формуле:

$$R = \frac{eB + \sum_i e_i B_i}{\mathcal{E}B + \sum_i \mathcal{E}_i B_i},$$

где e и \mathcal{E} , e_i и \mathcal{E}_i – соответственно энергосодержание и энергоемкость биотоплива и побочных продуктов i -го вида (полная или прямая – в зависимости от цели расчета), МДж/кг.

B и B_i – выход биотоплива и побочных продуктов i -го вида в расчете на 1 т исходного сырья, кг.

Подставив в это выражение значения показателей, например, для натурального рапсового масла (РМ), используемого в ряде стран в качестве моторного топлива, получим, что при урожайности рапсовых семян $V = 1,5$ т/га и энергетическом использовании побочных продуктов (рапсовой соломы и жмыха) $R_{pm} = 5,8$. Без этого все энергозатраты относятся на рапсовое масло, и $R_{pm} = 1,75$, т.е. существенно меньше. При $V = 3,5$ т/га значения R_{pm} возрастают соответственно до 6,0 и 2,05.

Для смесового биодизельного топлива (БТ) с отношением долей рапсового масла и дизтоплива

25%:75% и 75%:25% $R_{до}$ равен соответственно 5,1 и 3,2 ($Y = 1,5$ т/га) и 5,3 и 3,4 ($Y = 3,5$ т/га) при условии использования побочных продуктов. В противном случае $R_{до}$ составляет соответственно 3,1 и 2,1 ($Y = 1,5$ т/га) и 3,3...2,2 ($Y = 3,5$ т/га). Таким образом, за счет побочных продуктов энергоэффективность биодизеля возрастает, в среднем, в 1,6 раза.

Выводы

В заключение следует отметить, что производство и использование биотоплива представляет собой системную задачу, связанную с анализом технико-экономических, экологических, энергетических и социальных аспектов применительно к соответствующим природно-производственным условиям, видам биомассы как сырья, конкретным технологиям ее переработки, реализации промежуточных, побочных и конечных продуктов. Как показывает практика, биотопливо одного типа можно получать по принципиально различным технологиям, при этом энергоемкость, в зависимости от вида исходного сырья и его состояния, отличается в несколько раз. Энергоэффективная технология должна обеспечить поэтапное превращение биомассы в топливо с заданными физико-химическими свойствами (в том числе теплоты сгорания) при минимальной энергоемкости.

На Западе благодаря развитию системы непрерывной информационной поддержки изделия (CALIS) эффективность производства важных в экономическом, экологическом и энергетическом отношении продуктов определяют в их полном жизненном цикле (ПЖЦ). В этом случае в расчет принимаются все стадии производства: от добычи и переработки источников первичной энергии (нефти, газа, угля) и другого первичного сырья в необходимые агроресурсы до утилизации продукта по окончании его использования [6].

Следовательно, оценку биотоплива по ПЖЦ можно рассматривать как одно из направлений классического энергетического анализа [7,8 и др.], который позволяет сравнить его по энергоэффективности с традиционными минеральными топливами по конечным удельным затратам первичной энергии, экономия которой в настоящее время является, вероятно, одной из первоочередных задач мировой энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасенко, В. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь / В.Тарасенко, С.Позняк // Сейбіт, 2005. – № 2. – С.31-33.
2. Соуфер, С. Биомасса как источник энергии: пер. с англ. / С. Соуфер, О. Заборски. – М.: Мир, 1985. – 368 с.
3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития. Научное издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
4. Борушко, Н.П. Перспективы производства и использования древесных пеллет в РБ/ Н.П. Борушко, М.Л. Герман, В.А. Цедик // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2008. – №4.
5. Теория сжигания древесины // Лес и бизнес, 2005. – №6. –С. 9-10.
6. Звонов, В.А. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле/ В.А. Звонов, А.В. Козлов, В.Ф. Кутенев. – М.: НАМИ, 2001. – 248 с.
7. Pimentel, D. Food production and energy crisis / D. Pimentel// Science. – 1973. – Vol. 182. – P. 443.
8. Dekkers, W.A. Energy production and use in agriculture/ W.A. Dekkers // Netherlands Journal of Agricultural Science. –1974. – Vol. 22. – P. 2.

Методика расчета целевых показателей по энергосбережению в сопоставимых условиях для сельскохозяйственных и других организаций Минсельхозпрода

Предназначена для осуществления единого методического подхода при расчете целевого показателя по энергосбережению для республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, областей и города Минска.