

## О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПОДГОТОВКИ К СЖИГАНИЮ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Маг. Рыков А.А.<sup>1</sup>, д.т.н. Карницкий Н.Б.<sup>2</sup> (РУП «Белнипизэнергопром», Белорусский национальный технический университет)

**АННОТАЦИЯ.** Политика импортозамещения в Республике Беларусь предполагает значительное увеличение доли использования местных видов топлива, что влечет за собой решение целого ряда проблем по их добыче, переработке, подготовке к сжиганию и доставке на энергетический объект. Рассмотрены некоторые аспекты переработки и подготовки местных видов топлива к сжиганию.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** местные виды топлива (МВТ), сжигание в котлах, биомасса, древесное топливо, биогаз, биогазовая установка, торф, топливные брикеты.

Возможность удорожания импортируемых в Республику Беларусь природного газа и нефти в программах развития белорусской энергетики объективно смещает внимание к вовлечению в энергобаланс страны местных видов топлива и возобновляемых источников энергии: торфа и древесины, а также бурых углей и горючих сланцев. Первые два вида топлива широко используются, прежде всего, для замещения в котельных газа и жидкого топлива. Однако говорить об использовании бурых углей в краткосрочной перспективе преждевременно, так как затраты на их освоение весьма велики. При этом не наблюдается реальных инвесторов, хотя существуют планы освоения таких углей и использования их к концу нынешней пятилетки. В отношении сланцев цели ещё менее определены.

Снижение энергоёмкости валового внутреннего продукта Беларуси в 2013 году составило 10,7% при задании 7% к уровню 2012 года, при темпах роста ВВП 100,9% при задании 108,5%. Это предусмотрено постановлением Совета Министров №1260 от 30.12.2012 г. «О мерах по снижению энергоёмкости валового внутреннего продукта в 2013 г.» Документом установлены целевые показатели для республиканских органов государственного управления на текущий год по энергосбережению, доле использования местных топливно-энергетических ресурсов в котельно-печном топливе, а также по экономии светлых нефтепродуктов (бензина, дизельного и биодизельного топлива). Доля местных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива Беларуси составила 26,4% при задании 25,5% [1].

В целях повышения эффективности сжигания местных видов топлива, а также для удобства их транспортировки, складирования и использования, с добытым сырьём производят ряд подготовительных процедур по его измельчению, приданию ему определенной формы, сушке и т. д. Эти

операции позволяют значительно повысить показатели использования топлива. В частности, степень воздействия влажности на теплоту сгорания иллюстрирует рис. 1, который свидетельствует о значительном снижении низшей теплоты сгорания при увеличении влажности топлива [2].

Рис. 2 показывает влияние влажности топлива на КПД.

Рисунки 1 и 2 показывают значительное снижение низшей теплоты сгорания топлива и коэффи-

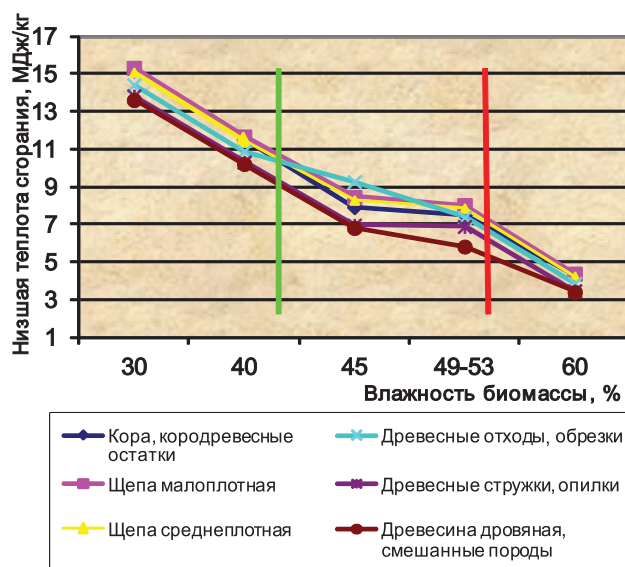


Рис. 1. Зависимость теплотворной способности топлива от его влажности.

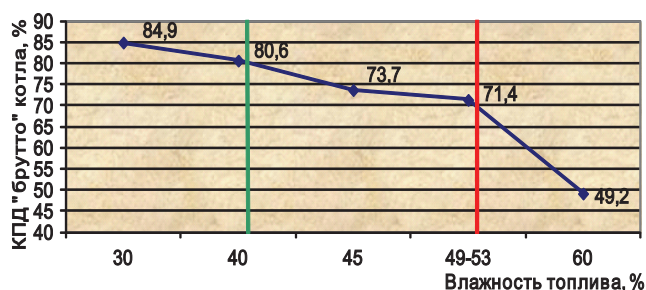


Рис. 2. Зависимость коэффициента полезного действия от влажности топлива.

<sup>1</sup> 220048, Минск, ул. Романовская Слобода, 5/а, к. 216

<sup>2</sup> 220013, Минск, пр. Независимости, 65, корп. 2, а. 331



циента полезного действия котла при увеличении влажности топлива. Кроме того, дополнительное испарение влаги уменьшает температуру в топке, замедляя процесс сжигания топлива, что также увеличивает выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Снижение температуры в топке обуславливает необходимость газовой подсветки, что, в свою очередь, требует дополнительных затрат природного газа.

В целях обеспечения комплексного решения проблем заготовки, доставки и использования древесного топлива по состоянию на 01.09.2012 г. в системе Минлесхоза создано 45 производств по изготовлению древесной топливной щепы суммарной мощностью 1 млн. куб. м в год. Осуществляется дальнейшее увеличение мощностей, которое позволит к 2016 г. производить 1,5 млн. куб. м щепы в год [3].

Под древесным топливом понимается топливо, производимое из малоценной и низкокачественной древесины, отходов рубок (включая пни), рубок осветления и прореживания (кору, опилки, горбыль и др.). Древесное топливо делится на два вида: первичное, полученное на лесозаготовках; вторичное – древесное сырьё, которое ранее использовалось в других целях (рейки, ящичная тара, отходы от строительства и др.).

По способу производства и форме древесное топливо может быть необлагороженное и облагороженное. К необлагороженному древесному топливу можно отнести топливные дрова, топливную щепу, стружку, опилки, отходы после раскряжевки и лесопиления. К облагороженному – топливные брикеты, таблетки, гранулы, пеллеты, древесный порошок.

Ниже представлены способы получения некоторых видов древесного топлива:

- дробленые древесные отходы – дрова, кора, хвоя и/или листья, которые дробятся валками или цепями на куски различной величины;
- обдирное топливо – топливо, которое почти полностью состоит из дробленой коры;
- топливная щепа – древесное топливо кускообразной формы с относительно чистой поверхностью среза, полученное путем разрушения сырья с помощью ножеобразного инструмента (большая часть материала имеет размер 5–50 мм);
- топливные опилки – получают главным образом как побочный продукт при пилении (размер частиц от 1 до 5 мм);
- топливные брикеты – облагороженное древесное топливо, полученное путем прессования хорошо размельченного древесного сырья (размельчение сырья может достигаться путем дробления, размола и т. п., после чего материал прессуется чаще всего в поршневых прессах в цилиндры или параллелограммы диаметром и длиной, превышающими 25 мм);
- топливные таблетки – производятся аналогичным способом, что и брикеты, имеют преимуще-

ственно цилиндрическую форму с диаметром менее 25 мм, формируются с помощью матричных прессов;

- топливный порошок – получается путем сушки и размола топлива, так что большая часть частиц имеет размер меньше 1 мм;

- древесные топливные гранулы – цилиндрические изделия диаметром 4–12 мм, длиной 20–50 мм, плотностью 1,25–1,30 г/см<sup>3</sup>, обладающие высокой теплотой сгорания (до 19,5 МДж/кг). Одна тонна пеллет при сжигании выделяет такое же количество энергии, как 1600 кг дров, 685 л. мазута, 500 л. дизельного топлива, 480 м<sup>3</sup> природного газа. Сжигание топливных гранул (биотоплива) признано СО<sub>2</sub>-нейтральным, т. к. в процессе роста древесина поглощает такое же количество углекислого газа, какое выделяет при сжигании.

На деревоперерабатывающих предприятиях широко распространён следующий состав древесных отходов: опилки – 20%; щепа – 60%; кора – 20%. Влажность колеблется в значительных пределах и может превышать 60%. Выход летучих V<sup>Г</sup>=80%, сернистость S<sup>с</sup>=0,2–1,0%. Характеристики древесины различных пород приведены в таблице 1.

Одна часть древесного топливного сырья может быть использована без предварительной подготовки, другая – требует измельчения. Для измельчения древесного сырья, производства щепы основным оборудованием являются рубильные машины, отличающиеся такими признаками, как мобильность, тип рабочего органа, вид и число используемого режущего инструмента, способ и направление подачи древесного сырья, форма загрузочных устройств, способ отбора щепы, вид энергии, используемой для привода рабочего органа. По признаку мобильности рубильные машины делятся на стационарные и передвижные, по схемам механизма резания их можно разделить на три основных класса – дисковые, барабанные и конические.

Одним из способов переработки древесного топлива для сжигания в котлах является гранулирование. Сырьём для производства гранул помимо дерева могут быть торф, отходы сельского хозяйства (кукурузы, крупяного производства, солома, лузга подсолнечника, куриный помет и т. д.). Сырьё (опилки, кора и т. д.) поступает в дробилку, где измельчается до состояния муки. Полученная масса поступает в сушилку, из неё – в

Таблица 1. Характеристики древесины различных пород.

Топливо	Состав органической массы, %			Характеристики рабочего топлива		
	C <sup>o</sup>	H <sup>o</sup>	O <sup>o</sup> + N <sup>o</sup>	W <sup>p</sup> , %	A <sup>p</sup> , %	Q <sub>н</sub> <sup>p</sup> , кДж/кг
Сосна	50,2	6,0	43,8	57,4	1,4	7120
Береза	49,3	6,1	44,6	50,4	2,1	8140
Ольха	49,0	6,3	44,8	51,0	1,4	7780
Осина	48,8	6,1	45,1	44,0	1,1	9150



пресс-гранулятор, где древесную муку сжимают в гранулы. Сжатие во время прессовки повышает температуру материала, лигнин, содержащийся в древесине, размягчается и склеивает частицы в плотные цилиндрики. На производство одной тонны гранул уходит 4–5 м<sup>3</sup> древесных отходов.

Еще одним из популярных видов подготовки МВТ к сжиганию является брикетирование. Брикетирование – процесс превращения мелкодисперсных и порошкообразных материалов в куски правильной геометрической формы с заданными физико-механическими свойствами. Оно осуществляется путем предварительной подготовки и прессования исходного материала в прессах различных типов.

Топливные брикеты из опилок, специально прессованные под большим давлением и при высокой температуре, имеют прямоугольную форму кирпича (RUF-брикеты). В основе технологии производства лежит процесс прессования мелко измельченных отходов древесины под высоким давлением при нагревании. Связующим элементом является лигнин, который содержится в клетках растений.

Массовая доля общей влаги в древесном топливе согласно техническим условиям на топливо из древесных отходов должна составлять не более 40%. В случае избыточной влажности сушка топлива производится в специализированных сушильных установках [4].

Сушка влажных материалов является дорогостоящим и сложным процессом. Основное назначение процесса сушки древесных отходов (опилок, стружки, щепы, коры), торфа и других материалов, которые могут использоваться, как энергоносители, увеличение их теплоты сгорания. В процессе сушки происходит удаление из материалов влаги путем ее испарения и отвод образовавшихся паров.

Сушилки классифицируются в основном по способу подвода тепла к поверхности высушиваемых материалов. Различают контактные, конвективные, радиационные, сублимационные, высокочастотные и комбинированные сушилки. Для дисперсных материалов наиболее эффективными являются конвективные сушилки, в которых происходит постоянный контакт осушающего агента с поверхностью частиц древесных отходов, торфа.

В зависимости от свойств материалов, размеров частиц используют различные конструкции сушилок: барабанные, ленточные, с «кипящим» слоем, аэрофонтанные и др. В качестве сушильного агента применяется нагретый воздух или дымовые газы. Для получения «чистого» продукта использование дымовых газов неприемлемо, поэтому сушильное оборудование должно иметь теплообменник, в котором происходит нагрев атмосферного воздуха. Скорость процесса сушки зависит от температуры сушильного агента, относительной скорости его движения, удельной

поверхности высушиваемых частиц, физических свойств материала.

В начальный период (период постоянной скорости сушки) влажность материала постоянна во всем объеме. После определенного периода времени сушки, когда концентрация влаги вследствие испарения на поверхности материала снижается, влага начинает перемещаться из центра частиц к поверхности вследствие градиента концентрации, наступает период падающей скорости сушки, температура материала начинает расти. По мере снижения влагосодержания материала температура высушиваемых частиц приближается к температуре сушильного агента. Таким образом, существует ограничение температуры применяемого сушильного агента в связи с возможностью воспламенения мелкодисперсных сухих древесных или торфяных частиц. Мелкодисперсные древесные отходы (опилки) содержат некоторое количество крупных включений (щепы). В результате сушки, когда технологические параметры настроены на удаление влаги из опилок, щепы на выходе будет иметь повышенную влажность. Предварительное измельчение влажного сырья с целью выравнивания фракционного состава затруднено в связи с конструктивными особенностями применяемых мельниц. Наиболее распространенными являются дробилки молотковые, в которых сепарация готового продукта осуществляется через сито. Влажные древесные частицы прилипают к нему и прекращается вынос из мельницы продукта. Скорость сушильного агента в барабанных сушилках, ленточных, с «кипящим» слоем и аэрофонтанных ограничена скоростью витания частиц и составляет 0,5–2,0 м/с. В случае повышения скорости движения сушильного агента, частицы будут выноситься из сушилок во влажном состоянии.

С целью повышения эффективности сушки древесных отходов, торфа была создана компактная аэродинамическая сушилка-диспергатор, в которой осуществляется высокопроизводительный процесс сушки и одновременно измельчаются крупные включения древесных частиц. Сушка материала обеспечивается интенсивным массообменом. Также процесс сушки ускоряется в связи с интенсивным трением частиц друг о друга в плотном слое при движении с высокой окружной скоростью. В барабанных сушилках температура сушильного агента достигает 400°C, что нередко является причиной воспламенения древесного сырья. Барабан инертен, его запуск требует значительного времени, процесс сушки трудно регулируем. Аэродинамическая сушилка работает при температуре сушильного агента 120–150°C, что исключает опасность возгорания древесных и торфяных частиц, запускается сушилка в течение нескольких минут, процесс сушки легко регулируется. Процесс измельчения осуществляется под ударным воздействием вращающегося ротора до



требуемого гранулометрического состава, одновременно осуществляется процесс сушки древесных отходов. Вынос готового измельченного и высушенного материала осуществляется из центра аппарата под действием инерционных сил. Размеры измельченных древесных частиц на выходе из диспергатора тонко регулируется. Аэродинамическая сепарация позволяет получать продукт равномерной влажности. Скорость осушающего агента относительно частиц материала в аэродинамической сушилке составляет 25–28 м/с, что позволяет сушить древесные отходы, торф в компактной конструкции, занимающей небольшие производственные площади, обладающей низкой металлоемкостью [5].

Использование отходов растениеводства в качестве топлива является принципиально новым направлением энергосбережения для Республики Беларусь. Общий потенциал отходов растениеводства оценивается до 1,46 млн. т у. т. в год. Потенциально возможное получение товарного биогаза от животноводческих комплексов составляет 160 тыс. т у. т. в год. Премьер-министр страны Мясникович М. В., на церемонии открытия самой мощной на нынешний момент в Беларуси (4,8 МВт) биогазовой станции в сельскохозяйственном производственном кооперативе «Рассвет» в Кировском районе Могилевской области заявил о том, что в ближайшие 3 года в Беларуси будут построены еще порядка 25 биогазовых станций. Стоимость электрической энергии, произведенной биогазовой установкой в сельскохозяйственном производственном кооперативе «Рассвет» составляет около 3,5 цента за один кВт·ч, в то время как в единой энергетической системе Беларуси она составляет 9,7 цента. В настоящее время внедрение биогазовых установок идет сложно. Одна из причин заключается в незаинтересованности хозяйств реализовывать эти проекты, так как сельское хозяйство продолжает потреблять электроэнергию по льготным ценам. Однако с привлечением частных иностранных инвестиций планируется осуществлять по 8–10 проектов в год по получению и утилизации биогаза из отходов животноводства. Потенциальная энергия, заключенная в коммунальных отходах, образующихся на территории Беларуси, равноценна 470 тыс. т у. т. При их биопереработке в целях получения газа эффективность составит не более 20–25 процентов, что эквивалентно 100–120 тыс. т у. т. Кроме того, необходимо учитывать многолетние запасы отходов на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО). В Беларуси имеется опыт реализации проектов получения свалочного газа с привлечением средств частного инвестора на полигоне ТБО «Тростенец» под Минском – мощность установки 3,0 МВт [6].

Сырьём для получения биогаза может служить широкий спектр органических отходов – твердые и жидкие отходы агропромышленного комплекса,

сточные воды, органическая часть твердых бытовых отходов. Качество отходов характеризуется влажностью, выходом биогаза на единицу сухого вещества и содержанием метана в биогазе. Современные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, однако наиболее эффективно использование биогазовых технологий для переработки отходов животноводческих и птицеводческих ферм, предприятий АПК и сточных вод, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора.

Исполнения биогазовых установок могут сильно отличаться. В процессе загрузки сырья может либо подвозиться и загружаться механически в шнековый загрузчик (как, например, в случае с соломой и мякиной), либо самотеком попадать в емкость сбора и гомогенизации сырья, откуда насосом перекачиваться в биореактор (в случае с навозом КРС и канализационными стоками). Некоторые виды сырья (например, птичий помет) требуют двухстадийной обработки – отделения процесса гидролиза от последующих, а, следовательно, наличие двух последовательно соединенных биореакторов.

Метановое «брожение» происходит в коррозионноустойчивых герметичных цилиндрических цистернах (ферментерах) с боковым отверстием, через которое вводится ферментируемый материал. Над ферментером находится газгольдер, который используется для сбора газа; нависая над бродящей смесью в виде купола. Газгольдер препятствует проникновению внутрь воздуха, так как весь процесс должен происходить в строго анаэробных условиях. Как правило, в газовом куполе имеется трубка для отвода биогаза. Ферментеры могут изготавливаться из бетона или стали. Купол для сбора газа может быть изготовлен из нейлона; в этом случае его легко прикреплять к ферментеру, изготовленному из твердого материала. Газ надувает нейлоновый мешок, который обычно соединен с компрессором для повышения давления газа.

Обычно ферментеры загружают в землю, чтобы использовать изоляционные свойства почвы. В странах с холодным климатом их нагревают при помощи устройств, которые применяют при компостировании сельскохозяйственных отходов. Перемешивание суспензии сброживаемых веществ, препятствует расслаиванию, которое подавляет брожение. Твердый материал необходимо раздробить, так как наличие крупных комков препятствует образованию метана. Обычно длительность переработки навоза крупного рогатого скота составляет две – четыре недели. В ферментере поддерживается постоянная температура, необходимая для активной деятельности бактерий (от 28 до 50°C). Работа всей установки регулируется автоматикой. Число занятых на биогазовых станциях среднего масштаба не превышает 10–15 человек.

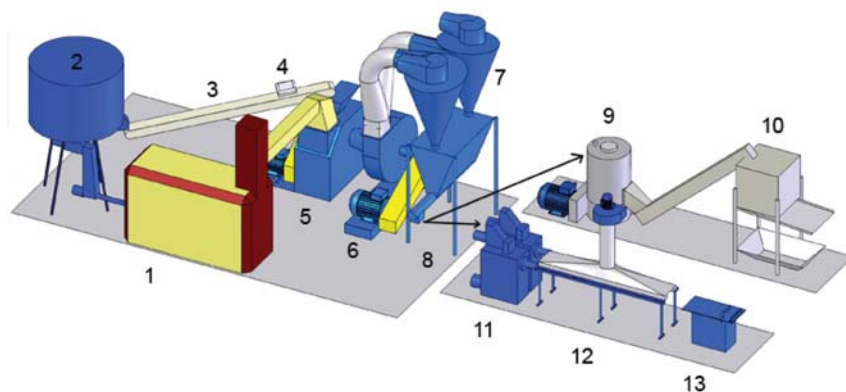


Рис. 3. Схема установки для получения брикетов и пеллет из торфа.

1 – теплогенератор; 2 – бункер-накопитель с ворошителем и двумя дозаторами сырья; 3 – конвейер ленточный для подачи торфа в сушилку аэродинамическую – диспергатор; 4 – металлоуловитель; 5 – аэродинамическая сушилка-диспергатор; 6 – вентилятор высокого давления; 7 – циклоны; 8 – бункер готового сырья для гранулирования или брикетирования; 9 – пресс-гранулятор; 10 – система аспирации и охлаждения гранул; 11 – прессы брикетировочные; 12 – лоток-охладитель брикетов; 13 – стол торцовочный.

Торфяные месторождения Беларуси занимают 12–14 процентов ее территории и оцениваются в 4–4,2 миллиарда тонн, что, безусловно, позволяет назвать торф одним из самых стратегически важных для Республики Беларусь полезных ископаемых. В разработку торфяных месторождений вовлечено лишь 6,9 тысячи гектаров (из 2,4 миллиона). В качестве топлива ежегодно добывается 2,7–2,8 миллиона тонн фрезерного торфа, 7–10 тысяч тонн кускового торфа, а для нужд сельского хозяйства – примерно 3 миллиона тонн плюс 300 тысяч кубометров сапропеля. Из него производят 1,1–1,2 млн.т. брикетов, 4–5 тыс.т. грунтов, 25–27 тыс.т. торфа верхового кипованного. В 2011 году доля торфа в общем объеме котельно-печного топлива составила менее 4 процентов, или 3,02 миллиона тонн. Планируется, что в 2015 году объемы использования торфа в качестве топлива увеличатся вдвое, а к 2020 году достигнут 5,1 миллиона тонн. Для сравнения: доля торфяного топлива в производстве электроэнергии в Финляндии составляет 5,3%, в производстве тепловой энергии – около 20% [7].

Топливные торфяные брикеты технически возможно вырабатывать из воздушно-сухого фрезерного торфа не только нормальной, но и повышенной влажности, которая в исключительных случаях может достигать 55–60%. Технологический процесс получения торфяных брикетов начинается с заготовки фрезерного торфа на торфяных полях и заканчивается в заводских условиях путем последовательного выполнения следующих операций: бункерования сырья, подвозимого на завод в железнодорожных вагонах и автомобилях; шихтования и усреднения его по влажности, зольности и плотности насыпной массы; дробления и отсева по фракциям; искусственной сушки до влажности 12–16%; прессования сушенки

в прессе и складирования готовой продукции.

Торфяные брикеты выгодно отличаются от фрезерного и кускового торфа полевой сушки по ряду показателей. По сравнению с исходным сырьём они имеют почти в 2 раза большую теплоту сгорания и в 2–3 раза большую насыпную плотность. Поэтому брикетированием существенно повышается экономичность транспортных перевозок, складирования и хранения.

Оборудование для получения гранул, брикетов из торфа не имеет принципиального отличия от оборудования, применяемого для переработки древесных отходов. Основное требование к технологическим процессам переработки торфа – сушка при умеренной температуре осушающего агента, т. к.

мелкие сухие фракции торфа легко воспламеняются. Применение аэродинамической сушилки-диспергатора позволяет достичь эффективного удаления влаги при относительно низкой температуре (100–150°C) за счет высокой скорости осушающего агента. Схема получения брикетов и пеллет из торфа представлена на рис. 3.

Массоподготовительный отдел не имеет принципиальных отличий при получении как гранул, так и брикетов. Отсортированный механическим путем торф подается в аэродинамическую сушилку через металлоуловитель. В короб диспергатора подается также нагретый воздух из теплогенератора. Вследствие интенсивного массо-воздухообмена и ударного действия диспергирующих элементов ротора происходит сушка и измельчение торфа.

Полученная воздушно-сухая измельченная масса поступает в брикетировочный пресс с целью получения брикетов или в пресс-гранулятор для получения топливных гранул. Брикеты охлаждаются в лотке, подаются на торцовочный стол, где разрезаются до заданных размеров и упаковываются. Гранулы после гранулятора поступают в аспирационную систему, где охлаждаются и освобождаются от мелких включений, упаковываются. Торфяные гранулы, брикеты могут использоваться на промышленных ТЭЦ, в муниципальных небольших котельных, а также в частных жилых домах.

## Выводы

1. Использование МВТ в Республике Беларусь является актуальной проблемой в свете проведения руководством страны политики импортозамещения и диверсификации энергетики.

2. Беларусь обладает значительными запасами некоторых местных видов топлив, а особенно



торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства.

3. Существует необходимость создания механизма стимуляции предприятий, занимающихся переработкой древесных отходов и других местных видов топлива, так как данная переработка сырья в готовый для сжигания продукт снижает влажность, уменьшает удельный объем топлива, делает его более транспортабельным, повышает эффективность сжигания и снижает транспортные и складские издержки.

4. Для эффективного использования биомассы необходима соответствующая ее подготовка – сушка, измельчение, гранулирование, что более чем в 2,5 раза повысит ее низшую теплоту сгорания, более чем на 13,5% увеличит КПД брутто котельной установки, более чем в 1,5 раза снизит расход условного топлива, более чем в 1,4 раза снизит выбросы загрязняющих веществ.

5. При сжигании биомассы в существующих котлах необходимо рассмотреть возможность внедрения наилучших имеющихся технологий по сжиганию топлива с учетом экономической оценки той или иной технологии, позволяющей удалять загрязняющие вещества из отходящих газов котла и соблюдать нормы их выбросов в атмосферный воздух, а также гигиенические нормативы качества воздуха.

6. Сжигание биомассы выгодно, однако биомасса – не бесплатное топливо и цена его будет расти. Поэтому для сжигания биомассы необходимо применять соответствующее оборудование, обеспечивающее более полное сжигание топлива с более высоким коэффициентом полезного действия.

7. Необходима детальная проработка законодательства по вопросам добычи торфа на месторождениях, которые находятся на территориях, считающихся на данный момент природоохранными зонами.

### Литература

1. О мерах по снижению энергоемкости валового внутреннего продукта в 2013 году. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2012 г. №1260
2. Пилипчук А.С. Энергетическая и экологическая составляющие сжигания биомассы. [www.minpriroda.by](http://www.minpriroda.by)
3. Информационный интернет-портал [www.belta.by](http://www.belta.by)
4. Технические условия “Топливо из отходов древесных” – ТУ BY 100725266.008-2010 от 31.12.2010
5. Интернет ресурс [www.dispergator.com](http://www.dispergator.com)
6. И. Усова. “Возобновляемая энергетика в Беларуси” – [www.eneca.by](http://www.eneca.by)
7. И. Лиштван. Белорусский торфяной клондайк. Газета НАН РБ «Веды». № 36 (2296) от 06.09.2010 г.

