

УДК 662.62.017

А. Ф. Буглак, инженер (НИИ ФХП БГУ); Ю. В. Максимук, ст. науч. сотрудник (НИИ ФХП БГУ);
З. А. Антонова, зав. лабораторией (НИИ ФХП БГУ); Е. В. Дубоделова, ст. преподаватель (БГТУ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ БИОТОПЛИВ

В данной статье представлен сравнительный анализ методов испытаний качественных характеристик (влажности, зольности, теплоты сгорания и насыпной плотности) твердых биотоплив, выпускаемых и используемых в РБ. Обоснована необходимость разработки методик выполнения измерений, адаптированных к европейским стандартам. Установлено, что влажность твердого биотоплива необходимо определять в соответствии с EN 14774, теплоту сгорания – EN 14918, насыпную плотность – EN 15103.

In given article the comparative analysis of test methods of basic qualitative characteristics (moisture, ash, net calorific value, bulk density) for solid biofuels of Belarus is represented. The development of EN-adapted methods of metering is substantiated. It is installed that moisture of solid biofuels necessary to define in correspondence to EN 14774, heat of combustion – EN 14918, bulk density – EN 15103.

Введение. Реализация запланированного к 2012 г. увеличения доли местных топливно-энергетических ресурсов в соответствии с постановлением [1], востребованность в западных странах сырьевых энергоресурсов, экономическая и экологическая целесообразность комплексной переработки сырья, включая отходы, обусловили небывалый ранее в Беларуси «ассортимент» твердых видов топлива. Наряду с давно известными видами местного топлива, такими как торф и дрова, появились новые технологические биотоплива – щепы, гранулы и брикеты, получаемые из древесного и сельскохозяйственного сырья. Наибольшее разнообразие «ассортимента» твердых биотоплив обусловлено использованием различных отходов: лигнина, соломы, зерноотходов, льнокостры, лузги, фузсы и др. Часто используются смесевые виды биотоплива.

Поскольку твердое биотопливо в Беларуси не делится по классам и не требует сертификации, самое важное то, что стоимость топлива фактически зависит от конкретных значений его качественных показателей. Для определения этих показателей требуются соответствующие методики испытаний. Таким образом, методики испытаний приобретают особый статус, т. к. косвенно являются инструментом формирования стоимости топлива. К настоящему времени в Беларуси нет стандартов, определяющих методики испытаний для твердого биотоплива, за исключением торфа и дров. Все испытания проводятся с использованием межгосударственных стандартов, разработанных, главным образом, для топлива твердого минерального, торфа и древесных материалов, которые лаборатории и/или экспериментаторы творчески адаптируют к конкретным видам биосырья. Следует отметить, что большинство этих документов – это жесткие алгоритмы проведения испытаний, не-

разрывно связанные с имевшимися на момент их разработки средствами измерения и испытательным оборудованием. Поэтому строгое применение этих технических нормативных правовых актов (ТНПА) на методы испытаний даже разработанных под конкретные виды топлива (например, ГОСТ 147) затруднительно, поскольку часть представленной в них технической информации устарела.

Основная часть. Основными параметрами, характеризующими качество топлива и энергоэффективность его использования, являются влажность, зольность, низшая теплота сгорания и насыпная плотность. Значение влажности – важный параметр топлива, который для неподготовленных видов биотоплива (щепы древесной, торфа фрезерный, лигнин), имеющих высокое содержание воды, становится главным критерием их энергоемкости и стоимости. Так, погрешность при определении влажности топливной щепы в 1%, сжигаемой, например на Вилейской мини-ТЭЦ, равносильна ~ 1,7 % ее стоимости. Поэтому актуально и необходимо проведение сравнительного анализа методов испытаний твердых биотоплив, что позволит выявить имеющиеся проблемы в этой области и предложить пути их решения.

В табл. 1 (№ 1–4) представлены действующие в РБ межгосударственные стандарты по определению влажности твердых топлив. Очевидно, что метрологически и технически сложно обеспечить прямое использование этих документов под имеющееся многообразие твердых биотоплив. Так, часто используемый в технических условиях на различные виды твердого биотоплива ГОСТ 27314 не предусматривает прямое определение влаги в рабочем топливе, предлагая сначала сушку при 40–50°C (внешняя влага), затем дробление до 3 мм и сушку при 105–110°C (влага воздушно-сухого топлива) и т. д.

Таблица 1

ТНПА на методы определения влажности в твердых топливах

Обозначение и наименование ТНПА	Масса навески, размер частиц	Температура сушки, испытательное оборудование
1. ГОСТ 4106-74 Сырье древесное для выработки дубильных экстрактов. Технические условия (п. 3.4)	80÷100 г	(103 ± 2)°С, сушильный шкаф
2. ГОСТ 11305-83 Торф. Методы определения влаги (п. 3.1 для лабораторной пробы)	5÷10 г, 3 мм	(105÷110)°С, сушильный шкаф с отверстиями
3. ГОСТ 17231-78 Лесоматериалы круглые и колотые. Методы определения влажности	сектора из поперечных срезов толщиной 10÷15 мм	(103 ± 2)°С, сушильный шкаф с естественной вентиляцией
4. ГОСТ 27314-91 Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги	Не предусмотрено определение влаги в рабочем топливе методом сушки, а только методом дистилляции	
5. EN 14774.1:2009 Твердые биотоплива. Методы определения содержания влаги. Метод сушки в печи. Ч.1: Содержание общей влаги. Точный метод	300÷500 г 1÷2 кг, от 100 мм	(105 ± 2)°С, сушильный шкаф с принудительным воздухообменом

Конечно, логично использовать ГОСТ 17231 для испытаний влажности древесных брикетов, а ГОСТ 11305 для лигнина, но неясно, как поступать при испытаниях смесевых биотоплив, чем руководствоваться при разрешении спорных ситуаций.

Наиболее распространенным и арбитражным методом определения влажности твердых топлив в лабораторных условиях является сушка на воздухе в определенных и контролируемых условиях [2]. В случаях, когда сушка на воздухе не может быть использована, например, при наличии в пробе значительных количеств летучих веществ, ее разлагаемости и т. д., применяется сушка в вакууме, в азотной атмосфере либо вымораживанием, либо методом дистилляции.

Главной задачей при проведении сушки топлива является обеспечение условий, при которых вода из пробы будет полностью удалена. Основные из них: температура, размер частиц, обеспечение возможности выхода (удаление) влаги и время сушки. Кроме того, параметрами, обеспечивающими удовлетворительную сходимость результатов, являются масса навески и ее однородность. Выбор массы навески напрямую зависит от размеров составляющих ее частиц.

Оптимальной температурой сушки твердого биотоплива по данным [2] является 105°С. Проведение сушки при более высоких температурах для ускоренного определения влаги или

при низких температурах приводит к менее точным результатам или более длительному проведению испытаний, соответственно.

Чем меньше размер частиц, «свободней» и равномерней их распределение по поверхности, тем легче и быстрее будет высушиться проба [2]. Поэтому при определении влажности аналитических проб проблем, как правило, не возникает. Но из разработанных на твердые топлива межгосударственных стандартов неясно, какая должна быть степень измельчения аналитических проб, поскольку полностью раздробить их как уголь до частиц 0,2 мм или торф – до 0,28 мм технически сложно. В этом случае мы предлагаем руководствоваться EN 14775:2009, в котором рекомендуемая степень измельчения для аналитических проб составляет 1 мм и даже 0,5 мм в случаях большого разброса получаемых значений.

Главной сложностью определения влаги в рабочем топливе является то обстоятельство, что при его измельчении, дроблении и т. д. следует учитывать происходящие при этом потери влаги. Для точного определения влажности рабочего топлива желательно такие операции не проводить, за исключением дров, брикетов и т. п.

Эффективность удаления влаги из пробы при испытаниях зависит от технических возможностей испытательного оборудования. Рекомендуемые в межгосударственных стандартах (табл. 1) сушильные шкафы с естественной

вентиляцией не смогут обеспечить удаление значительного количества влаги из параллельно высушиваемых высоковлажных (свыше 40%) проб неподготовленного топлива. Установлено, что для таких проб необходимо использовать только шкафы с принудительной вентиляцией и регулируемым воздухообменом, не позволяющим частицам пробы улетать.

Время сушки – основной параметр, обеспечивающий полное высыхание образца, – контролируется достижением им постоянной массы. Литературные данные [2] свидетельствуют о том, что время сушки до постоянной массы не превышает 24 ч для большинства твердых биотоплив. Для каждого вида или формы твердого биотоплива требуется «своя» продолжительность сушки. Поскольку в межгосударственных стандартах, как правило, указаны конкретные значения времени сушки, они могут быть использованы только под разработанные виды топлива. Оговорки на проведение нескольких контрольных подсушиваний после установленного в стандарте времени сушки для других видов топлива на практике фактически будут означать экспериментальное установление ее необходимой продолжительности. Установлено, что использование «торфяного» ГОСТ 11305 для других твердых биотоплив, в котором контрольные подсушивания каждые 30 мин сопровождаются обязательным охлаждением пробы до комнатной температуры, сомнительно.

Таким образом, можно констатировать многообразие топлив и ограничение применимости методик. Для решения этого несоответствия мы предлагаем использовать EN 14774.1 (табл. 1, № 5), согласно которому определение влажности проводится при 105°C сушкой до постоянного веса. Данный европейский стандарт не оставляет без внимания такие тонкости, как обязательный учет влажности упаковки пробы, взвешивание еще не остывшей пробы, поскольку биотопливо, как правило, гигроскопично, регламентирует использование представительских навесок значительной массы, что позволяет определять влажность крупнокускового биотоплива. Кроме того, согласно требованиям европейских норм, в протоколах испытаний следует сообщать о наблюдаемых отклонениях в процессе их проведения.

Адаптация к требованиям европейских норм должна осуществляться путем разработки методик выполнения измерений (МВИ) с учетом имеющегося в лаборатории оборудования, видов испытываемых топлив, и самое главное, на основании массива экспериментальных данных, что позволит обеспечить достоверность и точность испытаний.

Производственная ситуация на большинстве ТЭЦ, котельных и организаций по заготовке сырья требует более быстрого определения влажности, чем то, которое обеспечивает традиционная сушка в лаборатории. Благодаря развитию современных технологий эта необходимость была реализована в создании новых средств измерений. В настоящее время в Беларуси во многих производственных лабораториях используют различные автоматические анализаторы влажности, которые значительно ускоряют процесс за счет некоторого снижения точности. Применение таких приборов в Беларуси пока не регулируется стандартами, но они допущены к применению в качестве средств измерений, поэтому для регламентации их практического и согласованного с Госстандартом РБ использования требуется разработка соответствующих МВИ.

Практически невостребованными в Беларуси являются различные средства для так называемых on-line измерений влажности твердого биотоплива, распространенные за рубежом и основанные на методах ИК-спектроскопии, радиочастотных, микроволновых измерениях, ЯМР и т. д. [3].

Другим важным показателем топлива является его зольность. Перечень действующих стандартов для определения зольности и условия проведения по ним испытаний приведены в табл. 2. Наиболее существенные отличия связаны с температурой прокаливания, изменяющейся от 525 до 815°C, поскольку с ее увеличением количество образующейся золы для топлива из растительного сырья уменьшается. Экспериментальные исследования влияния температуры, времени прокаливания и степени дисперсности на количество образующейся золы для различных образцов твердого биотоплива представлены нами ранее [4]. Выбор ТНПА на определение зольности в испытательных лабораториях, на наш взгляд, должен быть связан с реальными температурными условиями сжигания топлива.

Теплота сгорания – основной показатель энергоемкости топлива. Для его определения в твердых биотопливах или твердых отходах, используемых в этом качестве, нет специализированных методик проведения испытаний. В мире разработан целый ряд ТНПА для различных видов твердого топлива, в Беларуси действует единственный стандарт – ГОСТ 147, разработанный для твердого минерального топлива. Подробно особенности проведения испытаний и расчетов теплоты сгорания по всем ТНПА, недостатки ГОСТ 147 и предлагаемые решения возникающих несоответствий изложены нами в предыдущей публикации [5].

Таблица 2

ТНПА на методы определения зольности в твердых топливах

Обозначение и наименование ТНПА	Масса навески, размер частиц	Температура, время прокаливания
1. ГОСТ 26226-95 (ISO 5984-78) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения зольности	0,5÷2 г, не более 1 мм	(525 ± 25)°С, 4–5 ч
2. EN 14775:2009 Твердое биотопливо. Методы определения зольности	1 г, не более 1 мм	(550 ± 10)°С, 2 ч
3. ГОСТ 13979.6-69 Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения золы	5 г, не более 1 мм	(600÷700)°С, 2 ч
4. ГОСТ 11306-83 Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности	1÷3 г, не более 0,28 мм	(800 ± 25)°С, 2 ч
5. ГОСТ 11022-95 (ISO 1171-81) Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности	1÷2 г, не более 0,2 мм	(815 ± 10)°С, 1 ч

Учет количества твердого биотоплива на котельных и ТЭЦ, как правило, проводится в плотных и неплотных метрах. Для расчета этих величин необходимо определение насыпной плотности. Процедура определения насыпной плотности проста и не требует сложного оборудования, но для получения сравнимых результатов целесообразно использовать одну аттестованную методику. В настоящее время существует только ГОСТ 13673 для определения насыпной плотности торфа, основанный на использовании 1 л пурки. Применяемый в нем метод испытаний аналогичен ГОСТ 10840 для зерна. Достоверность проведения испытаний по этой методике для щепы, гранул и т. д. выглядит сомнительной из-за малого объема измеряемого контейнера. Целесообразно использовать европейский стандарт EN 15103, в котором регламентируется использование двух (5 л и 50 л) контейнеров.

Заключение. Для получения достоверных значений качественных характеристик твердых биотоплив, необходимых для учета и контроля топливных энергоресурсов, обязательна разработка специализированных методик испытаний, гармонизированных с требованиями европейских стандартов.

Литература

1. Об установлении заданий по доле местных топливно-энергетических ресурсов в ба-

лансе котельно-печного топлива и признании утратившим силу постановления Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2004 г. № 1680: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 07.12.2009 г., № 1593 [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 12.01.2010.

2. Samuelsson, R. Comparison of different methods for the determination of moisture content in biomass / R. Samuelsson, J. Burvall, R. Jirjis // Biomass and Bioenergy. – 2006. – Vol. 30. – P. 929–934.

3. Nystrom, J. Methods for determination of moisture content in woodchips for power plants – a review / J. Nystrom, E. Dahlquist // Fuel. – 2003. – Vol. 83. – P. 773–779.

4. Максимук, Ю. В. Определение зольности твердого биотоплива по различным техническим нормативным правовым актам (ТНПА) / Ю. В. Максимук, З. А. Антонова, В. Н. Куревич // Энергоэффективность. – 2007. – № 5. – С. 10–11.

5. Максимук, Ю. В. Анализ методик и средств измерений для определения теплоты сгорания топлив в Республике Беларусь / Ю. В. Максимук, З. А. Антонова, А. Ф. Сыщенко // Метрология и приборостроение. – 2005. – № 4. – С. 35–41.

Поступила 26.03.2010