

ции. Основным недостатком механической обработки является большое количество потребляемой электрической энергии для привода дробилок.

Химическая обработка. Данный тип обработки позволяет разрушать связи между целлюлозой и гемицеллюлозой, растворять лигнин, связывающий волокна растительных субстратов и т. д. Обычно для этого используются растворы кислот различной концентрации, щелочи и оксиды. Химическая обработка увеличивает выход биогаза до 20 %. Недостатком химической обработки являются высокая стоимость кислот и щелочей.

Биологическая обработка. Основными этапами образования биогаза являются гидролиз и кислотогенез. При этом гидролитические и кислотообразующие бактерии требуют различных условий окружающей среды. Если эти этапы отделить друг от друга и проводить их в отдельных реакторах, то можно добиться увеличения выхода биогаза на 21 %. К биологической обработке относится добавление в реактор специальных грибков и энзимов бактерий, которые увеличивают скорость разложения субстрата.

Термическая обработка. Осуществляется нагрев субстрата до температуры 125–190 °С при давлении от 20 до 30 атмосфер. В таких условиях субстрат удерживается некоторое время (обычно до одного часа). При этом нарушается клеточная целостность субстрата, что позволяет увеличить выход биогаза до 20–30 %. Минусом данной обработки является большое потребление энергии для нагрева субстрата до высоких температур.

Комбинированная обработка. Представляет собой комбинацию из некоторых вышеперечисленных типов обработок. Например, растительный субстрат может измельчаться (химическая обработка) затем подвергаться воздействию раствора кислоты (химическая обработка) и помещаться в автоклав (термическая обработка).

Также существуют некоторые технологии предварительной обработки, которые используются для субстратов нерастительного типа. Например, отходы жизнедеятельности животных и птичий помет широко используются для производства биогаза, но иногда не соответствуют санитарным нормам. В таком случае их сперва стерилизуют или гигиенизируют. Отходы сточных вод могут обрабатываться ультразвуком. Для уменьшения вязкости субстрата может использоваться обработка электрическим полем.

В Национальной лаборатории энергии и геологии (LNEG, Португалия г. Лиссабон) совместно с доктором Луисом Диаурэ нами были проведены предварительные исследования применения механической, термохимической, а также комбинированной обработки отходов кукурузы и пшеничной соломы. Установлена высокая эффективность механической обработки и влияние степени измельчения на интенсивность выработки биогаза. Процесс термохимической обработки планируется еще оптимизировать и доработать, на данный момент его эффективность доказаны не была.

Проведенный анализ и исследования свидетельствует, что каждый вид предварительной обработки имеет свои достоинства и недостатки. Не существует универсального метода, подходящего для всех субстратов. Необходимо для каждого конкретного субстрата проводить дополнительные исследования. Однако очевидно, что предварительная обработка значительно улучшает выход биогаза, а ее использование может быть экономически целесообразно.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ «ТОРФ-ТРОСТНИК»

ENERGY ASSESSMENT FUELS BASED ON «TORF-COTTON»

Е. В. Иванова, В. А. Пашинский, А. А. Бутко

E. Ivanova, V. Pashynski, A. Butsko

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

Pashynski@mail.ru

Belarusian State University, ISEI BSU,

Minsk, Republic of Belarus

Приведены результаты исследования теплотворной способности тростника и на ее основе смеси «торф-тростник»

The results of the study of the calorific ability of reeds and on its basis mixtures of “peat-reed”

Ключевые слова: торф, тростник, топливо.

Keywords: peat, reed, fuel.

Восстановление торфяных болот направлено, в первую очередь, на урегулирование процесса накопления торфа, предполагающего взаимосвязь растительности, воды и торфа. В качестве растительности при повторном затоплении может быть тростник обыкновенный, который в последующем может быть использован как биотопливо в 1-й год с начала закладки производственной плантации.

Одной из энергетических характеристик топлива «торф–тростник» является теплотворная его способность. Метод оценки высшей теплоты сгорания топлива основан на полном его сжигании в калориметрической бомбе.

Высшую теплоту сгорания испытуемой пробы топлива, кДж/кг, вычисляли по формуле:

$$Q_s^a = Q_b^a - (94S_t^a + \alpha Q_b^a), \quad (1)$$

где Q_b^a – теплота сгорания топлива в бомбе, кДж/кг; S_t^a – массовая доля серы в топливе, %; α – коэффициент, учитывающий теплоту образования и растворения в воде азотной кислоты, равный 0,001 – для тощих углей и антрацитов; 0,0015 – для других углей, горючих сланцев и торфа; Q_b^a – теплота сгорания топлива в бомбе, кДж/кг.

$$Q_b^a = \frac{(C_i + c \cdot m_c) \cdot \Delta t - q_1 \cdot m_1}{m}, \quad (2)$$

где C_i – энергетический эквивалент калориметрической системы, кДж/°С; c – удельная теплоемкость калориметрической жидкости, кДж/(кг·К); m_c – масса калориметрической жидкости, кг; Δt – исправленный прирост температуры в сосуде, °С; q_1 – теплота сгорания проволоки, кДж/кг; m_1 – масса сгоревшей проволоки, равная разности масс проволоки до и после сжигания, кг; m – кажущаяся масса образца топлива, кг.

Результаты исследования высшей теплоты сгорания тростника на четырех выделенных участках ОАО «Торфобрикетный завод «Лидский» представлены в таблице 1.

Низшая теплота сгорания фрезерного торфа рассчитывается по элементарному составу и составляет 8001 кДж/кг. При сжигании смеси топлив «торф–тростник» заданной массовыми долями, низшая теплота сгорания, кДж/кг, 1 кг смеси равна [1]:

$$Q_i^r = (Q_i^r)'g' + (Q_i^r)''(1-g'), \quad (3)$$

где $(Q_i^r)'$ – теплота сгорания тростника, кДж/кг; g' – доля тростника в смеси; $(Q_i^r)''$ – теплота сгорания торфа, кДж/кг.

По формуле (3) счет выполнили с шагом 5 % в интервале от 5 до 50 %. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Высшая теплота сгорания тростника

Номер участка	Q_s^a, max , кДж/кг	Q_s^a, min , кДж/кг	\bar{Q}_s^a , кДж/кг	σ
участок 1	16594	15769	16356	270,4
участок 2	16409	15875	16367	340,2
участок 3	16760	15103	15578	224,7
участок 4	16289	15870	14247	237,1

Примечание: при расчете высшей теплоты сгорания пробы топлива $S_t^a = 0,04 \%$.

Таблица 2 – Низшая теплота сгорания торфа

Величина	Содержание тростника в смеси									
	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
Низшая теплота сгорания Q_i^r , кДж/кг	8027	8059	8092	8124	8156	8189	8221	8253	8286	8318

ЛИТЕРАТУРА

Мочан, С. И. Тепловой расчет котлов (нормативный метод) / С. И. Мочан [и др.]. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб., 1998. – 257 с.