



ISSN 1314-2550

Топлотехника

10

К ВОПРОСУ О ТЕРМИЧЕСКОМ РАЗЛОЖЕНИИ БИОМАССЫ В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ И О МЕТОДАХ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ БИОМАССЫ

Илия ИЛИЕВ¹, Онгар БУЛБУЛ²

iiliev@enconservices.com, ongar_bulbul@mail.ru

Русенский университет¹, г. Русе 7017, ул. "Студентска" №8

Алматинский университет энергетики и связи² – г. Алматы 050013, ул. Байтурсынова, №126

Аннотация

Предлагаемая технология позволяет обеспечить термохимическую переработку древесины до 80 % от исходной массы сырья в жидкие продукты, которые вызывают большой интерес вследствие высокой энергетической плотности и возможности их использования в качестве жидкого топлива и химического сырья. Последующий сбор и транспортировка пиролизной жидкости в значительных объемах позволит обеспечить ее применение в качестве сырья для существующих химических производств. Кондуктивный подвод тепловой энергии к сырью позволяет обеспечить интенсификацию процесса термического разложения древесины с увеличением выхода жидких продуктов, однако существующие работы не в полной мере отражают специфику термического разложения в условиях интенсивного подвода тепла.

Ключевые слова:

Биомасса, реакционная зона, древесина, сжигание, газификация, отходы.

Введение

Биомасса (в первую очередь древесная) - четвертый по значимости источник энергии во всем мире после угля, нефти и природного газа. Использование древесной биомассы вместо ископаемого топлива способно уменьшить глобальное потепление, вызванное увеличенной атмо-сферной концентрацией CO₂. Кроме того, древесная биомасса может быть преобразована в жидкие топлива - заменители бензина и дизельного топлива [Бородуля, Дикаленко, 1999].

Но, несмотря на перспективность этого вида сырья до настоящего времени отсутствуют масштабные примеры применения технологий получения электрической энергии, топлива и других видов товарной продукции из древесной биомассы как в целом в мире, так и в особенности на территориях России и Казахстана. Причин неостребованности таких технологий в современных условиях может быть много, но главная состоит в недостаточной научной проработке проблемы. Так, например, пока нет научного обоснования энерго-эффективности использования самой доступной и широко распространенной в России древесной биомассы и в Казахстане. Большое значение

данная проблема имеет для стран Юго-Восточной Азии, в частности, Таиланда, где при недостаточности ископаемых углеводородов, в промышленных масштабах на специальных плантациях выращиваются быстро воспроизводимые разновидности древесины для энергетического использования при прямом сжигании.

В настоящее время отсутствует как теория термоконверсионных процессов этого вида биомассы, так и экспериментальные данные о закономерностях процессов термического разложения разных видов древесины в регулируемых по температуре и темпу нагрева условиях. Известные экспериментальные данные достаточно разрознены, противоречивы и пока показывают только отличия схем термического разложения и выхода конечных продуктов различных видов древесины.

Растительная биомасса является первичным источником энергии на Земле. Она образуется при фотосинтезе из диоксида углерода и воды с выделением кислорода. При образовании 1 кг сухой биомассы (древесины) поглощается около 1.83 кг CO₂ и столько же выделяется при ее разложении (окислении,

горении). В результате содержание углекислого газа в атмосфере остается неизменным. Кроме того, биомасса как топливо имеет ряд достоинств. Использование биомассы для получения энергии более экологически безопасно, чем, например, угля из-за низкого содержания серы (при сжигании биомассы выделяется менее 0.2% серы и от 3 до 5% золы в сравнении с 2-3% и 10-15% соответственно для угля). Кроме того, зола может быть возвращена обратно в почву, что обеспечивает замкнутость круговорота биогенных элементов. Эмиссия оксидов азота при сжигании биомассы может быть снижена при использовании современных технологий и понижении температуры сжигания. Производство компостов из переработанной биомассы улучшает структуру почвы и снижает загрязнение стоков и подземных вод. Нами исследованы время пребывания частиц биомассы, в состав которого входил окись азота, в реакционной зоне.

Время пребывания частиц биомассы в реакционной зоне ограничивается температурой воздушного потока, исходя из воспламенения биомассы определены составы элементов и приведены в таблице 1.

$O_2=43\%$, $N_2=0,3\%$, $R=8,314$ Дж/(моль.К)

Расчетные данные проведены по формуле (1):

$$\tau_{NO} = 6586 \cdot e^{-\frac{23700}{RT}} \quad (1)$$

Таблица 1. Время пребывания частиц биомассы в реакционной зоне

	800	1000	1200	1400
τ_{NO} , сек	186,687	380,729	612,28	859,67
NO, моль/л	0,468	0,955	1,536	2,157

Продолжение таблице 1

	1600	1800	2000	2200
τ_{NO} , сек	1109	1352	1584	1803
NO, моль/л	2,782	3,391	3,972	4,522

По результатам расчета построен график зависимости времени пребывания различной концентраций окиси азота в реакционной зоне (Рисунок 1).

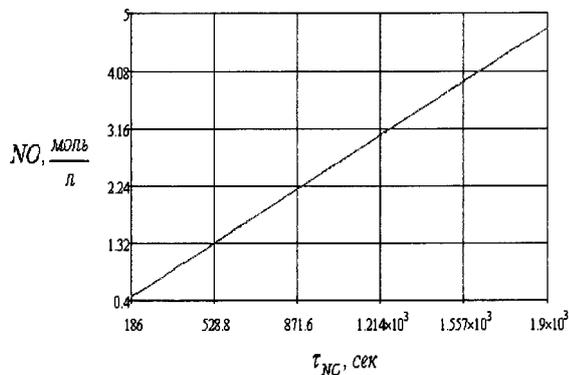


Рисунок 1

Термическое разложение биомассы рассматривается, как сумма процессов разложения

основных компонентов биомассы: целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина [Miller, Bellan, 1997].

Общепринятым является описание процесса кинетики термического разложения в соответствии с законом Аррениуса (2):

$$K = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (2)$$

где K - константа скорости реакции; k_0 -предэкспоненциальный множитель (определяемый экспериментальным путем, c^{-1}); E - энергия активации, Дж/кмоль; R -универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль.К); T - температура биомассы, К

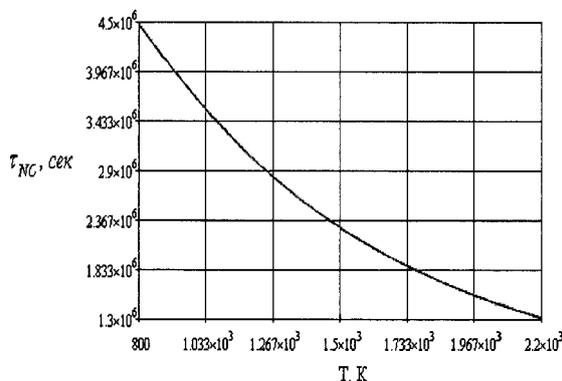


Рисунок 2. Зависимость времени пребывания биомассы в реакционной зоне от температуры воздуха

Установлены зависимости времени пребывания биомассы с содержанием окиси азота различной концентраций в реакционной зоне от температуры воздуха (Рисунок 2).

Биомасса имеет превосходство перед углем благодаря своей более высокой способности к реакции газификации. Уголь газифицируется при высокой температуре в чистом кислороде, что требует использования установок для сжижения воздуха и получения кислорода. Биомасса же газифицируется при более низкой температуре, при этом теплота для поддержания процесса может быть передана через теплообменники от внешнего источника. Состав генераторного газа: 18-20% H_2 , 18-20% CO , 2-3% CH_4 , 8-10% CO_2 , остальное – азот. Кроме того, энергия, получаемая при использовании биомассы, относительно дешева и имеются возможности ее накопления. В связи с малой мощностью электростанций, используемых в качестве топлива биомассу, к их преимуществам можно отнести также короткий срок проектирования и строительства, повышение надежности энергоснабжения, связанное с его децентрализацией, повышение эффективности использования топлива; снижение остроты проблемы избавления от отходов [Губинский, Усенко, 2004].

Использование топлива из биомассы в развивающихся странах. Древесина.

Под древесным топливом понимают все виды топлива, полученные в лесном хозяйстве. Древесное топливо составляет 10% топлива,

используемого в мире. В Азии и Латинской Америке его доля составляет 20%, в Африке - 50%. При этом древесина является главным источником энергии, особенно в бытовых целях, во многих бедных развивающихся странах. В 22 странах древесное топливо обеспечивает от 25 до 49% потребления энергии, в 17 странах - 50-74% и в 26 странах - 75-100%.

Более половины древесины, получаемой в мире, используется в качестве топлива. В некоторых странах, например, в Танзании, эта доля может быть значительно большей (97%). Несмотря на то, что древесное топливо является главным источником энергии в сельских районах и для людей с низким уровнем доходов в развивающемся мире, его количество быстро уменьшается, приводя к дефициту и экологической деградации. По существующим оценкам, треть населения Земли испытывает ежедневные трудности по обеспечению топливом для бытовых нужд.

Отходы

Потенциал образования лесных и сельскохозяйственных отходов огромен - около 2 миллиардов т/год во всем мире. Сегодня этот потенциал недостаточно используется во многих регионах мира. В районах с недостатком леса, таких как Бангладеш, Китай, северных равнинах Индии и Пакистане до 90% бытовых потребностей в энергии покрывается в сельской местности за счет сельскохозяйственных отходов. По существующим оценкам около 800 миллионов обитателей Земли используют с/х отходы и навоз для приготовления пищи, хотя точные подсчеты сделать трудно. В противоположность распространенному мнению, использование навоза в качестве источника энергии не ограничено только развивающимися странами. Например, в Калифорнии коммерческие биогазовые установки генерируют около 17.5 МВт электроэнергии, используя навоз крупного рогатого скота. Большое количество биогазовых установок имеется в Европе.

Количество энергии, которое теоретически возможно получить из возобновляемых отходов, составляет 54 ЭДж в развивающихся странах и 42 ЭДж в развитых регионах. Возобновляемые отходы включают три основных компонента: лес, продукты растениеводства и навоз. В расчетах предполагается, что только 25% отходов используется полезно. Развивающиеся страны теоретически могут покрыть 15% потребностей в энергии за счет отходов, промышленные страны - 4%.

Отходы сахарного тростника представляют собой важный и зачастую огромный потенциал для производства электроэнергии, который пока используется недостаточно эффективно.

В зависимости от типа газовой турбины и доли использования стеблей и листьев тростника в межсезонье, количество электроэнергии, вырабатываемой из сахарного тростника, по некоторым оценкам может в 44 раза превышать собственное ее потребление сахарным или спиртовым заводом. На каждый литр спирта газовая

турбина может произвести более 11 кВт·ч электроэнергии сверх собственного потребления завода (около 820 кВт·ч/т). По другим оценкам, использование жома для конденсационных турбин дает дополнительно 20-65 кВт·ч электроэнергии на тонну тростника. Это количество может быть удвоено с помощью использования вида "barbojo" в межсезонье. Себестоимость произведенной электроэнергии оценивается в 0,05 \$/кВт·ч. Доходы от продажи электроэнергии, произведенной параллельно с получением сахара, сравнимы с доходами от продажи сахара, а в случае одновременного производства спирта и электроэнергии доходы от продажи электроэнергии превышают доходы от реализации спирта. В последнем случае электроэнергия может считаться основным продуктом, а спирт побочным.

Только в Индии производство электроэнергии из отходов сахарного тростника в 2030 году может достичь 550 ТВт·ч/год. В глобальном масштабе около 50 ГВт установленной мощности может быть обеспечено с помощью отходов. Теоретический потенциал отходов в 80 развивающихся странах, производящих сахар из сахарного тростника, достигает 2800 ТВт·ч/год, что на 70% превышает общее производство электроэнергии в этих странах в 1987 году. Изучение общего потенциала сахарной промышленности дает цифру 500 ТВт·ч/год. Предполагая, что третья часть отходов может быть использована для производства электроэнергии с помощью внедрения новых технологий, 10% современной мировой потребности в электроэнергии (10000 ТВт·ч/год) может быть обеспечена из этого источника [Грек, Усенко 2005].

Методы получения энергии из биомассы

Методы получения энергии из биомассы основаны на следующих процессах:

- Прямое сжигание биомассы;
- Термохимическое преобразование для получения обогащенного топлива;
- Процессы этой категории включают пиролиз, газификацию и сжижение;
- Биологическое преобразование.

Основным продуктом процессов является твердое, жидкое или газообразное топливо. В некоторых из перечисленных методов побочным продуктом является тепло. Оно обычно используется на месте образования для теплоснабжения, в химических процессах или для производства пара и последующего получения электроэнергии. Например преобразование биомассы отходов после потребления был подготовлен анаэробного сбраживания - разложение бактериями и производства биогаза. В результате газ сжигается в газовой поршневого двигателя в использовании в сочетании тепла и энергии [Костов, Николов 2014].

Газификация биомассы

В отличие от газификации угля, газификация биомассы происходит при более низкой температуре.

Из 1 килограмма биомассы можно получить до 0,6 килограмма биогаза, в котором содержание водорода не превышает ~5% по массе.

Из навоза животных методом метанового брожения получают биогаз. Биогаз на 55-75 % состоит из метана и на 25-45 % из CO₂. Из тонны навоза крупного рогатого скота (в сухой массе) получается 250-350 кубических метров биогаза. Мировой лидер по количеству действующих установок по производству биогаза - Китай.

Лэндфилл-газ — одна из разновидностей биогаза. Получается на свалках из муниципальных бытовых отходов. В США в 2002 году находилось в эксплуатации 350 заводов по производству лэндфилл-газа, в Европе - 750, всего в мире - 1152, общее количество производимой энергии- 3929 МВт, объём обрабатываемых отходов - 4548 млн. тонн!

В процессе газификации древесины образуется горючий газ, представляющий собой смесь водорода, угарного газа, метана и некоторых негорючих сопутствующих компонентов. Это достигается частичным сжиганием и частичным нагревом биомассы (с использованием тепла ограниченного горения) в присутствии древесного угля (естественного продукта сжигания биомассы). Газ может использоваться вместо бензина. При этом мощность автомобильного двигателя снижается на 40%. Возможно, что в будущем этот вид топлива станет основным источником энергии для электростанций [Miller, Bellan, 1997]. Экологическое воздействие использования сельскохозяйственных отходов аналогично использованию древесины - уменьшение эмиссии CO₂ и соединений серы по сравнению со сжиганием угля или нефти. Эмиссия пыли, NO_x и летучих органических веществ зависит от конструкции топки и очистки дымовых газов. Ниже представлены короткие описания различных способов переработки биомассы: термохимические методы переработки, физико-химические методы переработки биомассы, а также биохимические методы (Рисунок 3).

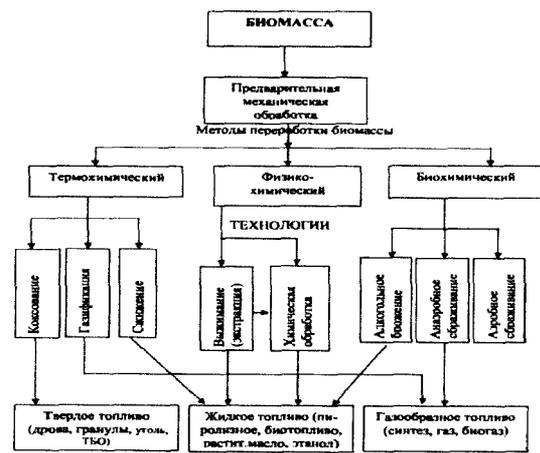


Рисунок 3. Различные способы переработки биомассы

Литература

1. Губинский М.В., Усенко А.Ю., Грек А.С. Процесс получения топливного газа путем пиролиза биомассы в потоке горячего воздуха. Труды 2-й Международной конференции «Энергия из биомассы», 2004.
2. Грек А.С., Усенко А.Ю., Губинский М.В., Шишко Ю.В. Исследование термического разложения биомассы в окислительной среде. *Интегрированные технологии и энергосбережение* №2, 2005.
3. Miller, R. S. and Bellan, J., 1997. A generalized biomass pyrolysis model based on superimposed cellulose, hemicellulose and lignin kinetics. *Combustion Science and Technologies* 126, 97-137.
4. Кинетика горения древесных гранул в кипящем слое / А.В. Бородуля, В.И. Дикаленко, Г.И. Пальченко и др. // *Вестн НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук.* 1999. – № 2. – С. 115-123.
5. Костов, К., Ч. Николов, А. Овчаров, Анализ на работата на градска пречиствателна станция за отпадни води-гр. Сливен, Топлотехника, книга 8 ISSN 1314-2550, стр.11-13, ТУ-Варна, 2014г.

ИНФОРМАЦИЯ ЗА КОНТАКТ

Илия Кръстев Илиев. Проф. д-р инж.
 Русенски университет „Ан. Кънчев“
 e-mail: iiliev@enconservices.com

TO THE PROBLEM OF THERMAL DECOMPOSITION OF BIOMASS OXIDATION AND ABOUT METHODS OF OBTAINING ENERGY FROM BIOMASS

Iliya ILIEV, Bulbul ONGGAR

Resume

The technology allows for thermochemical processing of the wood to 80% of the initial weight of raw material in liquid products which are of great interest due to their high energy density and their possible use as liquid fuels and chemical raw materials. The highest yield of pyrolysis liquid products may be obtained by thermal decomposition of wood and intensive operating with little residence time of degradation products in the reaction zone. The conductive supply of heat energy to the feedstock allows intensification of the process of thermal decomposition of wood to increase the yield of liquid products, but existing work does not fully reflect the specificity of the thermal decomposition under conditions of intense heat supply. Therefore, a comprehensive study of the process of thermal decomposition of wood at conductive heat input important both in scientific and in applied areas.