ГАЗИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА

Д.В. Субботин[1], А.В. Казаков[2]
[1,2]Томский политехнический университет
ЭНИН, ПГС и ПГУ, [1]группа 5ВМ4А

Введение

Промышленная газификация древесины – это сложный химический процесс, включающий в себя ряд разнообразных реакций и превращений. Он обычно проводится в ограниченном присутствии кислорода воздуха. Универсального описания процессов, происходящих при пиролизе биомассы не существует, т.к. эти процессы многокомпонентные и многофакторные.

Термическое разложение сложных биологических соединений начинается при температурах около 100 °С. Разложение основных веществ, содержащихся в древесине, в ходе пиролиза начинает происходить при температуре около 200 °С, но главные процессы происходят при температурах свыше 400 °С [1].

В состав древесины входит 45-60 % целлюлозы, 15-35 % лигнина и 15-25 % гемицеллюлоз, а также пектаты кальция и магния, смолы, камеди, жиры, танины, пигменты и минеральные вещества. Сухое вещество древесины содержит около 50 % углерода, 6 % водорода, 44% кислорода, около 0,2 % азота и не более 1 % серы. Содержание минеральных веществ (зольность) древесины 0,2-1 %. В древесных сучьях золы может быть до 2 %, в корнях до 5 % [2].

Сейчас на промышленных предприятиях отходы древесины и другие биопродукты в лучшем случае сжигаются в печах и топках котлов, которые загружают измельченной щепой или топливными гранулами. Однако, стандартные топки имеют низкий КПД, требуют регулярной очистки и ремонтов, а в атмосферу в виде дыма выбрасываются не сгоревшие сложные и вредные углеводородные соединения и зольная пыль [3].

Генераторный газ, как топливо, имеет несомненные преимущества перед прямым сжиганием древесины и др. видов биомассы. Генераторный газ, подобно природному газу, может быть передан на большое расстояние по трубопроводам и в баллонах; его удобно использовать в быту для приготовлении пищи, для отопления и нагревания воды, а также в технологических и силовых установках. Сжигание газа легко автоматизировать; продукты сгорания менее токсичны, чем продукты прямого сжигания древесины и других видов биомассы.

Также, одним из возможных способов его применения является его использования в топливных элементах для получения электроэнергии за счёт химических реакций [4].

Исходные данные по топливу

Одной из важнейших характеристик твёрдого топлива и особенно древесины является рабочая влажность. В связи с этим важно определить влияние этой характеристики на процесс пиролиза древесины. Для этого элементный состав исследуемой древесины был пересчитан на различные значения влажности, в диапазоне от 20 до 50 % (табл. 1).

Табл. 1. Элементный состав древесины при различной влажности

C, %	H, %	S, %	N, %	O, %	A, %	W, %
38,75	9,45	0,05	0,55	31	0,2	20
36,33	8,859	0,047	0,516	29,06	0,188	25
33,91	8,268	0,044	0,482	27,12	0,176	30
31,49	7,677	0,041	0,448	25,18	0,164	35
29,07	7,086	0,038	0,414	23,24	0,152	40
26,65	6,495	0,035	0,38	21,3	0,14	45
24,23	5,904	0,032	0,346	19,36	0,128	50

Исследование зависимости состава газа от температуры

Получаемый в ходе газификации газ всегда содержит определённое количество углекислого газа CO_2, моноксида углерода CO, воды H_2O, метана CH_4, а зачастую и высших углеводородов. Если же пиролиз осуществлялся в присутствии воздуха, то газ также будет содержать и оксиды азота. Наличие в древесине небольшого количества серы приводит к образованию H_2S. Скорость газификации топлива и состав получаемого газа существенно зависит от температуры, что показано на рис. 1.

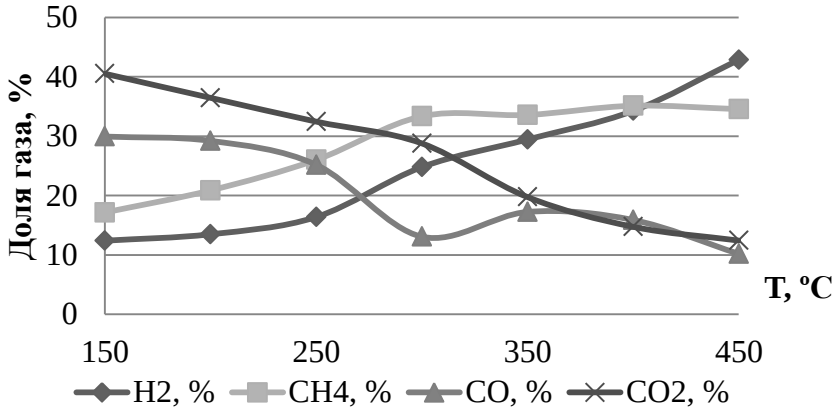

Рис. 1. Зависимость состава газа от температуры переработки (*T*) древесины

Зависимости объема газа от температуры и рабочей влажности

При газификации более влажной древесины выход газа снижается, что видно Из полученных зависимостей (рис. 2). Оптимальная влажность газифицируемой древесины должна составлять около 25 - 30 %, где влияние температуры переработки не столь значительно.

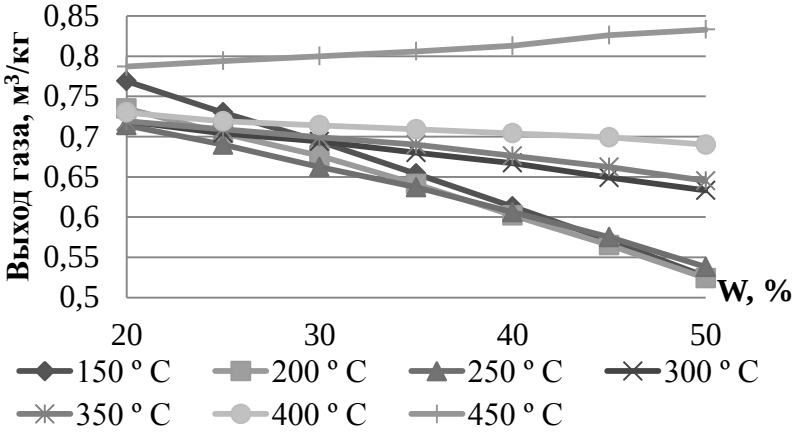

Рис. 2. Зависимость объёма вырабатываемого газа от рабочей влажности (*W*) древесины и температуры переработки

Исследование теплоты сгорания газа в зависимости от температуры и рабочей влажности

Основными горючими компонентами синтез-газа являются окись углерода (CO), водород (H_2), метан (CH_4) и другие высшие углеводороды (C_mH_n). Теплота сгорания получаемого газа зависит от вида используемого сырья и условий газификации. Как отчётливо видно из полученного графика (рис. 3), при газификации более влажной древесины качество газа заметно снижается.

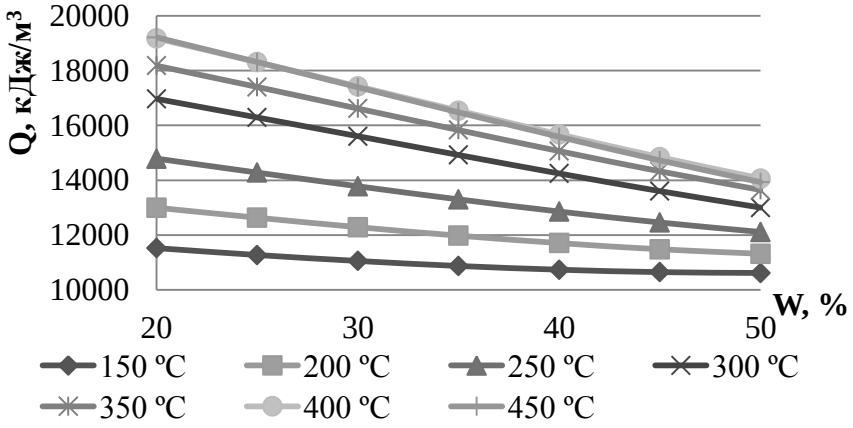

Рис. 3. Зависимость теплоты сгорания (*Q*) получаемого газа от температуры переработки и рабочей влажности (*W*) древесины

Теплота сгорания синтез-газа уменьшается из-за значительного понижения температуры в зоне собственно газификации, т.к. значи-

тельная часть энергии расходуется на испарение воды, содержащейся в топливе.

Анализ результатов и выводы

При проведении данного исследования с использованием методов компьютерного моделирования были установлены наглядные зависимости между свойствами топлива, параметрами переработки и качеством получаемого синтез-газа.

В частности, была определена важная роль температуры протекания процесса газификации на его результаты, особенно на выход газа и его теплотворную способность. Также была установлена температура (400 ºС), при которой происходит резкое увеличение выхода водорода и кислорода из древесины и, как следствие, рост объёма получаемого газа. В целом, с повышением температуры, наблюдается улучшение основных параметров газа.

На процесс выработки синтез-газа огромное влияние оказывает и такой параметр топлива, как его рабочая влажность. При этом, путём сравнения результатов газификации древесины различной степени влажности, было установлено оптимальное значение в 25-30 %, когда влияние температуры процесса на результат, не столь велико. Это позволяет использовать низкотемпературный пиролиз для получения газа и приемлемыми параметрами. Однако с ростом влажности топлива, наблюдается и существенное снижение свойств конечного продукта.

Подводя итог, можно сказать, что настоящее исследование подтвердило высокий потенциал использования древесины для выработки синтез-газа методом каталитического пиролиза.

Работа выполнена в рамках ГЗ НИР № 2069 (2.1322.2014).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Казаков А.В. Термическая конверсия низкосортных топлив применительно к газогенерирующим установкам: диссертация … канд. техн. наук. – Томск: Б.и., 2002. – 159 с.
2. Батенин В.М., Бессмертных А.В., Зайченко В.М. Термические методы переработки древесины и торфа в энергетических целях // Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 36-42.
3. Корякин В.И. Термическое разложение древесины. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 678 с.
4. Никитин В.М. Химическая переработка древесины и ее перспективы. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 88 с.

Научный руководитель: А.В. Казаков, к.т.н., доцент каф. ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ.