

УДК 6662.63.

НОСАЧ В.Г., СКЛЯРЕНКО Е.В., РОДИОНОВ В.И.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В ЗАЖАТОМ ПОДВИЖНОМ И ФИЛЬТРУЕМОМ СЛОЕ

Описано новий спосіб і експериментальну установку для термохімічної переробки відходів деревини в затиснутому рухомому та фільтрованому шарі. Наведено результати експериментальних досліджень і показано високу ефективність способу.

Описан новый способ и экспериментальная установка для термохимической переработки древесных отходов в зажатом подвижном и фильтруемом слое. Приведены результаты экспериментальных исследований и показана высокая эффективность способа.

It is described the new technology and experimental installation for thermochemical processing of the wood wastes in jammed, movable and filtered layer. It is cofirmed high efficiency of this technology.

В связи с сокращением природных запасов и постоянным возрастанием стоимости традиционных топливных ресурсов (природный газ, нефть, каменный уголь) их рациональное использование становится важнейшей составляющей подъема и развития экономики страны. Актуальность этой проблемы понятна, так как затраты на мероприятия по экономии топлива, как правило, в 2...3 раза ниже затрат на его добычу, переработку и доставку к месту использования.

Значительная экономия этих топлив может быть достигнута при более широком использовании местных видов топлива (торф, бурый уголь, древесина и её отходы). При этом особый интерес представляет древесина. Во-первых, ее можно отнести к возобновляемым источникам энергии с достаточно большим топливным потенциалом, так как леса занимают около 14% территории страны [1]. Во-вторых, древесина не содержит серы, хлора и других вредных для атмосферы элементов, а также имеет минимальное содержание золы. Кроме того, при сжигании древесины выделяется такое же количество CO_2 , какое было использовано для её образования, то есть древесина представляет собой нейтральное топливо.

Одним из перспективных путей замещения в промышленности природного газа древесиной и её отходами является их термохимическая переработка в горячий газ. Наиболее распространённым про-

цессом является газификация исходного топлива. Однако широкому использованию газификации древесины препятствуют два обстоятельства: низкая скорость газификации (малый выход газа с единицы объема аппарата) и высокая концентрация тяжёлых углеводородов (смол) в образующемся горячем газе. Для устранения этих недостатков в Институте технической теплофизики НАН Украины (ИТТФ) разработан новый способ скоростной термохимической переработки древесных отходов [2], и на его основе создан промышленный газификатор.

Основная идея способа ИТТФ состоит в том, что термохимическая переработка древесных отходов осуществляется в режиме “теплового удара” с использованием высокопотенциальной тепловой энергии продуктов неполного сгорания природного газа.

Другой важной особенностью способа является то, что процесс газификации проходит в зажатом подвижном и фильтруемом слое измельченных отходов древесины, заканчиваясь стадией отгонки летучих веществ. Это позволяет во-первых, интенсифицировать теплообменные процессы в слое материала и, во-вторых, исключить самый медленный химический процесс — газификацию коксового остатка. Благодаря этому существенно увеличивается скорость переработки древесины и получают два энергетических продукта — генераторный газ и древесный уголь.

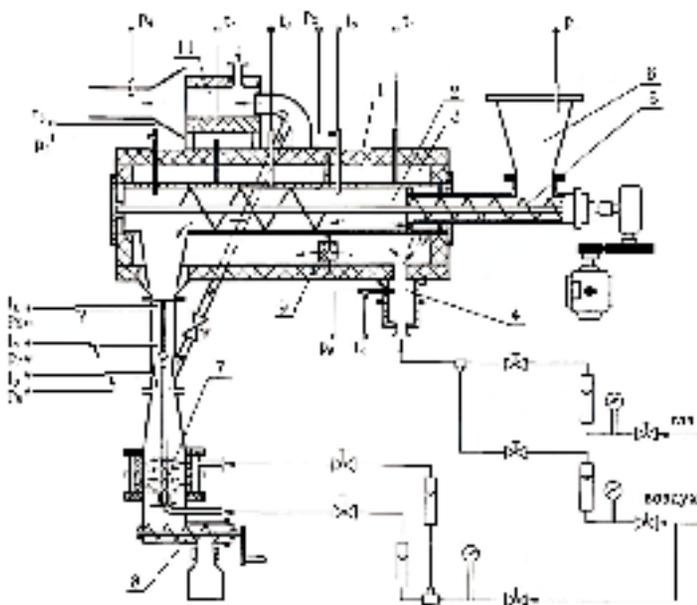


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Изучение процесса термохимической переработки древесных отходов по способу ИТТФ проведено на экспериментальной установке, схема которой приведена на рис. 1.

Установка включает: камеру пиролиза (1) с рабочим участком (2), тепловой рубашкой (3) и автономной камерой сгорания (4), шнековый питатель (5) с бункером (6), камеру газификации (7) с узлом удаления (8), камеру дожигания (11). Рабочий участок (2) выполнен из стальной трубы внутренним диаметром 200 мм и длиной 1,9 м. Через рабочий участок (2) проходит шнек питателя (5) с разрывом между витками длиной 600 мм, обеспечивающим формирование зажатого подвижного и фильтруемого слоя.

В качестве исследуемого материала использовались измельченные до щепы отходы древесины со средними размерами 50×30×10 и влажностью 30...45%.

Работа установки осуществлялась следующим образом. В бункер (6) загружалась взвешенная доза щепы. В камеру сгорания (4) подавалась смесь воздуха и природного газа с коэффициентом избытка воздуха 0,6...0,7, при сжигании которой образовывался теплоноситель с температурой 900...1000 °С. Теплоноситель направлялся в тепловую рубашку камеры пиролиза (1) и далее на вход рабочего участка. В результате фильтрации теплоносителя через слой подаваемой в ра-

бочий участок щепы происходил интенсивный прогрев древесины до 300...550 °С. В этот период в рабочем участке происходила сушка древесины, её пиролиз и газификация с выделением летучих веществ. Заслонка (9) позволяла подавать часть теплоносителя (до 50%) на выход рабочего участка, где при его смешении с продуктами пиролиза в камере газификации (8) происходил дальнейший пиролиз и газификация тяжелых углеводородов при температуре 700...800 °С. При необходимости повышения температуры в камере газификации подавался воздух. Полученный генераторный газ поступал в камеру дожигания (11) для термического обезвреживания перед выбросом в атмосферу.

Твердый остаток (древесный уголь) из камеры газификации сбрасывался в приёмный бункер узла удаления.

В данной работе представлены результаты первой стадии описанного процесса, которая заканчивается в камере пиролиза. При этом весь теплоноситель, без разделения на два потока, направлялся на вход рабочего участка. При проведении опытов на установке осуществлялся контроль следующих материальных потоков:

- расхода щепы (взвешивание до загрузки в бункер);
- выхода древесного угля (взвешивание после охлаждения);
- теплоносителя (расходы газа и воздуха на камеру сгорания);
- воздуха на камеру газификации.

Наблюдение за протеканием процесса осуществлялось путем измерения температур (термопарами гр. ХА) с регистрацией сигналов на вторичном приборе КСП-4 и давлений (при помощи U – образного жидкостного манометра) в контрольных точках (см. рис. 1), а также состава генераторного газа на выходе из камеры газификации при помощи приборов газового анализа (хроматографы «Газохром 3101» и ЛХМ-80).

Методика проведения опытов заключалась в получении в условиях данного аппарата древесного угля и последующего его анализа по общепринятой методике в соответствии с ГОСТ 7657-84 на наличие летучих веществ. Полученный результат сравнивался с выходом летучих, определенным в стандартных условиях (для древесины – 85% на

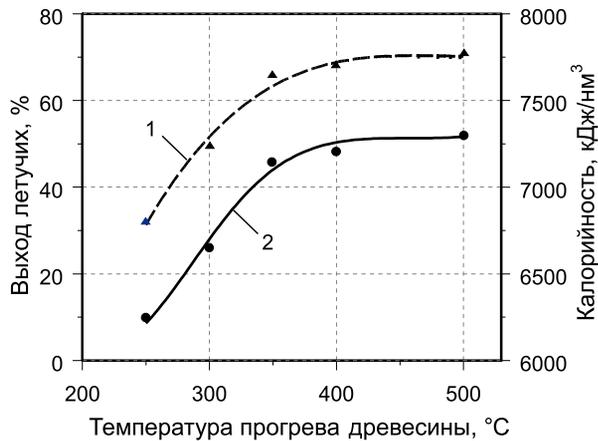


Рис. 2. Динамика выхода летучих и изменение их калорийности в зависимости от температуры прогрева древесины
1 – выход летучих, 2 – калорийность.

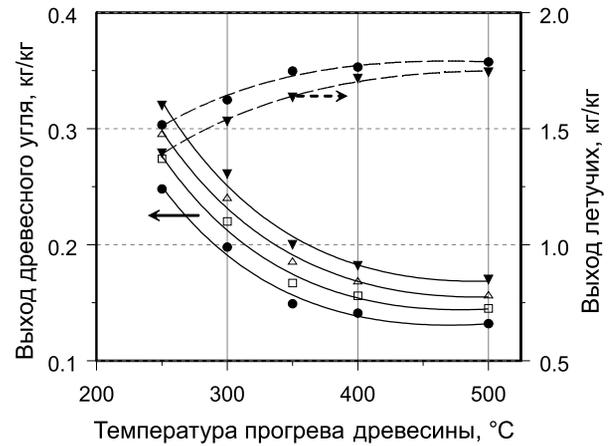


Рис. 3. Зависимости выхода летучих и древесного угля от температуры прогрева древесины и её влажности
Исходная влажность щепы: ▼ – 30%; □ – 35%; △ – 40%; ● – 45%.

горючую массу). По их разности определялись степень и скорость газификации, выход древесного угля и его качество, а по анализу состава газовой фазы – калорийность газа.

Контрольное влагосодержание исходной древесины определялось по общепринятой методике высушиванием проб до абсолютно сухой массы.

В экспериментах варьировались следующие параметры:

- а) температура слоя материала: 250, 300, 350, 400, 500 °C;
- б) расход щепы на переработку: 25, 50, 100 кг/ч;
- в) влажность древесины: 30, 35, 40, 45 %.

Расход теплоносителя был постоянным и составлял 0,104 м³/кг древесины при коэффициенте избытка воздуха 0,6.

Некоторые результаты опытов представлены на рисунках. Так, на рис. 2 представлена динамика выхода летучих (в % на рабочую массу) и изменение их калорийности в зависимости от температуры прогрева древесины. Как видно, до температуры 450...500 °C процесс выделения летучих практически заканчивается на 85...88 %. Основными компонентами летучих являются двуокись и окись углерода, водород, углеводороды, водяные пары и азот. Средний выход газа составил 1,4...1,5 кг/кг древесины. Теплотворность летучих, например, при влажности исходной древесины 30 %, составляет 6700...7500 кДж/м³. Такую высокую теплотворность летучих удалось

получить в результате использования теплоносителя в виде продуктов неполного сжигания природного газа.

Как показали результаты проведенных опытов, одним из основных факторов, влияющих на термохимическую переработку древесины, является её исходная влажность. На рис. 3 приведены зависимости выхода летучих и древесного угля на килограмм рабочей массы древесины от её исходной влажности и температуры прогрева. При этом выход мелкофракционного древесного угля составил 15...20 % на рабочую массу исходной древесины. Показатели производительности установки приведены на рис. 4. Технический состав

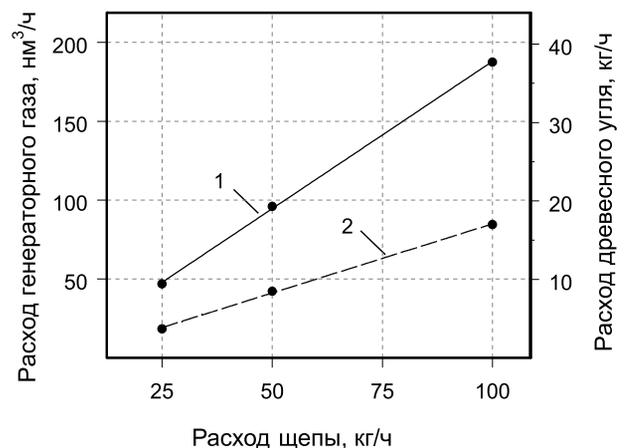


Рис. 4. Производительность установки
1 – по генераторному газу, 2 – по древесному углю.

угля по основным показателям соответствует ГОСТ 7657-84 на древесный уголь:

содержание связанного углерода 70...80 %,
зольность 4...10 %,
содержание летучих до 15 %,
влажность 4...10 %.

Выводы.

1. На основании полученного экспериментального материала установлена высокая эффективность способа. Так, например, при расходе древесной щепы 100 кг/ч интенсивность переработки составила до 3200 кг/м²ч, что выше более чем в 2 раза в сравнении с лучшими слоевыми газификаторами.

2. Получаемый горючий газ имеет достаточно высокую теплотворную способность, что обеспе-

чит его эффективное сжигание в горелочном устройстве.

3. Предлагаемый способ термохимической переработки можно рассматривать как альтернативу при использовании в существующих энерготехнологических установках (котлы, печи, сушила и т.д.) древесины и других твердых топлив.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носач В.Г., Шрайбер А.А., Скляренко Е.В. Об эффективности производства тепловой и электрической энергии из древесины //Пром. теплотехника. – 2004. – т. 26, №3 – С54-57.
2. Патент України №43070 від 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 “Спосіб піролізу деревини”.

Получено 01.07.2005 г.