

А. Г. Поздеев, А. Р. Садртидинов, Д. Б. Просвириков,
В. А. Салдаев

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

Ключевые слова: технология, отходы, газификация, синтез-газ, каталитический синтез, метанол, диметилэфир, моторное топливо, промышленная реализация.

Разработана и изготовлена установка по переработке древесных отходов в компоненты моторного топлива с производительностью по конечному продукту 20 л/ч.

Keywords: technology, waste, gasification, synthesis gas, catalytic synthesis, methanol, dimethyl ether, motor fuel, industrial sales.

Installation on processing of wood waste in components of motor fuel with a productivity on the final product of 20 l/h is developed and made.

Наличие огромных природных запасов возобновляемого органического сырья в виде растительной биомассы создает предпосылки для создания технологий получения моторных топлив, альтернативных топливам нефтяного происхождения. По существующим оценкам в процессе фотосинтеза в мировом масштабе образуется около 200 млрд. тонн древесной биомассы в год, что намного превышает суммарную мировую добычу нефти, угля и природного газа [1]. В России сосредоточено примерно 25% мировых запасов древесины, около 40% которых приходится на Сибирь [3]. При лесозаготовке и переработке древесины образуются так называемые вторичные древесные материалы: ветки, опилки, стружки и пр. Весомым достоинством древесины как топлива является низкое содержание серы и других вредных примесей в ее составе, а также воспроизводимость данного источника энергии. При правильном подходе к использованию древесины мы получаем

практически неисчерпаемый энергетический и сырьевой ресурс, который создает надежную сырьевую базу для производства альтернативных моторных топлив. В связи с этим изучение процесса химической переработки древесины с целью получения химических продуктов из него является актуальной задачей.

Перспективным способом получения компонентов моторных топлив является их каталитический синтез из синтез-газа полученного путем газификации древесных отходов.

В результате изучения данного процесса сотрудниками кафедры Переработки древесных материалов Казанского национального исследовательского технологического университета была разработана технология и изготовлена полупромышленная установка по переработке древесных отходов в компоненты моторного топлива, эскизное изображение которой представлено на рис. 1 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

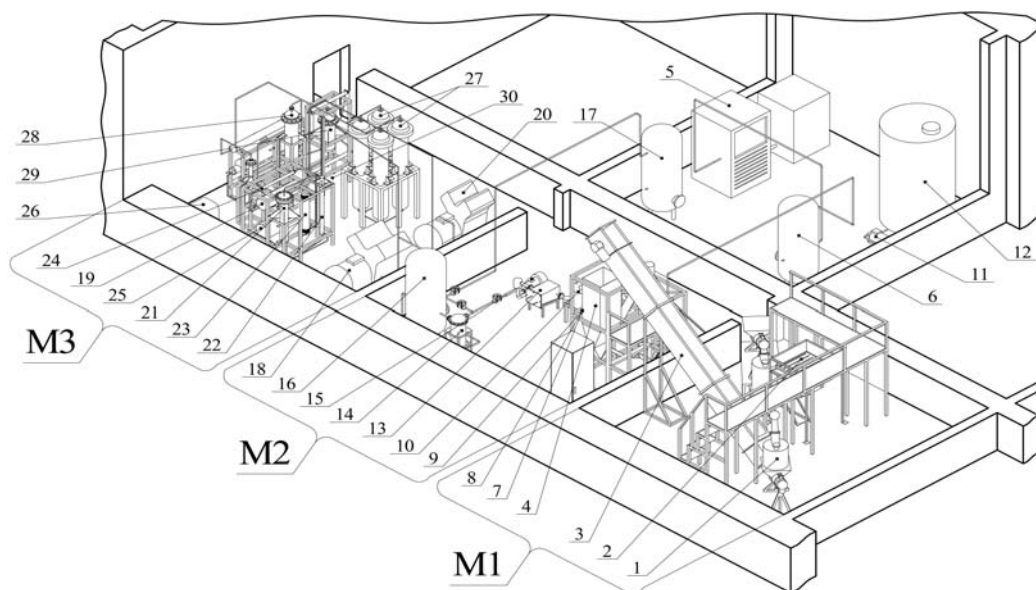


Рис. 1 - Эскиз полупромышленной установки

Из рис. 1 видно, что установка имеет три основные составляющие: модуль подготовки и загрузки сырья (М1), модуль получения синтез-газа (М2) и модуль синтеза компонентов моторного топлива (М3) имеющие между собой жесткую взаимосвязь.

Работа установки осуществляется следующим образом. Сырье для переработки в моторное топливо поступает со склада в модуль подготовки и загрузки сырья (М1) (см. рис. 2), где оно проходит стадию быстрой сушки в сушилке 1 и при необходимости сортировку на виброситах 2.



Рис. 2 - Модуль подготовки и загрузки сырья (М1)

После подготовки, сырье посредством конвейера 3 поступает в загрузочный бункер газогенератора 4, относящийся к модулю получения синтез-газа (М2). Внешний вид модуля (М2) представлен на рис. 3.



Рис. 3 - Модуль получения синтез-газа (М2)

Конвейер 3 обеспечивает дозированную подачу древесных отходов в газогенератор 4. Включение конвейера осуществляется оператором вручную.

Процесс газификации в газогенераторе 4 осуществляется за счет подачи в реакционную зону

окислителя - кислорода, вырабатываемого из воды электролизером 5. Для непрерывности процесса и предотвращения перебоев в подаче кислород накапливается в ресивере кислорода 6.

Для поддержания температурного режима в газогенераторе и технологического процесса в целом в реакционную зону дозированно подается водяной пар, образованный в электрическом парогенераторе 7. Расходы подаваемых кислорода и пара регулируются и контролируются автоматизированной системой клапанов и расходомеров.

Образованный в газогенераторе 4 синтез-газ поступает на стадию механической очистки от частиц золы и пыли в циклон 8, а далее на стадию более высокой степени очистки в фильтр тонкой очистки 9, позволяющий улавливать частицы размерами до 5 мкм. Помимо функций очистки циклон 8 и фильтр 9 снабжены системами охлаждения, что позволяет в процессе очистки обеспечить снижение температуры синтез-газа. Но для наиболее быстрого и интенсивного охлаждения после механической очистки в фильтре 9 синтез-газ поступает в кожухотрубный теплообменник 10, где охлаждение смеси газов осуществляется водой, подаваемой насосом 11 из бассейна 12.

Необходимо отметить, что процесс охлаждения не обеспечивает осушение синтез-газа до необходимых технологических параметров, поэтому после теплообменника 10 установлен конденсатор 13 холодильного типа, осуществляющий конденсацию водяных паров, содержащихся в газовом потоке и осушитель 14 для максимальной осушки газов.

Для обеспечения необходимого разряжения в описанной системе, модуль получения синтез-газа снабжен газодувкой 15, которая также обеспечивает подачу полученного и подготовленного синтез-газа в буферный ресивер 16.

С целью достижения необходимого соотношения компонентов в синтез-газе для возможности дальнейшего синтеза компонентов моторного топлива, в ресивер 16 подают дополнительное количество водорода, получаемого путем электролиза воды в электролизере 5. Для непрерывности процесса водород перед подачей в ресивер 16 накапливается в резервуаре 17.

Режимные параметры работы модуля М2 контролируются автоматикой с помощью датчиков давления, температуры, расхода и т.д.

Подготовленный синтез-газ из ресивера 16 подается в модуль синтеза компонентов моторного топлива (М3) (см. рис. 4), а именно в поршневой компрессор 18, предварительно сжимающий свежий синтез-газ до давления 4 МПа. Далее сжатый газ смешивается с циркуляционным газом, поступающим из системы синтеза компонентов моторного топлива, а именно из сепаратора 19, и подается в дожимной компрессор 20, на выходе из которого смесь газов имеет давление 5,6 МПа.



Рис. 4 - Модуль синтеза компонентов моторного топлива (МЗ)

Синтез-газ после стадии компремирования поступает на стадию прогрева до рабочей температуры. Нагрев синтез-газа осуществляется в последовательно установленных рекуперативном теплообменнике 22 и электронагревателе 23, после чего подается в реактор синтеза метанола 21.

Прореагировавший в реакторе метанола синтез-газ на выходе в составе имеет 3,0-5,0 % долей метанола и непрореагировавший газ, поэтому далее целесообразно вести речь о смеси газов.

Смесь газов на выходе из реактора 21 имеет высокую температуру и поэтому последовательно охлаждается в рекуперативном теплообменнике 22 и в аппарате водного охлаждения 24. При этом происходит конденсация смеси метанола и воды (метанол-сырец), которая поступает в сепаратор 19, где отделяется от циркуляционного газа и поступает в сборник метанола-сырца 25. Большая часть циркуляционного газа, как оговаривалось выше, направляется на смешение со свежим синтез-газом, а излишки удаляются вместе с танковыми газами и направляется на сжигание для получения тепловой энергии.

Тепловая энергия необходима для прогрева и запуска модуля синтеза компонентов моторного топлива. При этом метанол-сырец из сборника 25 подается в насос 26, который создает рабочее давление и прокачивает систему, состоящую из системы нагрева-испарения жидкой фазы и серии реакторов синтеза высокооктановых компонентов моторного топлива 27.

Подпор давления в системе получения метанола и компонентов моторного топлива обеспечивается регуляторами давления, каждый из которых имеет свой заранее установленный диапазон регулирования.

После прохождения метанола-сырца через серию реакторов и в результате ряда химических реакций образуются углеводороды C_1 - C_{12} групп и вода. Смесь органических паров, частично сконденсированных углеводородов и воды далее подвергаются охлаждению и дросселированию, что обеспечивает конденсацию большей части углеводородной смеси.

Далее парогазовая смесь после дросселирования попадает в вертикальный сепаратор 28, в котором вода и жидкие углеводородные продукты разделяются по плотностям, причем вода отводится с нижней части сепаратора, а жидкие углеводороды C_5 - C_{12} групп со средней части и поступает в нижнюю часть разгонной колонны 29. Фракции C_1 - C_4 групп в газообразной фазе отводятся сверху сепаратора 28 и подаются в верхнюю часть разгонной колонны 29. Таким образом, паро-жидкостная смесь углеводородов C_1 - C_{12} двумя потоками поступает в колонну 29 для очистки компонентов топлива от легких фракций C_1 - C_4 групп, которые в дальнейшем сжигаются. По мере накопления в колонне кубового остатка, представляющего собой фракции C_5 - C_{12} и являющаяся конечным продуктом, производится его отвод в нижней части колонны, после чего углеводородная смесь подвергается дросселированию и охлаждению, а полученный продукт поступает в приемник 30.

Регулирование, контроль и управление всей установкой осуществляется автоматически с минимальным вмешательством оператора. Все сигналы датчиков отражаются и дублируются на основном и вспомогательных пультах управления.

Разработанная и спроектированная установка по переработке древесных отходов в компоненты моторного топлива изготовлена из жаропрочных и высокопрочных нержавеющей сталей, что обуславливает работу при высоких температурах и давлении. Она имеет производительность по исходному сырью до 100 кг/час и 20 л/ч по конечному продукту.

Изготовленный опытный образец размещен на опытно-экспериментальной базе Казанского национального исследовательского технологического университета.

Литература

1. Тимербаев, Н.Ф. Совершенствование процесса газификации древесных отходов с целью получения моторного топлива / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин, А.Р. Хисамеева, Д.А. Ахметова, А.Г. Мухаметзянова // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - №19. - С. 211-213.
2. Тимербаев, Н.Ф. Технология переработки древесных отходов в диметилловый эфир / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин, Л.М. Исмагилова // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - №7. - С. 95-97.
3. Сафин, Р.Г. Энергонезависимая установка непрерывной переработки древесных отходов / Р.Г. Сафин, А.Р. Садрутдинов, И.И. Хуснуллин, // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - №14. - С. 181-182.
4. Сафин, Р.Г. Газификация влажных отходов Р.Г. Сафин, Н.Ф. Тимербаев, А.Р. Хисамеева, Д.А. Ахметова // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - №17. - С. 195-199.
5. Сафин, Р.Г. Разработка технологии получения моторного топлива из отходов деревообработки / Р.Г. Сафин, Н.Ф. Тимербаев, З.Г. Саттарова, Т.Х. Галеев // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - №11. - С. 205-207.

6. Тимербаев, Н.Ф. Разработка технологии получения метанола из древесных отходов / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин, Т.Х. Галеев // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - №3. - С. 168-170.

7. Сафин, Р.Г. Разработка технологии переработки высоковлажных древесных отходов в высокооктановые компоненты моторного топлива / Р.Г. Сафин, Н.Ф. Тимербаев, А.Р. Садртдинов, Д.Б. Просвириков // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - №7. - С. 250-254.

© **А. Г. Поздеев** - д-р техн. наук, проф., зав. каф. водных ресурсов Поволжского госуд. технол. ун-та, pozdeeva@marstu.ru;
А. Р. Садртдинов - канд. техн. наук, доц. каф. переработки древесных материалов КНИТУ, dog_home@list.ru;
Д. Б. Просвириков – асп. той же кафедры; **В. А. Салдаев** – асп. той же кафедры.