

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 (M1), модуль получения синтез-газа (M2) и модуль синтеза компонентов моторного топлива (M3) 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 (M1) (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 (M1) После подготовки, сырье посредством конвейера 3 поступает в загрузочный бункер газогенератора 4, относящийся к модулю получения синтез-газа (M2). Внешний вид модуля (M2) представлен на рис. 3. Рис. 3 - Модуль получения синтез-газа (M2) 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 дозировано 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 (М3) 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 C1-C12 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 C5-C12 групп со средней части и поступает в нижнюю часть разгонной колонны 29. Фракции C1-C4 групп в газообразной фазе отводятся сверху сепаратора 28 и подаются в верхнюю часть разгонной колонны 29. Таким образом, паро-жидкостная смесь углеводородов C1-C12 двумя потоками поступает в колонну 29 для очистки компонентов топлива от легких фракций C1-C4 групп, которые в дальнейшем сжигаются. По мере накопления в колонне кубового остатка, представляющего собой фракции C5-C12 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.