

Одной из актуальных проблем лесного комплекса является использование низкокачественной древесины и древесных отходов, образующихся при лесозаготовке, лесопереработке и деревообработке. В частности, перед предприятиями деревообрабатывающей промышленности уже сейчас весьма остро стоит проблема утилизации отходов деревообработки, доля которых достигает до 60% от объёмов готовой продукции. В то же время древесная биомасса является перспективным возобновляемым источником энергии. Древесина также имеет ряд существенных недостатков при энергетическом использовании. Нестабильность топливных свойств и гранулометрического состава, гигроскопичность, низкая энергетическая плотность приводят к снижению эффективности энергетического использования древесных отходов. Одним из путей снижения влияния данных недостатков является использование термохимических методов переработки древесины. Среди этих методов наиболее эффективным является процесс быстрого пиролиза, который позволяет перерабатывать древесную биомассу с высоким выходом жидких продуктов (пиролизной жидкости). Жидкие продукты имеют ряд преимуществ по сравнению с твёрдой биомассой, которые особенно проявляются при их транспортировке, хранении и использовании. Однако для промышленной реализации технологии получения и энергетического использования жидких продуктов пиролиза необходимо проведение более глубоких научных исследований. В связи с этим комплексное исследование совокупности процессов переработки древесины термохимическими методами в жидкое топливо и его электроэнергетического использования является актуальной задачей как в научном, так и в практическом плане. Пиролиз является наиболее универсальным технологическим методом производства пиротоплива. С помощью этого метода можно в очень широких пределах управлять соотношением твердой (древесный уголь), жидкой (пиротопливо) и газообразной (пиролизный газ) фракций продуктов переработки древесных отходов, изменяя температуру и продолжительность процесса [2]. Жидкие продукты пиролиза вызывают большой интерес вследствие их высокой энергетической плотности. Жидкость, образующаяся в процессе пиролиза, имеет теплоту сгорания 20-25 МДж/кг и состоит из сложной смеси высокоокисленных углеводородов с содержанием воды до 20 % (мас.) В составе продуктов пиролиза выявлено несколько сотен химических составляющих. Необработанное пиротопливо представляет собой густую черную смолянистую жидкость, выход которой может достигать до 70 % массы сухого сырья (при быстром низкотемпературном пиролизе). Пиролизная жидкость – наиболее перспективный вид топлива из возобновляемого сырья, т.к. обладает высокой энергетической плотностью; в продуктах её сгорания отсутствуют оксиды серы, а количество образующихся оксидов азота значительно меньше по сравнению с ископаемым топливом. Пиролизная жидкость обладает важным качеством – текучестью, это дает

неоспоримые преимущества при её транспортировании, хранении и сжигании с регулируемым количеством кислорода. Одним из наиболее перспективных направлений получения электрической энергии является газификация пироотоплива [1]. Стадии подготовки пиролизной жидкости к газификации Рис. 1

1 - Схема подготовки пиролизной жидкости к газификации: 1 – приемный резервуар; 2 – теплообменник; 3 – нутч – фильтры; 4 – роторный шестеренчатый насос; 5 – расходный резервуар

Технологическая схема подготовки пиролизной жидкости к газификации представлена на рис.1.[1]. Пиролизная жидкость наливается в приемный резервуар 1, затем подается в теплообменник 2, где происходит предварительный нагрев, после этого поступает, для очистки от твердых частиц в нутч – фильтр 3. Очищенная пиролизная жидкость собирается в расходный резервуар 5, перемещение пиролизной жидкости осуществляется, шестеренчатым насосом 4. На начальной стадии подготовки пиролизной жидкости к газификации, с помощью вискозиметра определяем кинематическую вязкость. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра. На рис.2 представлена зависимость коэффициента кинематической вязкости жидких продуктов пиролиза от температуры. Точками представлены экспериментальные данные, линией – значения, рассчитанные по уравнению (1). Анализ зависимости показывает, что при повышении температуры в исследуемом диапазоне коэффициент вязкости снижается почти в 5 раз. Наиболее сильное снижение вязкости наблюдается в диапазоне температур 20 – 40 °С. Рис. 2 - Зависимость коэффициента кинематической вязкости пиролизной жидкости от температуры

В результате проведенных исследований и статистической обработки экспериментальных данных была получена зависимость коэффициента кинематической вязкости пиролизной жидкости от температуры, которая выражена функцией (1):  $\nu = 1 / -1,5876 + 0,685 \cdot \ln(T)$ , (1) где  $\nu$  кинематическая вязкость, ст;  $T$  – температура, °С. Проведенные исследования показывают, что оптимальной температурой предварительного нагрева, составляет 70°С. Данная температура не изменяет химического состава пиролизной жидкости и позволяет достигать наиболее подходящего значения коэффициента кинематической вязкости для процесса газификации[3]. Для фильтрации пиролизной жидкости применяется нутч – фильтры работающие под вакуумом. Нутч – фильтры являются простейшими фильтрами с металлической перегородкой, работающие под давлением (рис.3). Фильтр представляет собой резервуар 1 с двойным дном, причем верхнее ложное дно или решетка 2 служит для удержания слоя фильтрующего материала и допускает свободное протекание жидкости в нижнюю часть фильтра. Осадок остается на фильтрующей перегородке, а пиролизная жидкость (фильтрат) из нижней части аппарата под действием разрежения, создаваемого насосом выводится через патрубков 5 и направляется в приемный резервуар. Из резервуара жидкость

перекачивается на стадию газификации. Производительность нутч – фильтра зависит от поверхности фильтрующей перегородки, толщины слоя осадка и степени вакуума. Преимуществом нутч – фильтров является высокая степень фильтрации. Также, нутч – фильтры очень просты по конструкции и в эксплуатации легко доступны для наблюдения и обслуживания. Рис. 3 - Нутч – фильтр: 1 – резервуар, 2 – решетка, 3 - патрубок для подачи пиролизной жидкости; 4 – патрубок для стока пиролизной жидкости. Недостатками нутч – фильтров являются, громоздкость конструкции, ручная выгрузка и сравнительно ограниченные размеры фильтрующей поверхности. Наибольшая разность давлений при фильтрации на нутч – фильтре ограничена одной атмосферой, вследствие чего скорость фильтрации в большинстве случаев незначительна. Для облегчения выгрузки нижнее днище фильтра делают откидным на шарнире; днище снабжается противовесом и закрепляется на откидных болтах. Ложное дно укреплено на нижнем днище и откидывается вместе с ним. Нижнюю часть нутча соединяют со сборником фильтрата гибкими трубами. Для перемещения очищенной и предварительно нагретой до 70°C пиролизной жидкости, применяется шестеренчатые насосы. Шестеренчатые насосы надежны в работе, равномерно подают пиролизную жидкость и могут перекачивать весьма вязкие жидкости при переменном числе оборотов. Преимуществами шестеренчатых насосов являются: отсутствие клапанов, легкость, компактность, реверсивность, непосредственное соединение с электродвигателем и сравнительно низкий коэффициент неравномерности подачи. К недостаткам этих насосов относятся низкий коэффициент полезного действия, небольшая производительность и высокие требования к чистоте перекачиваемой жидкости [4]. Пиролизная жидкость, полученная из биомассы, представляет собой сложную смесь из воды (как правило, 20% по весу в зависимости от исходного сырья), а также карбоксильных кислот, углеводов и др. Пиротопливо содержит значительное количество органических кислот, таких как уксусная и муравьиная кислоты. Учитывая, содержания различных кислот в пиролизной жидкости, были проведены замеры показателя активности ионов водорода (рН). Исследования проводились на устройстве рН – метре/ милливольтметре МАРК – 901. При температуре исследуемой жидкости 20°C, рН жидкости составил 2,4 – 3,6, это говорит о высокой кислотности среды, что может привести к коррозии металлических элементов используемого оборудования. Для оценки влияния низших органических кислот в составе пиролизной жидкости на металлические конструкционные материалы были проведены исследования. В качестве образцов для эксперимента использовались образцы из конструкционной стали Ст10, нержавеющей стали 08Х18Н, алюминия, меди и полимерные материалы. Образцы содержались в эквивалентных условиях в пиролизной жидкости при температуре 20°C, и через определенные интервалы времени замерялась их масса. Результаты исследования показали, что изменения массы для образцов

алюминия, меди, нержавеющей стали и полимеров в течение 100 суток практически отсутствовали и находились на уровне погрешности измерения  $\pm 0,05\%$ . Однако для образцов из конструкционной стали Ст10 наблюдалось устойчивое уменьшение веса (рис.4.), что в пересчете на линейную скорость коррозии составляет 0,238 мм/год. Рис. 4 - Изменение массы конструкционной стали ст.10 при выдержке в пиролизной жидкости

Эксперименты показали, что оборудования, имеющее непосредственный контакт с пиролизной жидкостью, должны быть выполнены из нержавеющей стали и полимерных материалов. Для использования пиролизной жидкости в электроэнергетических целях, была разработана технологическая схема подготовки пиролизной жидкости к процессу газификации. Были рассмотрены свойства пиролизной жидкости, определена температурная зависимость коэффициента кинематической вязкости. В результате исследований, была определена температура предварительного нагрева пиролизной жидкости, для снижения вязкости, которая составила 70°C, был подобран нутч - фильтр, для фильтрации пиролизной жидкости от твердых включений, была определена зависимость изменение массы конструкционной стали ст.10 при выдержке в пиролизной жидкости, которая показывает необходимость использования нержавеющей стали и полимерные материалы, в аппаратах, имеющих контакт, с пиролизной жидкостью. Необходимым условием для эффективного использования пиролизной жидкости, для получения электроэнергии, является, предварительная подготовка к процессу газификации.