

Е. В. Батурина, канд. техн. наук, доц.,  
Е. А. Рудыка, канд. техн. наук, доц.,  
Н. Ю. Санникова, канд. хим. наук, доц.  
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация)

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ГОРЮЧИЙ ГАЗ**

В России в год образуется отходы древесины различного вида в объеме свыше 36 млн. м<sup>3</sup>. Это непосредственные отходы производства товарной древесины (крайние обрезы стволов - горбыли, обрезки, непригодные для производства выпускаемых изделий), отходы при заготовке древесных стволов (ветки, пеньки и др.), отходы санитарной обработки леса и лесопарковых зон в городах, отходы в виде использованной деревянной тары и изделий из дерева, горелый лес.

На данный момент известен ряд способов и оборудования для утилизации древесных отходов. Большинство этих изобретений посвящено прямому сжиганию древесных отходов, их измельчению, подсушке, брикетированию с последующей газификацией и получением древесного угля или генераторного газа. Подавляющее число этих изобретений предусматривает применение реторт, которые загружаются и разгружаются путем извлечения из камер обогрева, включая мобильные варианты. Способы и установки, требующие для измельчения и подсушки древесных отходов до щепы (в габарите частицы не должны превышать 10–15 мм), имеют невысокий общий КПД, т.к. много энергии тратится на измельчение и предварительную подсушку щепы (до влажности 10–12 % против начальных в 40–50 %).

Особое место в данной проблеме занимают отходы в горелых лесах, которые образуются в природе на сотнях и тысячах гектаров лесов. Основной спецификой здесь является, во-первых, необходимость обработки отходов на месте их образования (никто не будет возить горелый лес на большие расстояния); во-вторых, в лесах отсутствует, как правило, электроэнергия, требуемая для работы отдельных устройств установки; в-третьих, при утилизации отходов горелого леса речь идет именно об утилизации, а не производстве товарной продукции. Тем не менее и в этом случае можно получить полезный товарный продукт - древесный уголь.

Цель работы заключалась в разработке процесса переработки горелого леса с получением вторичной полезной продукции.

За последние двадцать лет самыми крупными для Российской Федерации по своему объему стали пожары 2019 г. К лесным возгораниям относится в первую очередь горение Сибири.

Около 64000 гектаров леса и растительности выгорело в России за 2019 г. Более пятнадцати миллионов гектаров – это общая площадь поражения огнем, что причинило огромный ущерб, как экономике, так и экологии России. Статистика лесных пожаров в России за 2019 г. представлена в таблице.

**Таблица - Статистика лесных пожаров в России за 2019 г.**

Признак	Показатель
Площадь, пройденная огнем	Более 16 млн. гектаров
Количество очагов возгорания за год	14 409
Площадь выгоревших лесов	Около 10 млн. гектаров
Объем сгоревший древесины	313,2 миллиона кубометров

Древесина состоит преимущественно из органических веществ (99 % общей массы). Элементный химический состав древесины разных пород практически одинаков. Абсолютно сухая древесина в среднем содержит: С (49 %); O<sub>2</sub> (44 %); Н (6 %); N (0,1 – 0,3 %). При сжигании древесины остаётся её неорганическая часть – зола, в состав которой входят: Са, К, Na, Mg и др. [1].

Перечисленные химические элементы образуют основные органические вещества: целлюлозу, лигнин и гемицеллюлозы (пентозаны и гексозаны). Кроме основных органических веществ, в древесине содержится сравнительно небольшое количество экстрактивных веществ (таннидов, смол, камедей, пектинов, жиров и др.), растворимых в воде, спирте или эфире [2].

Правильное использование древесины и древесных отходов позволит развивать новые технологии и аппаратное оформление по переработке древесины в востребованные для человечества продукты.

Самым распространенным методом утилизации отходов деревоперерабатывающей промышленности является сжигание или захоронение их на свалке. Но с использованием различных химических, термических и механических процессов из отходов можно извлечь ценное сырье для производства материалов, используемых в энергетической, металлургической, химической, строительной и других промышленности.

Одним из эффективных методов утилизации древесных отходов является физико-химический процесс – пиролиз древесины. Технология заключается в воздействии на древесный материал высоких температур без доступа воздуха, предупреждающего возникновения открытого огня. В связи с этой особенностью древесина не сгорает, теряя ценнейшие органические соединения, а претерпевает ряд структурных и молекулярных изменений с образованием твердого, жидкого и газообразного продуктов распада. Для осуществления пи-

ролиза древесины не требуется сложное оборудование и большие энергетические затраты, что дает большой экономический потенциал, возможность получать тепловую энергию, горючие газы и различные химические продукты [3–5]. Процесс пиролиза основывается на разных свободно-радикальных реакциях термодеструкции целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз. Эти реакции происходят в условиях температур 200 – 400°С. Пиролиз древесины является экзотермическим процессом, в ходе которого получается большой объем тепла (примерно 1150 кДж/кг) [6–7].

Предлагается передвижная установка по переработке отходов древесины с получением вторичной полезной продукции, в том числе горючего газа. Установку можно размещать непосредственно в местах скопления большого числа древесных отходов (выгоревшие леса). Отходы поступают на дробление в шредер, далее измельченные подаются в пиролизный реактор, где разлагаются при температуре 00 °С. В процессе пиролизной переработки образуется парогазовая смесь и твердая углеродная фракция.

Парогазовая смесь из пиролизного реактора поступает через газодувку в циклон для удаления твердых частиц пыли и золы, которые отправляются на утилизацию. После чего очищенная парогазовая смесь с помощью газодувки направляется в систему конденсаторов, орошаемых технической водой. Далее пирогаз с помощью газодувки поступает в каплеотбойник, для удаления лишней влаги. Конденсат из каплеотбойника и конденсаторов поступает в сборники, откуда отправляется на утилизацию. Осушенный пиролизный газ через газодувку подается в газгольдер, где накапливается. Часть пирогаза отправляется на реализацию стороннему потребителю, а часть идет на сжигание в топку ТО.

Во время пуска установки в работу, для вывода на проектную мощность в качестве источника тепла используют природный газ.

В результате пиролиза древесины образуются:

- древесный уголь, который может найти свое применение: в качестве бытового топлива; восстановителя при производстве сплавов металлов; сорбента (активированный уголь) для химических (очистка газовых и жидких сред), пищевой, фармацевтических (очистка лекарственных препаратов) отраслей промышленности и т.д.;

- водный конденсат (жижка) представляет собой свобододисперсную лиофобную систему (эмульсию), в которой дисперсионной средой является водный раствор органических веществ (спирты, кислоты, эфиры, карбонильные соединения, фенолы и т.д.), а дисперсной фазой – малорастворимые в воде продукты пиролиза;

- неконденсируемые горючие газы, используемые как топливо.

К достоинствам предложенного метода, по сравнению с процедурой простого сжигания отходов, можно отнести: исключение выброса продуктов сгорания в окружающую природу, что предотвращает ее загрязнение и причинение вреда здоровью; дешевое и доступное сырье; продукты разложения не содержат агрессивных элементов; после проведения пиролиза образуется меньший объем материала нежели при обычном сжигании; процесс утилизации безотходный.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-химический процесс пиролиза древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bloglesorub.ru/piroliz-drevesiny/>. – Дата обращения: 15.06.2025.
2. Пиролиз древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://himya.ru/piroliz-drevesiny.html>. – Дата обращения: 15.06.2025.
3. Технология пиролиза древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wood-prom.ru/clauses/derevoobrabotka/piroliz-drevesiny>. – Дата обращения: 10.10.2024.
4. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Саттарова З.Г. Техника и технологии термической переработки отходов деревообрабатывающей промышленности. Казань: КГТУ, 2010. – 172 с.
5. Продукты пиролиза древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/chemistry/text%203140758>. – Дата обращения: 10.10.2024.
6. Тимербаев Н.Ф. Комплексная энерготехнологическая переработка древесных отходов с применением прямоточной газификации. Казань: КНИТУ, 2011. – 252 с.
7. Саламонов А.А. Установки для сжигания и газификации древесных отходов // Промышленная энергетика, 1985. № 2. – С. 52–54.

УДК 674.038

А. А. Титунин, д-р техн. наук, доц., К. А. Чумак, асп.  
(КГУ, г. Кострома, Россия)

#### **ВЛИЯНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ БЕРЕЗОВОГО ШПОНА НА ЕГО СМАЧИВАЕМОСТЬ КЛЕЕВЫМИ СОСТАВАМИ**

В российской деревообрабатывающей промышленности производство березовой фанеры занимает стратегически важное положение. Поэтому в Стратегии развития лесного комплекса РФ не случайно в качестве прогнозного значения указано увеличение объемов производства фанеры к 2030 году до 6,5 млн м<sup>3</sup> [1]. В текущих условиях