

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПИРОЛИЗА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА ТБО. АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

С ростом численности населения планеты и развитием производственной деятельности возрастают масштабы воздействия на окружающую среду, поэтому остро стоит проблема оптимизации воздействия человека на окружающий мир.

В России ежегодно образуется около 300 кг твердых бытовых отходов (ТБО) на одного человека, которые требуют переработки, либо захоронения. Их химический состав включает от 20 до 45 % – неорганических веществ, от 55 до 80 % органических, в том числе от 28 до 35 % углерода.

На сегодняшний день идет активная разработка и модернизация установок пиролиза для переработки различных видов отходов с высокой энергетической эффективностью. Увеличения коэффициента полезного действия изобретаемых устройств можно достичь путем сокращения времени процесса пиролиза, стремления к непрерывности процесса, снижения затрат тепла на единицу переработанной продукции и упрощения аппаратурного оформления установок.

Второй частью данной работы являлось моделирование процесса утилизации отходов на примере пиролиза отработанных шин.

В среде моделирования реакция пиролиза осуществляется при следующих допущениях: устойчивая модель свободного кинетического состояния, изотермическая система, все серосодержащие соединения представлены в качестве  $H_2S$ .

Процесс пиролиза отработанных шин проводится в бескислородной среде. Тепло, полученной в результате сгорания топлива поддерживает температуру реактора для осуществления химической реакции.

Текущая модель рассчитана на прием 10 тонн отработанных шин в день. Технологическая схема состоит из следующих этапов:

- на первом этапе происходит сушка шин перед реакционным блоком;
- на втором этапе шины разлагаются на обычные компоненты ввиду того, что шины в Aspen Plus считаются нетрадиционным материалом (nonconventional material);
- на третьей стадии схемы осуществляется реакция пиролиза;
- на финальной стадии процесса продукты реакции частично конденсируются в холодильнике, затем смесь разделяется на газ пиролиза и смолу.

Процесс пиролиза преобразует отработанные шины в масло пиролиза, неконденсирующиеся газы и в сажу. Технологическая схема, составленная в среде моделирования Aspen Plus представлена на рисунке 1.

В результате проделанной работы удалось создать рабочую модель процесса пиролиза отработанных шин при вакууме в программном обеспечении ASPEN PLUS. После успешного моделирования произведена оценка компонентного состава пирогаза и смолы пиролиза.

Заключительная часть данной работы состояла в поиске модернизации и конструировании пилотной установки пиролиза ТБО с дальнейшим сравнением технологических рабочих параметров с расчетными данными.

В результате работы пилотной установки были получены следующие продукты:

**Синтез газ.** В результате газохроматографического анализа был определен состав газа, полученного в результате работы установки пиролиза ТБО. Данные представлены в таблицах 2, 3.

**Таблица 2 – Компонентный состав газа, вышедшего из реактора**

Компоненты	Содержание, % об
Водород	14,4
Азот	3,05
Кислород	0,74
Метан	12,91
Окись углерода	24,56
Двуокись углерода	28,03
Сумма C2	5,46
Сумма C3	1,42
Сумма C4	0,75
Сумма C5	0,19
Сумма C6 и выше	1,89
Вода	6,6
Итого	100,0

**Жидкий остаток.** Исследования показали, что жидкий остаток в основном содержит бензиновую и дизельную фракции. Мазутная фракция составляет 5 % от общего объема.

Анализ фракционного состава показал, что жидкое топливо не содержит серосодержащих соединений, водорастворимых кислот и щелочей. Следовательно, с экологической точки зрения, топливо является безопасным.

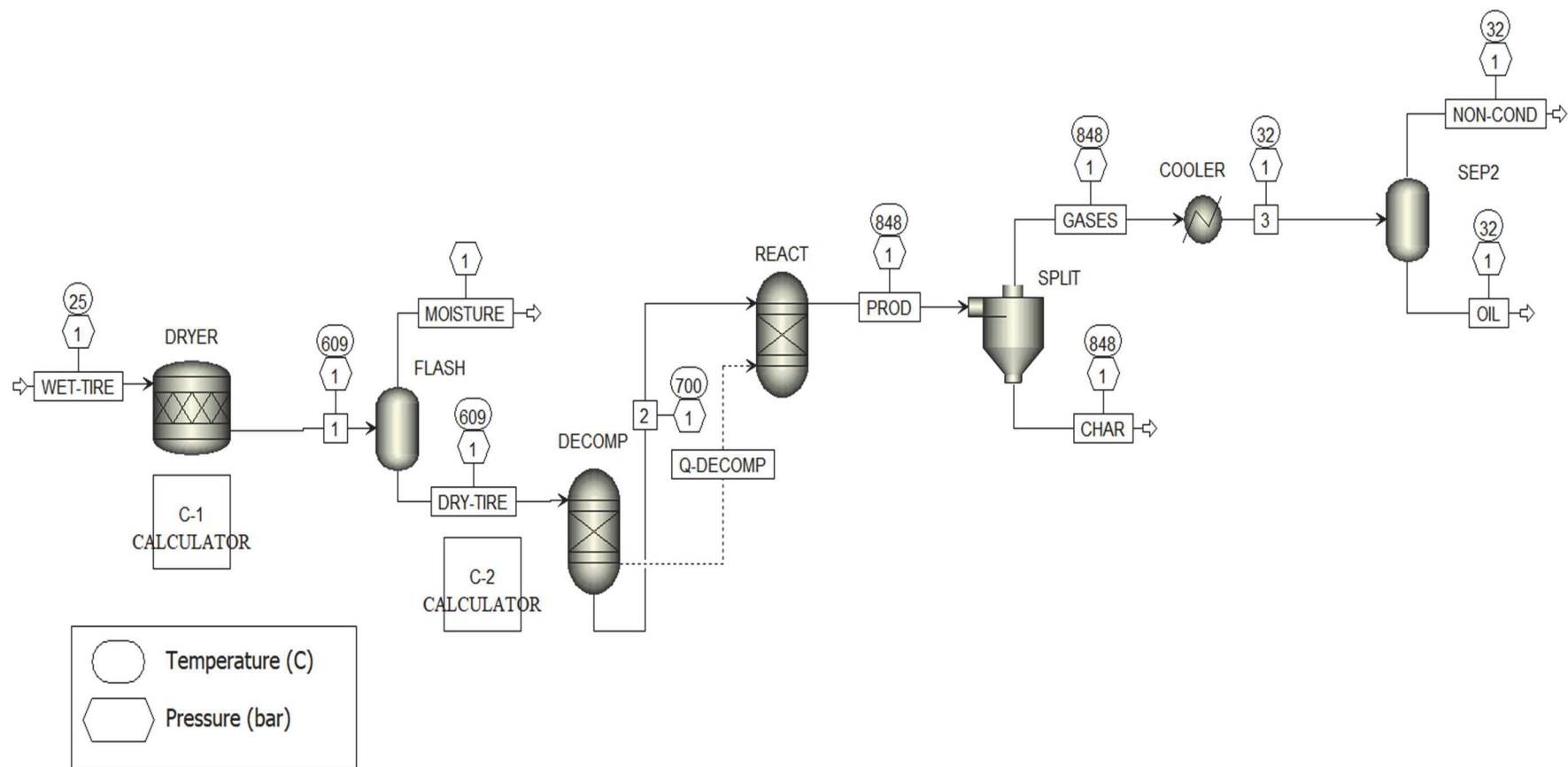


Рисунок 1 – Технологическая схема пиролиза отработанных шин

**Карбонизат.** По технологии парогазовой активации получен активный уголь из карбонизата ТБО.

Показатели качества приведены в таблице 4.

**Таблица 4 – Показатели качества активного угля**

Показатели	Результат
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	151
Суммарный объем пор, см <sup>3</sup> /г	1,99
Адсорбционная активность по йоду, %	43
Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г	71
pH	8,3
Массовая доля воды, %	1,25
Массовая доля золы (общая), %	38,2

Как следует из данных, приведенных в таблице, активный уголь имеет хорошие показатели пористой структуры и адсорбционной активности.

Целью нашей работы являлось создание модифицированного процесса пиролиза твердых бытовых отходов. После проведения литературного обзора, моделирования подходящего процесса в среде ASPEN PLUS и конструирования пилотной установки получили ряд продуктов, включающие в себя широкий спектр ценных компонентов.

Произведя физико-химические исследования, выявили ряд преимуществ целевых продуктов. В первую очередь, стоит обратить внимание на качество, полученных веществ. С экологической точки зрения продукты, полученные в результате работы установки, отвечают всем существующим требованиям. Во-вторых, из-за многочисленного объема веществ, содержащихся в данных продуктах, открывается множество путей их переработки. Что положительно скажется на уровне развития нефтегазохимии в нашей стране.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование пиролизной утилизации углеродсодержащих твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] // [www.dissercat.com](http://www.dissercat.com) URL: <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-piroliznoi-utilizatsii-uglerodso-derzhashchikh-tverdykh-bytovykh-otkhodov> (Дата обращения 26.07.2021).

2. Лисовский В.А. Переработка утилизированных шин – энергоэффективное мероприятие. // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов: Сб. научн. статей. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2001. – С. 150–154.

3. C. Roy, B. Labrecque, B. de Caumia. Recycling of scrap tires to oil and carbon black by vacuum pyrolysis – Resources, Conservation and Recycling. 4 (1990) 203.