

безопасность, взрывобезопасность. К установке подведена холодная вода, для заполнения ванны для водяного затвора. Имеются точки ввода воды в реактор, используемые в аварийной ситуации для остановки процесса пиролиза, путём образования пара в реакторе, что не дает возможности образования взрывоопасной концентрации газов и одновременно охлаждает нижнюю зону реактора. Взрывная безопасность обеспечивается наличием взрывного предохранительного клапана вверху реактора.

Применяемый метод пиролиза для утилизации металлокорда привлекателен своей простотой и доступностью. Он не требует больших затрат тепловой энергии. В тоже время достаточно безопасен, так как в зону реакции не поступает кислород, что обеспечивается достаточно надёжно конструкцией установки. Датчик температуры в реакторе, датчик уровня воды в водяном затворе обеспечивают безопасность технологического процесса.

Определено, что если высота цилиндра материала в реакторе 3 метра, то 1 метр внизу это зона охлаждения. 2 метра это рабочая зона сырья для пиролиза. Если цикл процесса пиролиза одной порции сырья высотой 0,5 метра занимает 1,5 часа, то 2 метра сырьевого цилиндра проходятся за 6 часов. Объём сырья в реакторе в форме цилиндра высотой 3 метра равен 1,2 м³. Вес материала в реакторе примерно 360 кг. Вертикальный столб сырья высотой 2 метра весит 240 кг.

Производительность установки определяется временем нагрева исходного материала в реакторе, которое зависит от высоты реактора. Определение стадии технологического процесса определяется визуально, по количеству отходящих пиролизных газов. Можно увеличить скорость процесса подав большее количество воздуха. Ограничителем скорости процесса является достижение стенкой реактора температуры 450*С. Температура отжига металла находится в пределах 600*С, процесс наблюдается визуально. При процессе отжига сгорает сажа, остающаяся на проволоке. По мере сгорания сажи происходит затухание пламени, что говорит об окончании процесса и необходимости проводить выгрузку готового материала.

Использование частотного преобразователя вытяжного вентилятора при загрузке исходного материала в установку позволяет обеспечить непрерывный режим работы. Этот преобразователь позволяет обеспечить нулевое значение давления на линии загрузки исходного материала, что приводит к отсутствию выброса пиролизного газа и обеспечивает отсутствие загазованности помещения.

Пиролизные газы, образующиеся в результате процесса, по отводной трубе поступают в конденсатор. Температура в конденсаторе

не превышает 100*С. Это обеспечивает конденсацию основной массы углеводородов. Те углеводороды, которые не конденсируются, через вытяжной вентилятор подаются в трубопровод возврата не сконденсировавшихся газов обратно в топку на дожигание. В случае отказа в работе вентилятора имеется аварийная вытяжная труба. Конденсат через имеющийся в нижней части конденсатора кран сливается в специальную ёмкость. Полученный конденсат может быть отправлен на переработку.

Ниже, в таблице, представлены результаты анализа физико-химических свойств пиролизного конденсата, полученного при эксплуатации установки, выполненного в сертифицированной лаборатории АО «СЖС Восток Лимитед».

Таблица – Физико-химические свойства пиролизного конденсата

Показатель	Метод	Результат	Ед.
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле	ГОСТ 6356	93	°С
Плотность при 15 °С	ISO 12185	969,4	кг/м ³
Плотность при 20 °С	ISO 12185	966,0	кг/м ³
S47 - Высшая (Gross) теплота сгорания	ГОСТ 21261	42240	кДж/кг
S47 - Низшая (Net) теплота сгорания	ГОСТ 21261	39900	кДж/кг
Метод определения наличия водорастворимых кислот и щелочей Водорастворимые кислоты и щелочи (индикатором)		отсутствие	---
Коксуемость (микрометодом)	ASTM D4530	3,99	% (масс./масс.)
Кинематическая вязкость при 20 °С	ГОСТ 33	88,07	мм ² /с
Содержание серы	ГОСТ Р 51947	0,801	% (масс./масс.)
Содержание сероводорода	ГОСТ 32505	<0,50	мг/кг

По результатам проведенных исследований (анализа) экологической безопасности опытного образца пиролизной установки, выполненного испытательной лабораторией ООО «Прогресс», установка соответствует СТО 32105203-002-2921 «Экологически безопасная продукция».

В целом, разработанная технология и выполненная установка характеризуются низким энергопотреблением, низкими капитальными затратами на ее создание, высокой мобильностью и всеядностью в отношении вариантов переработки сырья [1]. С помощью данной установки и технологии, путем ее незначительной модернизации и подбора оптимального режима эксплуатации, можно применять для утилизации различных отходов сложного компонентного состава (в том

числе твердых бытовых отходов) без операции сортировки с получением неорганических материалов, пригодных для повторного использования в хозяйственной деятельности. Также применение установки позволяет снизить выбросы углерода при альтернативном сжигании исходных отходов, пригодных для утилизации на предлагаемой установке способом пиролиза. Таким образом, предлагаемая установка является техническим средством (средством производства) таких современных направлений хозяйствования, как циклическая экономика и зеленые проекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суконкин С. Е. Современный экономически выгодный и экологически безопасный способ утилизации металлокорда. // Современные проблемы науки и образования. Сборник научных трудов. Политех-пресс, СПб, – 2025, с. 18–21.

УДК 665.775.5.038:665.334.94

М. В. Дуброва, аспирант,

А. О. Шрубок, канд. тех. наук, доц. (БГТУ, г. Минск);

А. И. Вилькоцкий, канд. тех. наук, ведущий инженер НИЛ керамических материалов и стекла (ГП «Институт НИИСМ», г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ, СОДЕРЖАЩИХ БИОКОМПОНЕНТЫ

Для улучшения низкотемпературных свойств нефтяного битума, повышения его устойчивости к воздействию температур и кислорода воздуха применяют различные пластификаторы [1]. Такой способ позволяет добиться лучшей совместимости полимерного модификатора с битумной матрицей, а также обеспечить требуемую пластичность и удобоукладываемость асфальтобетонной смеси.

Постепенное истощение запасов нефти, ухудшение ее качества обуславливает рост исследований, направленных на применение возобновляемого растительного сырья в производстве органических вяжущих. Технические растительные масла хорошо совместимы с битумами и могут выступать в качестве пластифицирующих добавок, улучшая их пластичные и адгезионные свойства и повышая термоокислительную стабильность вяжущих. Существующие исследования [2] показали, что применение растительных масел в качестве компонентов вяжущих обеспечивает снижение затрат на производство асфальтобетонной смеси за счет уменьшения температуры укладки и энергопотребления. В ходе ранее проведенных исследований [3, 4] в