

УДК 628.4.002.2

ТЕРМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МЯГКОЙ КРОВЛИ

*Савчин В.В., Ложечник А.В., Хведчин И.В.,**Грушевский В.В., Никончук А.Н.**Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси*

Растущее количество отходов и нехватка средств для их переработки характерны для многих городов. Отходы разного рода, в том числе городского хозяйства и стройиндустрии, как правило, вывозятся на стихийные свалки, что негативно влияет на экологическую обстановку. Период разложения некоторых отходов, например битумосодержащих, в том числе отслужившей свой срок мягкой кровли достаточно велик. При этом крайне тяжело получить разрешение на их захоронение и стоимость этих услуг высока.

В настоящее время на рынке предлагается большой ассортимент разнообразных современных кровельных и гидроизоляционных материалов, отличающихся высокими качественными характеристиками, тем не менее при устройстве мягкой кровли часто используется рубероид или рубемаст. Однако под действием времени и агрессивных сред верхний слой любой рулонной мягкой кровли довольно быстро приходит в негодность. Не более чем через 2–3 года эксплуатации такого покрытия появляется необходимость проведения текущего наслаивающего ремонта — на старое покрытие укладывается новый слой рулонного материала. Количество слоев старого кровельного «пирога» достигает 15–20, а это огромная нагрузка. С течением времени производится капитальный ремонт данной кровли, при этом старое покрытие полностью убирается, сбрасывается с кровли и превращается в никому ненужный отход, загрязняющий окружающую среду. Зачастую свалки использованного кровельного покрытия возникают около жилых домов, на пустырях, в лесах, создавая пожароопасную ситуацию и серьезную экологическую проблему.

Мягкий кровельный материал, которым покрывают крыши многоэтажек, разлагается более длительное время, чем полиэтилен. При из-

готовлении современных кровельных материалов битум обогащают полимерами до 16–20 %. Переработанный битум не нуждается в обогащении, поэтому его себестоимость примерно в 1,5–2 раза ниже. Такой битум дешевле получаемого при переработке нефти — 65–70 % от объема вторсырья превращается в битум и битумную мастику, остаток составляет 15–30 %.

В связи с этим исследование процессов термической и термокаталитической деструкции полимерных материалов и разработка высокоэффективных промышленных способов переработки отходов полимерных материалов является весьма актуальной задачей.

Анализ исходного материала. На рис. 1 представлена дериватограмма образца мягкой кровли в инертной среде (аргоне). Дериватограмма наглядно показывает два основных этапа термолитической деструкции исходного материала, проходящие при характерных температурах 450 и 790 °С. На первом этапе (характерная температура 450 °С) теряется около 46 % массы исходного материала и происходит основной выход летучих соединений. На втором этапе (характерная температура 790 °С) теряется 14–18 % массы исходного материала и происходит деструкция тяжелых углеводородов. Коксозольный остаток составляет 35–37% от исходной массы материала.

Экспериментальные исследования. Для проведения исследований на установке с фильтрующим слоем [1] использовался материал мягкой кровли, измельченный до размеров 5×5×2 мм. Температура в реакторе (печь № 1) изменялась от 400 до 500 °С (рис. 2). В качестве транспортирующего газа использовался азот.

Собранные в конденсаторе жидкие продукты исследовались методом хромато-масс-спектрометрии.

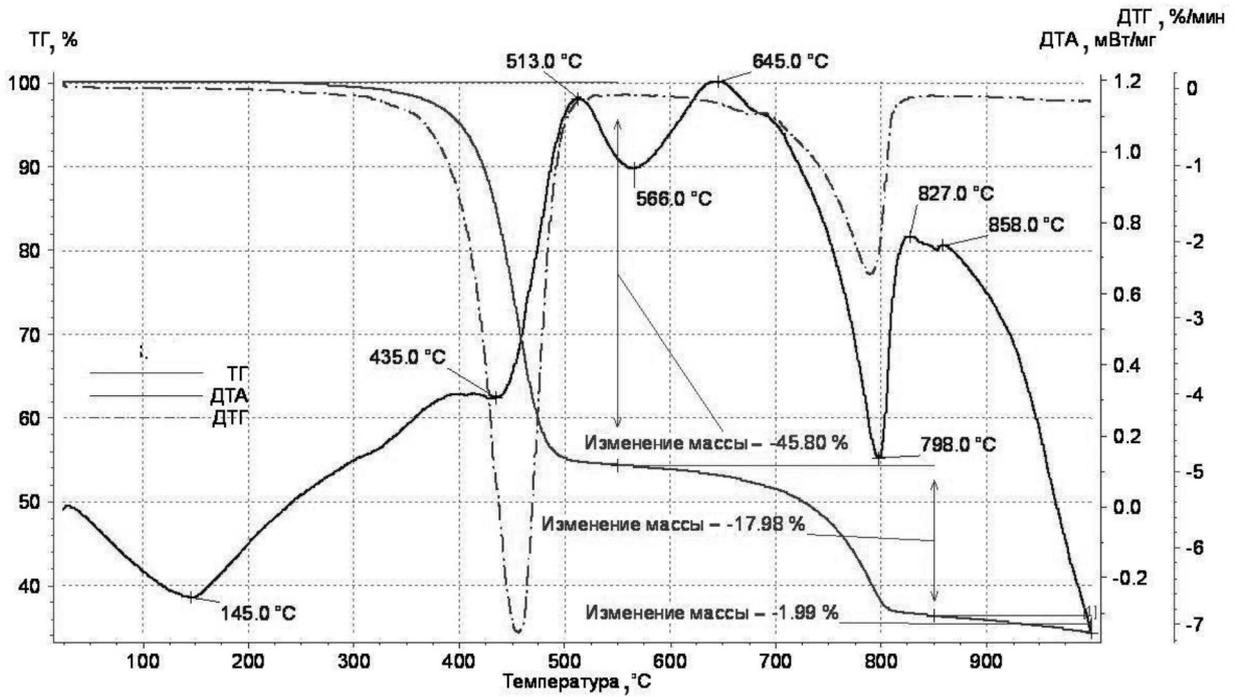


Рис. 1. Дериваторграмма в среде аргона образца мягкой кровли

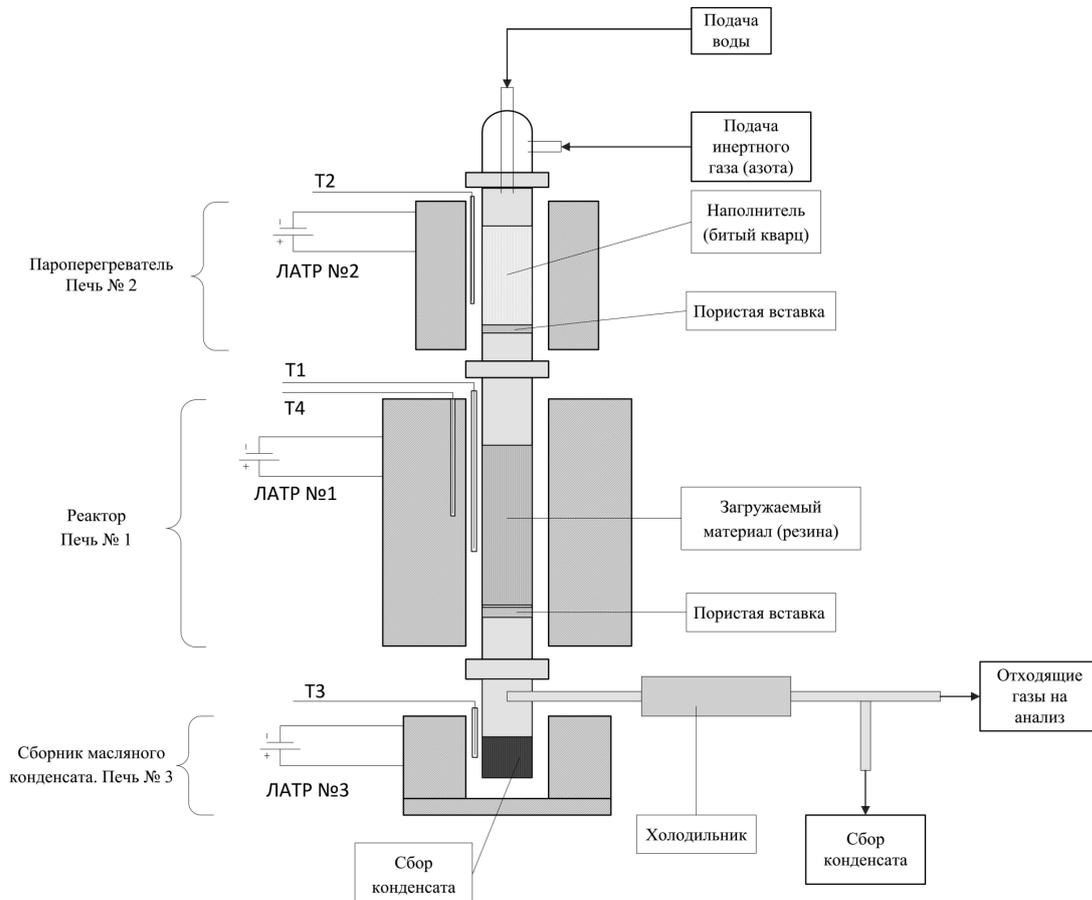


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

По результатам экспериментов можно сделать вывод, согласно которому битумная часть рубероида выплавляется и удаляется из зоны реактора до начала пиролизических процессов, что позволяет считать этот материал малопригодным для переработки в неподвижном фильтрующем слое.

Проведена серия экспериментов по переработке материала мягкой кровли в шнековом термолизном реакторе [2]. В качестве исходного сырья использовались отходы мягкой кровли, измельченные до размеров 5×5×5 мм.

Эксперименты проводились при температуре в реакторе 400–600 °С в среде азота и смеси азота с водяным паром (рис. 3).

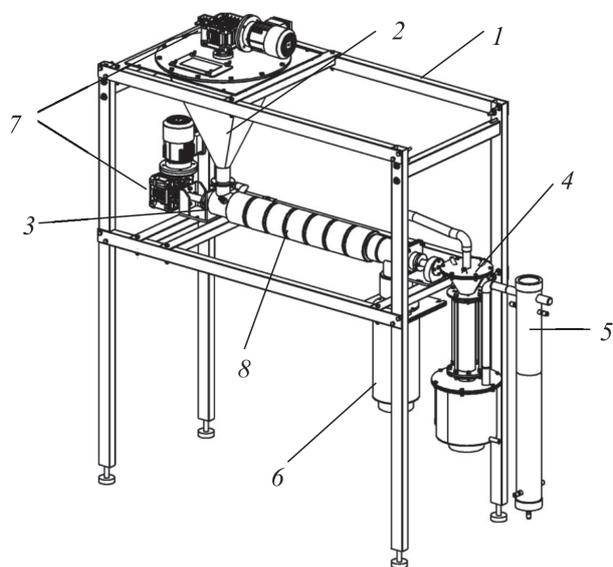


Рис. 3. Схема установки:

1 — опорный каркас; 2 — дозатор; 3 — шнековый реактор; 4 — конденсатор №1; 5 — конденсатор №2; 6 — бак углерода; 7 — мотор-редуктор; 8 — электрические нагреватели

В процессе переработки органическая часть под воздействием высоких температур разлагается и переходит в газообразное состояние. Минеральная часть собирается в баке на выходе из реактора.

Продукты переработки. С химической точки зрения полученные материалы характеризуются следующим составом: 20–30 % — асфальтены; 30–40 % — смолы; 20–30 % — масла. Температура размягчения природных битумов — 50 °С, для искусственных — 40 °С.

В конденсаторе № 1 собираются органические вещества с температурой кипения более 100 °С. На рис. 4, а представлен образец материала из

конденсатора № 1. По составу это вязкое маслянистое вещество темно-коричневого цвета с резким запахом. В конденсаторе № 2 собираются летучие органические вещества. Это жидкость светло-коричневого или рыжего цвета (рис. 4, б) с резким запахом.

Наблюдается интенсивный унос части жидкой фракции в виде мелкодисперсных аэрозолей («туман») вместе со смесью транспортирующего, термолизного газа и его неконденсирующейся части. Для предотвращения этого процесса требуется применение специальных методов улавливания мелкодисперсных аэрозолей.

Выполнен анализ химического состава отобранных образцов на хромато-масс-спектрометре Agilent. Далее приведены некоторые основные результаты качественного анализа проб, отобранных на различных стадиях переработки.

В хромато-масс-спектре выделяются две области:

А — до $RT \sim 12$ с почти горизонтальной фоновой линией и неплохим разделением компонентов смеси; **Б** — труднолетучая часть с максимумом огибающей при $RT \sim 25$.

Соотношение частей **А:Б** $\sim 60:40$. По химической природе достоверно идентифицируемые вещества фракций **А** и **Б** принципиально различны. Если в части **А** основной вклад в спектр вносят замещенные бензолы и фенолы (толуол, ксилол, три-тетраметил бензол, крезол и др.), то в части **Б** — высшие парафиновые и олефиновые углеводороды вплоть до C_{20} (тетра-, пента- и гексадекан, эйкозан и др.).

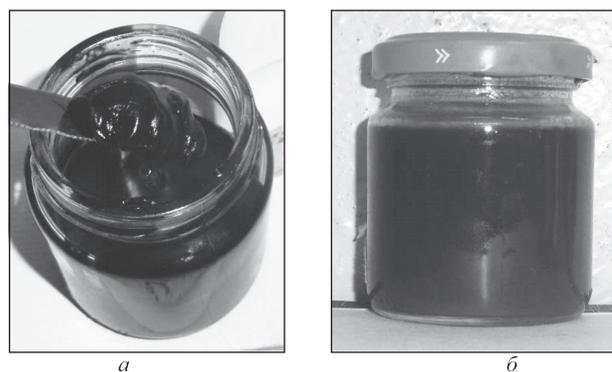


Рис. 4. Пробы из конденсатора № 1 (а) и №2 (б)

Выводы. Отходы мягкой кровли могут быть деструктурированы методом термолиза в бескислородной среде с получением углеводородных продуктов более легкой фракции (в основном замещенные бензолы и фенолы) — 45–48 % и более тяжелой фракции (в основном парафиновые

и олефиновые углеводороды) — 14–18 %, а также коксозольного остатка — 35–37 %, который на 75–80 % состоит из минеральных неорганических соединений.

Результаты проведенных экспериментов показали возможность регенерировать часть отходов путем мягкотермической паровой переработки, однако следует иметь в виду, что товарные битумы содержат известное количество неплавких асфальтенов, от содержания которых зависит температура размягчения мягкой кровли. В режиме отгонки с паром асфальтены частично деструктурируются, и получаемый регенерат может служить лишь полупродуктом (на уровне мягких нефтепегонных битумов) для получения кровельного материала.

В коксозольном остатке содержится до 80 % минеральных неорганических соединений, и требуется дальнейшая переработка с целью удаления остаточного углерода, например, методом сверхадиабатического фильтрационного горения.

Испытанные технические решения термолитического реактора — с неподвижным фильтрующим слоем и шнековой системой перемещения материала через внутренний объем реактора — недостаточно эффективны из-за слипания исходного материала, что значительно снижает производительность. Для дальнейших исследований предполагается новая конструкция реактора с ленточной системой транспортировки перерабатываемого материала по типу подвижных колосниковых решеток.

Список используемых источников

1. Паротермолиз резинотехнических отходов с получением энергоэффективного материала / Ложечник А.В. [и др.] // Промышленная экология: тез. докл. науч.-тех. конф., Минск, сентябрь 2012 г. / БНТУ. – Минск, 2012. – С. 40.
2. Шнековый реактор для термолитического разложения резиновых отходов / Ложечник А.В. [и др.] // Тепло- и массообмен – 2012: сб. науч. тр. / Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси. – Минск, 2013. – С. 196–199.

УДК 536.246.2

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ

Г. И. Журавский, О. Г. Мартинов, Д. Э. Полесский, Н. С. Шаранда
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

Анализируя развитие технологий термолитической переработки органических материалов и результаты практического использования оборудования для получения топлив из различных видов отходов, можно сделать вывод о том, что в настоящее время данные технологии достигли высокого уровня совершенства и позволяют подвергать термической переработке практически все виды

органических отходов, включая и смешанные отходы, содержащие органические и неорганические составляющие [1–5].

Сложилось три направления развития термолитических технологий переработки органических материалов, определяющиеся выбором теплоносителя (газообразный, жидкий, твердый) для осуществления процесса термического разложе-