

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

*Г.И. Журавский*

*Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси*

Современные тенденции развития технологий переработки отходов заключаются, в первую очередь, не только в их утилизации, но и в получении из них сырьевых и топливных ресурсов, а также в осуществлении возврата отходов в производство той же продукции, в результате эксплуатации которой они образовались.

Анализируя сложившуюся ситуацию и рассматривая тенденции развития технологий утилизации резинотехнических отходов, можно сделать вывод о том, что наиболее широко применяются термические методы, при которых происходит полное разрушение каучукового вещества (сжигание отходов в специальных энергетических установках, пиролиз, газификация).

Резина имеет теплотворную способность около 36 МДж/кг, что превосходит уголь и несколько уступает нефти. Сжигание отходов используется во многих странах, несмотря на то, что это экономически и экологически наименее выгодный процесс. Известны промышленные установки для сжигания изношенных шин, работающие в США, Германии, Великобритании, Швейцарии и др.

Определенное развитие получили и технологии сжигания использованных автомобильных шин в цементных печах. Однако данная практика не прижилась. К примеру, опыт Японии показал, что применение сжигания шин в цементной промышленности позволяет экономить лишь 1–2 % топлива и загрязняет окружающую среду продуктами сгорания. При этом установлено, что для сжигания в цементных печах непригодны грузовые и автобусные шины из-за большого содержания в них стали и затекания воздуха в печь во время загрузки отходов, в результате чего горение становится прерывистым и нарушается баланс между температурой в печи и температурой воздушного потока.

В последние годы использование технологий сжигания изношенных шин сворачивается по ряду технических, экономических и, особенно, экологических проблем. Также сжигание шин энергетически неперспективно, так как, например, для изготовления легкой шины требуется энергия, содержащаяся в 35 л нефти, а при ее сжигании возвращается энергия, эквивалентная лишь 8 л нефти.

По сравнению со сжиганием нефтяных топлив, использование изношенных резиновых изделий в качестве топлива характеризуется более высоким уровнем загрязнения окружающей среды газами от горения. Особенно затрудняет очистку газов высокое содержание серы в резине (до 2 %). Нелетучая зола в продуктах сгорания шин, состоящая из соединений титана, окислов кремния, цинка отрицательно влияет на коэффициент полезного действия паровых котлов, так как осаждаясь, загрязняет трубки теплообменников.

Необходимость повышения экологической безопасности и эффективности получения энергии из отходов требует перехода от прямого сжигания к более совершенным технологиям, позволяющим получать топливно-энергетические и вторичные сырьевые ресурсы. В связи с этим во многих странах мира активно разрабатываются пиролизные технологии переработки резинотехнических отходов.

Но следует отметить, что практически все технологии пиролиза страдают наличием большого количества диоксинов в рабочей камере. Наибольшее их количество образуется при попадании кислорода в моменты загрузки очередной партии автошин и выгрузки углеродного продукта.

На протяжении ряда последних лет в Институте тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси разрабатывается технология тер-

мической переработки широкого спектра твердых органических отходов. Найдены новые технические решения, позволяющие «нейтрализовать» агрессивную среду в реакторе путем подачи водяного пара на стадии термической деструкции отходов и тем самым предотвратить протекание вторичных реакций между продуктами разложения, приводящих к образованию токсичных соединений [1, 2].

В результате проведения комплекса исследований обоснована концепция «парового термолиза», то есть использования водяного пара в качестве эффективного теплоносителя и инертной среды с целью получения ценных конечных продуктов. Данные продукты могут быть сертифицированы как топлива и добавки к ним, а также сырьевые материалы и компоненты для получения технического углерода и других видов продукции (активированные угли, битумы, мастики, пигменты для производства красителей, наполнители для полимерных материалов и др.).

Институтом разработано термолизное оборудование как стационарного, так и мобильного исполнения.

С целью получения жидкого топлива, используемого для выработки тепловой энергии на различных теплоэнергетических установках, разработана и изготовлена мобильная установка УТПО-1 для переработки использованных автомобильных шин (фото на обложке). Производительность оборудования 200 кг/ч по перерабатываемым отходам.

Экологические показатели установки УТПО-1 соответствуют нормативным требованиям Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины и Франции, где были проведены испытания технологии и оборудования с привлечением компаний, проводящих экспертизу в области охраны окружающей среды.

В качестве оборудования стационарного исполнения, созданного в Институте и поставленного заказчику под «ключ», можно отметить действующую промышленную установку шнекового типа (фото на обложке), смонтированную на одном из предприятий Тайваня для переработки измельченных шин. Производительность оборудования около 1 т/ч по перерабатываемому материалу. Основным продуктом переработки является технический углерод, используемый в качестве наполнителя при производстве различных полимерных изделий.

Одним из путей практического применения получаемого при термолизе резинотехнических отходов твердого углеродного продукта является использование его в качестве адсорбционных материалов при очистке различных сред. Так, например, Институтом разработаны, утверждены и зарегистрированы в Государственном реестре Республики Беларусь технические условия ТУ ВУ 100029077.29-2008 «Уголь активный осветляющий порошкообразный», подтверждающие возможность использования данного продукта в качестве адсорбента при очистке сточных вод промышленных предприятий.

В рамках Государственной программы освоения в производстве новых и высоких технологий (Республика Беларусь) Институтом выполнены работы по созданию конструкторско-технологической документации на мобильную установку УТПО-500 (рис. 1), позволяющую перерабатывать изношенные шины с получением композитного жидкого топлива (КЖТ) — смесь жидкого углеводородного и твердого углеродного продуктов термолиза отходов.

По теплоте сгорания, содержанию серы, влаги, вязкости и температуре вспышки данное топливо соответствует (близко) мазутам М40 и М100, а сравнение его теплотворной способности с аналогичным показателем природного газа показывает, что 1000 кг КЖТ эквивалентно 1146 м<sup>3</sup> природного газа.

В рамках реализации контракта с Научно-технологическим центром им. Короля Абдулазиза (Королевство Саудовская Аравия) создана и поставлена в 2011 г. установка для переработки резиновых и пластмассовых отходов (рис. 2). Данное оборудование может использоваться также для переработки нефтяных отходов.

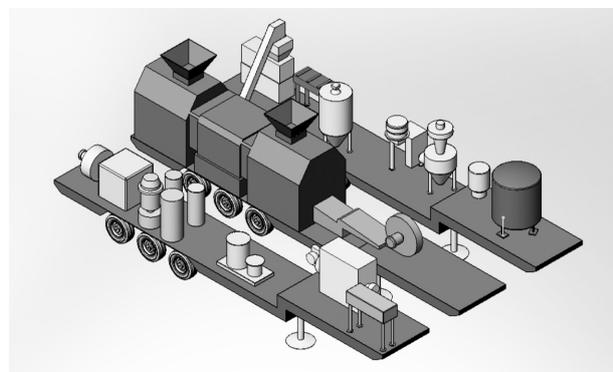


Рис. 1. Мобильная установка УТПО-500 для получения композитного жидкого топлива

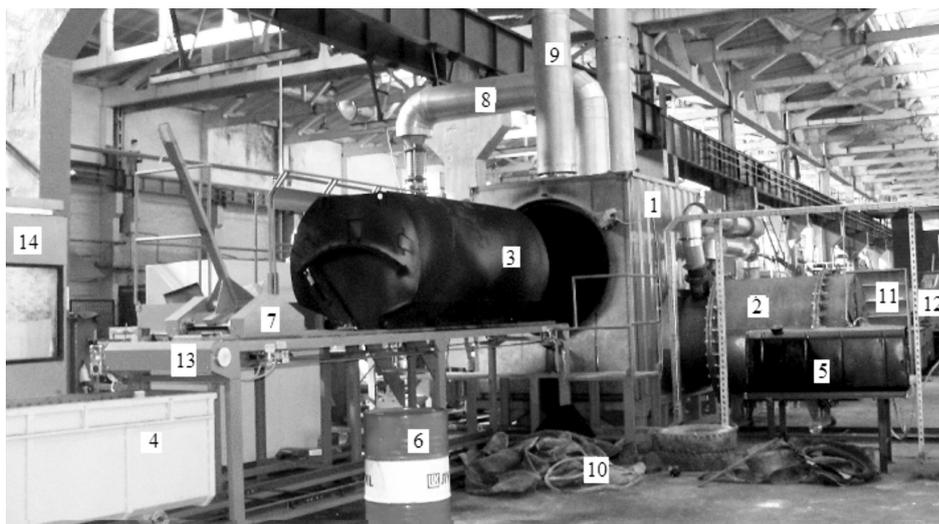


Рис. 2. Оборудование для переработки органических отходов:

1 — камера термоллиза; 2 — топка; 3 — контейнер для подачи отходов в камеру термоллиза; 4 — контейнер для твердых продуктов термоллиза; 5 — емкость для топлива; 6 — емкость для жидких продуктов термоллиза; 7 — устройство подачи контейнера в камеру термоллиза; 8 — трубопровод вывода продуктов термоллиза в систему конденсации; 9 — дымовая труба; 10 — отходы; 11 — калориферы (система охлаждения); 12 — парогенератор; 13 — эстакада; 14 — пульт управления

В последние годы в мире интенсивно проводятся работы, направленные на создание процессов и оборудования, которые обеспечили бы возможность возврата продуктов термического разложения резиновых отходов (твердых и жидких) в резинотехническую промышленность в качестве заменителей высокосортного технического углерода, пластификаторов, наполнителей и других дорогостоящих ингредиентов резиновых смесей.

Для оценки возможности применения жидких продуктов термоллиза резиновых отходов, в качестве сырья для получения высокосортного технического углерода в Институте проведен комплекс работ по анализу жидкой фракции термоллиза изношенных шин и на основании данного анализа произведена оценка качества данной фракции.

Установлено, что в состав исходной жидкой фракции термоллиза резинотехнических отходов входят масла (74,31 %), смолы (8,8 %), асфальтены 1,8 %, парафин 2,31 %, а коксумость исходной составляет 0,7 % при допустимых 1,5. На основании этого можно сделать вывод, что по компонентному составу (низкое содержание смол и парафина), коксумости, содержанию серы (0,75 % при допустимых 2,5 %) и содержанию воды (0,12 % при допустимых 1–1,5 %) исходная жидкая фракция может рассматриваться как потенциальное сырье для получения технического углерода. Для получения из жидкой фракции качественного сырья, которое может быть исполь-

зовано при производстве технического углерода необходимо произвести разделение исходной фракции на составляющие.

Рассмотрен вариант разделения исходной жидкой фракции на две составляющие: легкую фракцию с температурой кипения до 200 °С и тяжелую фракцию с температурой кипения в интервале 200–400 °С

Количество легкой фракции, которая представляет собой аналог бензина, достигает величины 12,78 %. Данная фракция, в первую очередь, может использоваться для получения моторных топлив. Расчеты показывают, что содержание водорода в тяжелой фракции снижается в сравнении с исходной жидкостью и составляет 9,37 %, а содержание углерода повышается до величины 88,98 %.

Таким образом, тяжелая фракция (диапазон кипения 200–400 °С) жидких продуктов термоллиза изношенных шин по основным показателям удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качественному жидкому сырью для производства технического углерода печным способом.

В процессе разработки технологии парового термоллиза на ряд новых технических решений выданы охранные документы: патенты на изобретения Республики Беларусь: № 862, 1012 и 5430; патенты Российской Федерации: № 2247025, 2245247; патент Казахстана № 4974; патенты США № 5771821 и 5780518.

В 2009 г. Институтом продана лицензия на право использования ноу-хау (информация о технологии переработки изношенных шин методом парового термоллиза и о конструкции оборудования, реализующего данную технологию) одной крупной компании по переработке резинотехнических отходов (Франция).

За разработку технологии и оборудования для переработки органических отходов Институт награжден золотой медалью VI Московского международного салона инноваций и инвестиций (г. Москва, 7–10 февраля 2006 г.).

Данная технология была номинирована на соискание премии «Blue Sky» (проводится ЮНИДО и Международным центром содействия технологиям в целях устойчивого развития) и отобрана в состав лучших проектов, характеризующихся как по новизне, так и по осуществимости предлагаемых технических решений.

С целью определения экологических показателей технологии парового термоллиза органических отходов были выполнены экспериментальные исследования выбросов при переработке изношенных шин и композиционных материалов на основе углерода и полимерных связующих.

Исследования проводились на территории компании «AIRBUS» (г. Тулуза, Франция), куда

была доставлена мобильная установка УТПО-1. Отбор проб выбросов и их исследования выполняла фирма «NORISKO» (Франция), имеющая соответствующее оборудование и необходимые международные сертификаты для проведения подобного рода исследований. Технологический процесс включал паровой термоллиз и сжигание газообразных продуктов разложения отходов.

Специалисты ИТМО им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси участвовали в проведении исследований (рис. 3), обеспечивая работу оборудования и контроль технологических параметров процесса термоллиза отходов.

Анализ экспериментальных данных показывает, что по всем исследованным показателям технологический процесс удовлетворяет требованиям охраны окружающей среды. Особенно необходимо отметить, что процесс соответствует международным нормативам по выбросам диоксинов.

В настоящее время Институтом тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси выполняются работы в рамках международных договоров с компаниями из Российской Федерации и Франции по созданию оборудования для термоллизной переработки использованных автомобильных шин с получением различных сырьевых и топливно-энергетических ресурсов.



Рис. 3. Мобильная установка УТПО-1 и сотрудники Института на территории компании «AIRBUS» (г. Тулуза, Франция).

### Литература

1. Паровой термоллиз органических отходов / Д.В. Аристархов [и др.]; под ред. акад. О.Г. Мартыненко. — Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова, 2001. — 135 с.
2. Технологии и оборудование для переработки резинотехнических отходов / Г.И. Журавский [и др.] // Экология и промышленность России, апрель 2012. — С.4–7.