



УДК 629.3.027.5.002.8:628.475.4

Ю.А. НОВИЧКОВ, аспирант, **А.А. СЕРДЮК**, д.х.н., профессор, заведующий кафедрой,

С.И. ПАДАЛКО, старший преподаватель, **В.В. ХАЗИПОВА**, к.т.н., доцент

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка, Донецкая обл.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА

Разработана технология комплексной утилизации отработанных автомобильных шин методом пиролиза. Произведен расчет уровня загрязнения атмосферы с целью оценки влияния вредных промышленных выбросов на окружающую среду. Проведена научно обоснованная экологическая оценка технологии переработки автомобильных шин методом пиролиза, которая удовлетворяет требованиям экологического законодательства.

пиролиз, шина, вредные вещества, выбросы, атмосферный воздух, санитарно-защитная зона, экологическая оценка

Динамичный рост парка автомобилей во всех развитых странах приводит к постоянному накоплению изношенных автомобильных шин. По данным Европейской Ассоциации по вторичной переработке шин (ЕТРА), в Европе ежегодно образуется около 2,6 млн т амортизированных автомобильных шин. Большая часть утилизируемых шин (20 %) используется как топливо.

По прогнозам Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), объем твердых отходов к 2025 г. возрастет в 4–5 раз. Общемировые запасы изношенных автошин оцениваются в 25 млн т при ежегодном приросте не менее 7 млн т. Ежегодно в США накапливается более 280 млн использованных автопокрышек, а их общее количество на 2008 г. уже превысило два миллиарда штук [1]. В мире из этого количества только 23 % использованных покрышек находят применение (экспорт в другие страны, сжигание с целью получения энергии, механическое размельчение для покрытия дорог и др.), остальные 77 % – никак не утилизируются ввиду отсутствия рентабельного способа утилизации. В СНГ

ежегодный объем выбрасываемых автошин определяется цифрой более 1 млн т.

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды. Выброшенные на свалки или зарытые в землю шины разлагаются в естественных условиях не менее 100 лет. Контакт шин с дождевыми осадками и грунтовыми водами сопровождается вымыванием ряда токсичных органических соединений: дифениламина, дибутилфталата, фенантрена и т.д. Все эти соединения попадают в почву. Шины огнеопасны и, в случае возгорания, погасить их достаточно сложно. При складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат источником инфекционных заболеваний.

Резина, являющаяся высокомолекулярным материалом, относится к термореактивным полимерам, которые (в отличие от термопластичных) не могут перерабатываться при высокой температуре, что создает серьезные проблемы при вторичном использовании резиновых от-

ходов. Руководствуясь сведениями ETRA (Европейская ассоциация переработчиков шин), Европейский Союз принял решение запретить с 2003 г. захоронение целых шин, а с 2006 г. – шин, разрезанных на куски. Многие развитые страны готовы оплачивать сам факт утилизации автомобильных покрышек из расчета: 150–200 EUR за тонну. Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью. За последние 10 лет в мире накоплен большой научно-технический опыт в области переработки изношенных шин с металлическим кордом и изучены рынки сбыта продуктов переработки шин. Наиболее распространенными методами утилизации резиновых шин являются способы их сжигания и пиролиз. При сгорании шин образуются химические соединения, которые, попадая в атмосферный воздух, становятся источником повышенной опасности для человека, – бифенил, антрацен, флуорентан, пирен, бенз(а)пирен. Бифенил и бенз(а)пирен относятся к сильнейшим канцерогенам, в связи с этим, не случайно, Совет Европы 2 апреля 1999 г. принял специальную Директиву «О свалках», которой с 2003 г. ввел запрет на их сжигание.

Разработанная нами технология утилизации изношенных автомобильных шин на основе способа низкотемпературного пиролиза – термического процесса, который превращает использованные шины в синтетическую нефть, газ, сталь и пиролизный углерод – позволяет каждый из этих продуктов довести до товарного вида и извлечь значительные доходы [2, 3].

Основным направлением работы стали продукты низкотемпературного пиролиза, которые накопились на сегодняшний день в достаточно больших количествах по причине отсутствия желаемого на них спроса ввиду низкого качества. Поэтому, основная задача – разработка не собственно пиролизной установки, поскольку их существует достаточно большое количество, а технологической линии, которая позволит создать комплекс по переработке изношенных шин, способный выпустить на рынок конкурентоспособные вторичные продукты. Нами проведены расчеты материального баланса комплекса (табл. 1), уточняются технико-экономические показатели. В той вариации технологического комплекса, параметры которого приведены в табл. 1, по предложению заказчика дополнительно предусмотрена утили-

зация отработанных технических масел. Для удобства восприятия табличные данные приведены для наиболее распространенного низкотемпературного пиролизного реактора периодического действия производительностью 1 т изношенных автомобильных шин в сутки. Что касается конкретной производительности всего комплекса и вида основных конечных продуктов, то они напрямую зависят от типа существующего пиролизного реактора заказчика и продуктов утилизации. Технология носит замкнутый характер и использует в своей работе химический метод очистки.

Таблица 1 – Основные показатели материального баланса технологического комплекса по переработке изношенных автомобильных шин, рассчитанные для пиролизного реактора периодического действия производительностью 1 т/сутки

Параметр	Единица измерения	Показатель
Производительность пиролизного реактора	т/сут	1
Объем утилизируемого технического масла	т/сут	1,04
Объем получаемого пиролизного углерода	т/сут	0,25
Объем получаемого растворителя	т/сут	0,101
Объем получаемого печного топлива	т/сут	1,3
Объем получаемого металлолома	т/сут	0,08

Как видно из табл. 1, помимо утилизации изношенных автомобильных шин, комплекс позволяет утилизировать отработанные технические масла и получать на выходе такие продукты, как печное топливо, пиролизный углерод-аналог П-803, растворитель для лакокрасочной промышленности и металлолом. Разработанный комплекс по утилизации автомобильных шин является предметом ноу-хау и схематически изображен на рис. 1.

С целью определения характера и степени потенциального воздействия предлагаемой технологии на состояние окружающей среды в соответствии с требованиями действующего экологического законодательства следовало провести предварительную оценку ожидаемых экологических последствий. В данной работе оценивалось воздействие установки пиролиза на состояние атмосферного воздуха как основного приемника техногенных нагрузок, связанных с переработкой резиновых шин.

Процедура оценки включала следующую последовательность действий:

1. Установление соответствия между технологическими этапами процесса пиролиза и источниками эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу.



2. Определение технических параметров источников отведения (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух (высота, диаметр или размеры устья, скорость, расход и температура газовой смеси на выходе).

3. Определение номенклатуры (перечня) загрязняющих веществ, образующихся на каждом этапе технологического процесса.



Рисунок 1 – Схема комплекса утилизации изношенных автомобильных шин

Расчет мощностей выбросов загрязняющих веществ (г/с и т/год) по каждому источнику.

Физико-математическое моделирование процессов рассеивания воздушных примесей над подстилающей поверхностью с применением компьютерной техники.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Технические характеристики источников выбросов загрязнителей атмосферного воздуха были определены с учетом конструктивных особенностей предложенной нами установки низкотемпературного пиролиза.

Номенклатура образующихся загрязняющих веществ была определена на основании анализа физико-химических процессов, происходящих во время пиролиза. При этом было установлено, что ассортимент этих веществ не очень велик: окислы азота, оксид углерода, ртуть на стадии разогрева реактора пиролиза и вывода его на нормальный режим эксплуатации; углеводороды, образующиеся при хранении синтетической нефти в резервуаре хранения; пыль в процессе выгрузки пиролизного углерода из реактора. Мощности выбросов были получены расчетным путем на основании использования методики определения удельных показателей выбросов по аналогии с коксохимическим производством [4]. Количественные и качественные характеристики источников выбросов загрязняющих веществ представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры источников выбросов загрязняющих веществ, количественные и качественные характеристики источников образования загрязняющих веществ

Наименование источника выброса	Параметры источника выброса		Характеристики газовой смеси			Наименование загрязняющего вещества	Мощность выброса		Класс опасности производства (технологического процесса)
	Высота, м	Диаметр, м	V, м³/с	W _с , м/с	T, °C		г/с	т/год	
Реактор	2,0	0,25	0,075	1,53	200	NO _x	0,0156	0,14	2
						CO	0,026	0,24	
						CO ₂	4,022	36,92	
						Hg	3,6×10 ⁻⁶	3,3×10 ⁻⁵	
						CH ₄	0,001	0,0009	
Выдача пиролизного углерода из реактора	1,0	0,8×0,8	0,75	1,49	550	N ₂ O	0,00021	0,0019	2
						CO	0,00139	0,64×10 ⁻³	
						NO _x	0,00139	0,64×10 ⁻³	
						CH ₄	0,000543	0,25×10 ⁻³	
Дыхательный клапан емкости хранения пиролизной жидкости	1,0	0,05	0,003	1,53	28	CO ₂	0,64×10 ⁻³	0,64×10 ⁻³	2
Люк слива жидкой фракции из емкости хранения пиролизной жидкости	1,0	0,5	0,3	1,53	28	Углеводороды предельные C ₁₂ – C ₁₉ (2754)	2,6×10 ⁻⁸	5,6×10 ⁻⁸	
Дробление пиролизного углерода	1,0	0,5	0,3	1,53	28	Углеводороды предельные C ₁₂ – C ₁₉ (2754)	3,1×10 ⁻⁸	8,9×10 ⁻¹⁰	2
						Пыль	0,042	313,344	

Следует заметить, что все источники выбросов являются неорганизованными. С целью обеспечения возможности ввода характеристик источников в базу данных расчетной компьютерной программы потребовалось искусственно задать им значения параметров, характерные для неорганизованных источников. В частности, диаметры устьев и расходы газовой смеси были смоделированы таким образом, чтобы скорости выхода струи из источников имели небольшие значения, создающие неблагоприятные условия для рассеивания примесей.

Расчеты уровней загрязнения в приземном слое атмосферы выполнялись с применением компьютерного программного комплекса «ЭОЛ+», рекомендованного к использованию Министерством охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности Украины от 15.05.1996 г. Данный программный комплекс реализует теоретические подходы и практические указания, изложенные в документе [5].

По существующей практике, экологическая оценка промышленных предприятий или отдельных производств как источников загрязнения атмосферного воздуха базируется на анализе приземных концентраций загрязняющих вредных веществ, оцениваемых по кратности превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и за ее пределами.

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы проводились для расчетного прямоугольника размером 1000x1000 м с шагом 50 м. Выбор таких параметров расчета был продиктован, прежде всего, тем, что СЗЗ для подобного рода производств должна составлять 500 м, т.е., по сути дела, круг диаметром 1000 м.

Для расчета приземных концентраций также учитывались дополнительные данные, характеризующие особенности местных физико-географических и климатических условий, в частности условий г. Харькова (ввиду

проведения работ по хозяйственной тематике с заказчиком из данного региона), а именно:

- коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, принят равным 180;
- средняя многолетняя температура наружного воздуха в 13 часов дня самого жаркого месяца года составляет +28 °С;
- коэффициенты, учитывающие скорости оседания примесей на подстилающую поверхность: $F = 3$ для пыли и $F = 1$ для газов и мелкодисперсных аэрозолей;
- коэффициент рельефа подстилающей поверхности принят равным 1 (как для ровной, слабо пересеченной местности).

Перебор скоростей ветра осуществлялся из набора абсолютных значений: 0,5; 3; 5; 7; 10 м/с и набора долей средневзвешенных скоростей: 0,5; 1; 1,5.

Результаты расчетов рассеивания представлены в табл. 3.

Как следует из данных табл. 3, максимально возможные концентрации всех веществ достигаются на расстояниях, близких к источникам выбросов и лежащих в интервале значений от 5,7 м до 32 м. Превышение величин ПДК (максимально разовых) в точках максимума концентраций наблюдается лишь по трем веществам – диоксиду азота, пыли неорганической и предельным углеводородам. Убывание повышенных концентраций до уровня 1 ПДК происходит на расстояниях от 63 до 101 м, т.е. практически в радиусе 100 м от установки пиролиза уже полностью соблюдаются санитарно-гигиенические нормы относительно качества атмосферного воздуха. Это означает, что еще на территории промплощадки уровень загрязнения атмосферного воздуха соответствует нормативным значениям.

На границе СЗЗ расчетные значения основных загрязняющих веществ составляют: окислы азота (по NO_2) –

Таблица 3 – Перечень источников выбросов и их расчетные характеристики загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха

Наименование загрязняющего вещества	Код вещества	Максимально возможная концентрация, См		Опасная скорость ветра, м/с	Опасное расстояние от источника, м	Расстояние достижения 1 ПДК, м
		в мг/м ³	в долях ПДК			
Азота диоксид	301	0,3677	4,326	1,21	15,15	83
Оксид углерода	337	0,6129	0,123	1,21	15,15	См<1 ПДК
Азота диоксид	301	0,0091	0,107	3,8	32,03	83
Оксид углерода	337	0,0091	0,0018	3,8	32,03	См<1 ПДК
Метан	410	0,0036	0,000072	3,8	32,03	См<1 ПДК
Углеводороды предельные	2754	8,358	8,358	0,5	11,4	101
Углеводороды предельные	2754	9,965	9,965	0,5	11,4	101
Пыль неорганич.	2909	4,050	8,1	0,5	5,7	63



0,06 долей ПДК, оксид углерода (СО) – 0,0017 ПДК, пыль неорганическая – 0,02 ПДК.

Таким образом, на границе санитарно-защитной зоны и за ее пределами концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на несколько порядков ниже предельно допустимых. Вещества, которые не указаны в табл. 3, например, парниковые газы (CO_2 , CH_4 , N_2O), предельные углеводороды (C_{12} – C_{10}), ртуть (Hg), которая выделяется на первоначальном этапе розжига реактора при сгорании природного газа, не оказывают существенного влияния на уровень загрязнения атмосферы. Компьютерный расчет рассеивания для данных веществ не проводился ввиду нецелесообразности, поскольку максимально возможные концентрации были значительно ниже критерия целесообразности расчета ($\epsilon < 0,001$ ПДК).

Следовательно, можно констатировать, что при отсутствии фонового загрязнения в районе расположения рассматриваемого объекта выбросы от источников процесса переработки изношенных автомобильных шин способом пиролиза могут быть квалифицированы как вполне допустимые по всем загрязняющим веществам.

ВЫВОДЫ

Проведенная научно обоснованная экологическая оценка установила соответствие способа переработки изношенных автомобильных шин требованиям экологического законодательства, санитарным и строитель-

ным нормам и правилам и гарантирует безопасную для жизни и здоровья людей воздушную среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петренко Т.В. Утилізація відпрацьованих автомобільних шин / Т.В. Петренко, Ю.О. Новічков, В.В. Хазіпова, О.І. Позднякова / ДонНАБА. – Донецьк : «Цифрова типографія», 2007. – 110 с.
2. Новічков Ю.О. Екологічні основи розробки технології утилізації відпрацьованих шин / Ю.О. Новічков, Т.В. Петренко, В.В. Хазіпова, О.І. Сердюк // Актуальні питання реформування житлово-комунального господарства в Україні : збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції (14–16 травня 2008 р.) – Макіївка-Слов'янськ, 2008. – С. 170–172.
3. Петренко Т.В. О технологическом комплексе по переработке изношенных автомобильных шин и отработанных технических масел / Т.В. Петренко, Ю.А. Новичков // Всеукраинский журнал «Шина плюс». – 2008. – № 3 (23). – С. 61–60.
4. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. 1. – Донецьк: Український науковий центр технічної екології, 2004. – 184 с.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 94 с.

Поступила в редакцию 05.02.2009

Розроблена технологія комплексної утилізації відпрацьованих автомобільних шин методом піролізу. Проведено розрахунок рівня забруднення атмосфери з метою оцінки впливу шкідливих промислових відходів на навколишнє середовище, а також науково обґрунтована екологічна оцінка технології переработки автомобільних шин методом піролізу, яка задовольняє вимогам екологічного законодавства.

Technology of complex utilization of worn rubber tires by the method of pyrolysis was developed. Calculation of atmospheric contamination level was made with the purpose to estimate harmful effect on environment. The scientifically grounded environmental assessment of recycling technology of worn rubber tires by the method of pyrolysis, which corresponds to the environmental legislation, was carried out.