



УДК 628.475:662.6/9

**Д.В. СТАЛИНСКИЙ**, д.т.н., генеральный директор, **А.Л. СКОРОМНЫЙ**, заместитель заведующего лабораторией Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков**А.М. СИНОЗАЦКИЙ**, директор

ЧНПП «Фантомаш», г. Сарны, Ровенская область

## ПОЛУЧЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ИЗ РЕЗИНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

В статье приведена оценка объемов ежегодного образования отходов резины в составе твердых бытовых отходов и изношенных автомобильных шин. Описана технология термохимической деструкции, позволяющая получать альтернативные топливные энергоресурсы из отходов резины и изношенных автомобильных шин. Проанализированы характеристики топливных энергоресурсов – конечных продуктов термохимической деструкции изношенных автомобильных шин и отходов резины.

**автомобильные шины, отходы резины, термохимическая деструкция, технология, оборудование, альтернативные энергоресурсы, производство**

В промышленно развитых странах отмечена тенденция к росту уровня использования твердых органических отходов в качестве вторичного энергетического сырья [1]. Одним из видов отходов, которые практически не подвержены разложению в природных условиях, являются резиносодержащие отходы (РСО), в т.ч. изношенные автомобильные шины (ИАШ) [2]. По данным Европейской Ассоциации по вторичной переработке шин (ETRA, [www.etra-eu.org](http://www.etra-eu.org)), только в 2008 г. в странах ЕС при эксплуатации транспортных средств было образовано более 2,6 млн т ИАШ (табл. 1).

Следует отметить, что уровень утилизации ИАШ в большинстве стран Западной Европы не превышает 30 % [2].

**Таблица 1 – Образование изношенных автомобильных шин в странах ЕС**

Страна	Масса образующихся ИАШ, тыс. т/год	Численность населения, чел.	Удельное образование ИАШ, кг/чел.
Австрия	51,0	8 054 800	6,33
Бельгия	70,0	10 143 000	6,90
Дания	41,2	5 251 000	7,85
Финляндия	32,3	5 116 800	6,31
Франция	401,0	58 265 400	6,88
Германия	640,0	81 845 000	7,82
Греция	58,5	10 474 600	5,58
Ирландия	32,0	3 591 200	8,91
Италия	434,5	57 330 500	7,58
Люксембург	3,1	412 800	7,51
Нидерланды	67,5	15 492 800	4,36

Таблица 1 – Продолжение

Страна	Масса образующихся ИАШ, тыс. т/год	Численность населения, чел.	Удельное образование ИАШ, кг/чел.
Португалия	52,0	9 920 800	5,24
Испания	280,0	39 241 900	7,14
Швеция	62,0	8 837 500	7,02
Великобритания	435,0	58 684 000	7,41
Итого	2660,1	372 662 100	6,86*

\* среднее значение

Среднегодовое удельное (на одного жителя) количество ИАШ, образованных при эксплуатации транспортных средств, составило 6,86 кг/чел. По данным [www.ukranews.com](http://www.ukranews.com), численность населения Украины на 1.01.2009 г. составляла 46,1 млн человек. Экстраполируя данные среднегодового удельного количества ИАШ, образованных в странах ЕС, на численность населения Украины, можно оценить годовой объем образования ИАШ на уровне 315 тыс. т/год. По данным ETRA ([www.etra-eu.org](http://www.etra-eu.org)), доля металлокорда в шинах легковых и грузовых автомобилей в среднем составляет 21 %, а доля всех неметаллических компонентов – 79 %.

PCO являются составной частью общего потока твердых бытовых отходов (ТБО). Типовой морфологический состав ТБО (по данным [3–8]) приведен в табл. 2.

Морфологический состав ТБО зависит от целого ряда факторов, в т.ч. от климатической зоны, времени года. Из анализа морфологического состава ТБО, приведенного в табл. 2, можно сделать вывод, что в общей массе ТБО содержится ~3 % PCO. В Украине образуется более 12 млн т/год ТБО [9], в т.ч. около 360 тыс. т/год PCO.

Таким образом, по нашей оценке, в Украине ежегодно образуется около 315 тыс. т ИАШ и около 360 тыс. т

PCO, которые могут быть использованы в качестве вторичного энергетического сырья.

Специалистами УкрГНТЦ «Энергосталь» и ЧНПП «Фантомаш» разработана технология и оборудование (рис. 1) для термохимической деструкции (ТХД), позволяющие переработать ИАШ и PCO с получением



Рисунок 1 – Общий вид установки для утилизации ИАШ и PCO

Таблица 2 – Типовой морфологический состав ТБО, % масс

Компонент	Источники информации								
	[3]	[4]	[5] СНГ			[6]	[7]	[8]	
			Климатическая зона					США	РФ
			ср.	южн.	сев.				
Пищевые отходы	5	20–45	30–38	20–28	21–24	40	40	7,4	20–38
Пластмасса	5	до 5	2–5	1,5–2,5	1–2	6	18	8	3–5
Резиновые изделия и кожа	5	до 4	2–4	1–3	3–7	1	2	2,5	1,5–2,5
Строительный мусор	30	–	–	–	–	–	–	–	–
Металлический лом, всего:	15	до 4,8	2,2–3,8	1,7–2,3	3,2–4,8	4	4	8,5	2–3
• черный металл		до 4,5	2–3,5	1,5–2	3–4,5		3		
• цветной металл		до 0,3	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3		1		
Стекло	10	до 5	5–8	3–6	6–10	3	10	7	5–7
Текстиль	7	до 7	4–7	4–7	5–7	–	3	2,1	3–6
Бумажные изделия	3	до 30	25–30	20–28	21–24	35	10	40	20–36
Древесина	5	до 4	1,5–3	1–2	2–4	2		3,6	1–4
Бытовой мусор	15	–	–	–	–	–	–	–	–
Кости	–	–	0,5–2	1–2	2–4	–	–	–	–
Камни	–	–	1–3	1–2	1–2	–	–	–	–
Прочее	–	–	1–2	1–2	1–3	9	10	20,9	10–35,5
Отсев (менее 15 мм)	–	до 5	7–13	10–18	7–13	–	–	–	–



жидких углеводородов и твердого углеродсодержащего продукта [10–15]. Концепция схемы движения материалов при переработке РСО и ИАШ приведена на рис. 2. РСО и ИАШ поступают на термохимическую переработку в измельченном виде до кусков не более 200х200 мм. В бескислородной восстановительной атмосфере под воздействием температуры 300–600°C происходит термохимическая переработка исходного сырья с получением жидких углеводородов, твердого углеродсодержащего продукта и топливного газа. После ускоренного охлаждения твердого углеродсодержащего продукта из него извлекается металлокорд, который может быть использован в качестве металлолома. Для энергообеспечения процесса ТХД на начальной стадии может использоваться электроэнергия, природный газ, печное или дизельное топливо. В этот период топливный газ, образующийся при работе установки, сжигается на свече. После запуска установки топливный газ используется для энергообеспечения процесса ТХД.

В настоящее время ведутся пусконаладочные и исследовательские работы на новой опытной установке-газификаторе прямого действия с безостаточной га-

зификацией ИАШ. Установка разработана совместно ЧНПП «Фантомаш» и УкрГНТЦ «Энергосталь». Конечные топливные энергоресурсы, образуемые по данной технологии, – топливный газ и смесь жидких углеводородов.

Характеристики жидких углеводородов и твердого углеродсодержащего остатка приведены в табл. 3, 4; внешний вид – на рис. 3.

Из анализа данных, приведенных в табл. 3, 4, следует, что жидкие углеводороды по своему составу и свойствам близки к топливу печному бытовому (ТУ 38.101656-87), а твердый углеродсодержащий продукт – к каменному углю марки ЗБвР Красноярского угольного бассейна. Эти продукты могут накапливаться в летнее время при переработке ИАШ и РСО по технологии ТХД и использоваться в качестве жидкого (взамен мазута) и твердого топлива в зимний период для производства тепловой и электрической энергии.

Оценка возможного объема производства в Украине альтернативных топлив из РСО и ИАШ приведена в табл. 5, из анализа данных которой следует, что при переработке РСО и ИАШ можно получить альтернативное топливо: жидкие углеводороды – до 330 тыс. т/год

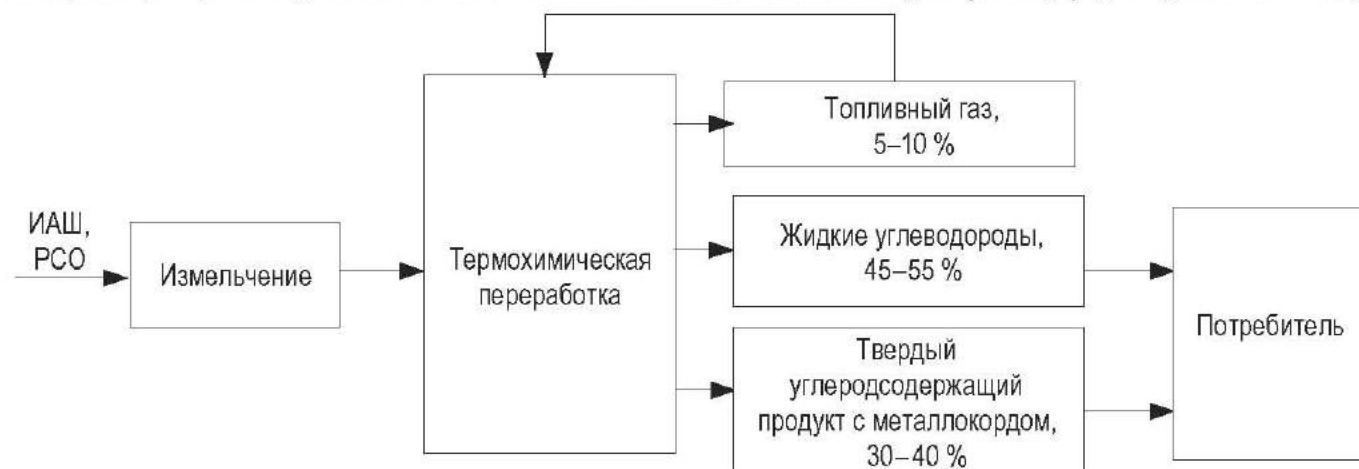


Рисунок 2 – Концепция схемы движения материалов при переработке ИАШ и РСО

Таблица 3 – Характеристика жидких углеводородов

Наименование показателя	Результат измерения	Наименование документа, согласно которому выполнено измерение (определение)	Характеристика топлива печного бытового (ТУ 38.101656-87)
Массовая доля золы, %	0,12	ГОСТ 1461	не более 0,02 %
Массовая доля воды, не более %	1,0	ГОСТ 2477	не нормируется
Массовая доля общей серы, не более %	0,86	ГОСТ 1437	0,5 – в малосернистом топливе 1,1 – в сернистом топливе
Элементный состав: • массовая доля водорода, %	8,0	ГОСТ 2408.1	не нормируется
Теплота сгорания в сухом состоянии, МДж/кг		ГОСТ 21261	
• высшая	41,37		40,1
• низшая	39,58		



Наименование показателя	Результат измерения	Наименование документа, согласно которому выполнено измерение (определение)	Характеристика топлива печного бытового (ТУ 38.101656-87)
Характеристика разгонки: начало кипения – 120 °С			Перегоняется при температуре (не выше)
180 °С	10 %		160 °С – 10 %
250 °С	20 %		360 °С – 90 %
280 °С	30 %		
300 °С	40 %		
315 °С	50 %		
320 °С	60 %		
330 °С	70 %		
360 °С	80 %		
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	0,945		не нормируется

Таблица 4 – Характеристика твердого углеродсодержащего продукта

Наименование показателя	Метод испытания		Результат анализа пробы	Уголь ЗБВР Красноярского угольного бассейна [16]
Влага аналитическая, %	ГОСТ 27314-91	ISO 589-81	17,6	22,5
Зольность, %	ГОСТ 11022-95	ISO 1171-81	7,9	8,7
Общая сера, %	ДСТУ 3528-91	ISO 562-81	0,52	0,6
Выход летучих веществ, %	ГОСТ 6382-91	ISO 562-81	12,3	24,6
Массовая доля углерода, %	ГОСТ 2408.1-95	ISO 625-96	83,2	–
Массовая доля водорода, %			2,7	–
Теплота сгорания, МДж/кг	ГОСТ 147-95	ISO 1928-76		
• высшая			32,37	30,43
• низшая			11,25	20,11

(445 тыс т у.т./год) и твердый углеродсодержащий продукт – до 245 тыс. т/год (94 тыс. т у.т./год).

Таблица 5 – Оценка возможного объема производства топлива из РСО и ИАШ в Украине

Вид отходов	Масса отходов <sup>*)</sup> , тыс. т/год	Жидкие углеводороды, тыс. т/год	Твердый углеродсодержащий продукт, тыс. т/год
Резиносодержащие отходы (РСО)	360	до 195	до 145
Изношенные автомобильные шины (ИАШ)	250	до 135	до 100
<b>ИТОГО</b>	<b>610</b>	<b>до 330</b>	<b>до 245</b>

<sup>\*)</sup> масса отходов принята с учетом отделения металлокорда от ИАШ

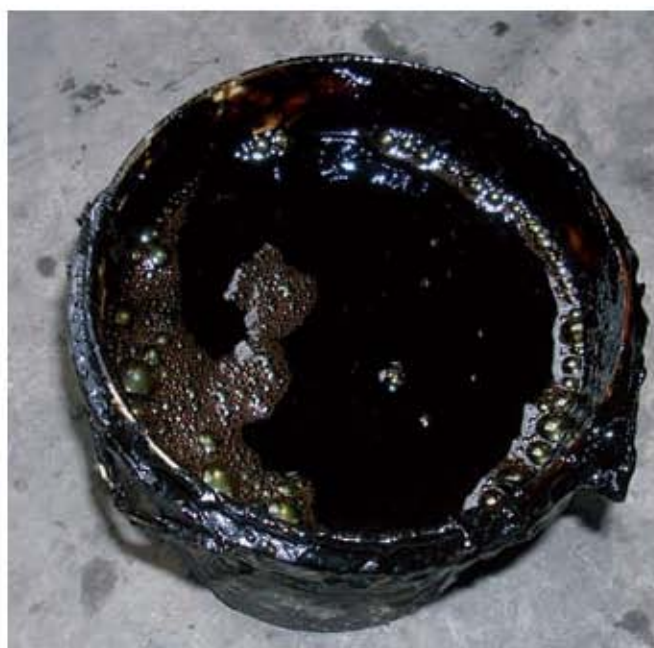
По данным [17], в 2005 г. на выработку электроэнергии в Украине было израсходовано 204,4 тыс. т мазута (помимо угля и природного газа). Следует отметить, что жидкие углеводороды, полученные по технологии ТХД при утилизации ИАШ и РСО, могли бы заменить весь мазут и часть природного газа, ежегодно расходуемые на выработку электроэнергии. Отметим также, что техноло-

гия ТХД может быть использована для утилизации отходов пластмасс.

УкрГНТЦ «Энергосталь» выполняет комплексные работы по созданию установок производительностью от 50 до 5000 кг/час для утилизации ИАШ, включающие разработку проектной, конструкторской, технологической и нормативно-технической документации, изготовление и поставку всего необходимого оборудования, проведение пусконаладочных работ, ввод в эксплуатацию, обучение персонала, гарантийное и сервисное обслуживание. Кроме основного технологического оборудования (установки ТХД), УкрГНТЦ «Энергосталь» может поставить и вспомогательное оборудование (измельчители ИАШ, передаточные устройства, накопители и др.), разработать проектную документацию и ввести в эксплуатацию весь комплекс по переработке ИАШ.

### ВЫВОДЫ

1. Приведенный анализ показывает, что потенциал ежегодного образования в Украине изношенных автомобильных шин (ИАШ) составляет 315 тыс. т, а резиносодержащих отходов (РСО) – 360 тыс. т/год.



а



б

**Рисунок 3 – Общий вид конечных продуктов ТХД-процесса:**

а – жидкие углеводороды; б – твердый углеродсодержащий продукт

2. Предложенные технологии и оборудование для утилизации ИАШ и РСО с получением жидких углеводородов и твердого углеродсодержащего продукта могут быть использованы в качестве источников энергии, альтернативных печному бытовому топливу и каменному углю Красноярского угольного бассейна. Жидкие углеводороды, полученные по технологии ТХД из ИАШ и РСО, могли бы заменить весь мазут и часть природного газа, ежегодно расходуемые на выработку электроэнергии в Украине.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сталинский Д.В. О рациональном управлении твердыми бытовыми отходами города Харькова / Д.В. Сталинский, А.З. Рыжавский, В.Д. Мантула, А.И. Ровенский, М.А. Зимогляд // Экология и здоровье человека. Защита воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов : сборник научных статей к XII Международной научно-практической конференции / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков : Райдер, 2004. – С. 303–308.
2. Касимов А.М. Твердые бытовые отходы. Технологии, оборудование. Проблемы и решения / А.М. Касимов, В.Т. Семенов, А.М. Александров, А.М. Коваленко. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – 301 с.
3. Шевченко О.А. Еколого-гігієнічна оцінка ступеня небезпеки території муніципальних звалищ та заходи щодо їх оздоровлення / О.А. Шевченко, Е.А. Держачов // Проблеми сбора, переработки и утилизации отходов : IV Междунар. научно-практич. конф., 28–29 марта 2002 г. : сб. науч. статей. – Одесса : ОЦНТЭИ, 2002. – С. 224–227.
4. Бабаев В.Н. Полимерные отходы в коммунальном хозяйстве города : учеб. пособие / В.Н. Бабаев, И.В. Коринько, Л.Н. Шутенко, Н.П. Горох [и др.]. – Харьков : ХНАГХ, 2004. – 375 с.
5. Мирный А.Н. Санитарная очистка и уборка населенных мест : справочник / А.Н. Мирный, Н.Ф. Абрамов, Д.Н. Беньямовский [и др.]. – М. : Стройиздат, 1990. – 413 с.
6. Деньги – мусор. Обратное тоже справедливо [Электронный ресурс] // Оборудование. – 2007. – № 6. – Режим доступа к журн. : <http://www.solidwaste.ru/publ/view/91.html>.
7. Прищепя А.М. Екологічні проблеми та стратегія поводження з твердими побутовими відходами (на прикладі міста Дубно) [Электронный ресурс] / А.М. Прищепя, О.А. Брежичька // Ссылка: HTML версия файла <http://nuwm.lv.ua/methods/asp/vd/v39121.doc>.
8. Крайнова Е.А. Способы утилизации ТБО и их экономическая эффективность [Электронный ресурс] // Интерактивная система «Научные руководители / молодые ученые. – 2005.
9. Ссылка <http://www.rsci.ru/lient/MoreInfo1.html?MessageID=451&Language=0>
10. Киселевская А.Ф. Аналитическая оценка состояния поведения с твердыми бытовыми отходами и тенденции развития их переработки // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов : сб. научн. статей. – Одесса : ОЦНТЭИ, 2000. – С. 156–162.
11. Сталинский Д.В. Опытная установка для термохимической деструкции органической части твердых быто-



- вых и производственных отходов / Д.В. Сталинский, А.Л. Скоромный, А.М. Синозацкий // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов : сборник научных статей к XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х т. Т. 2. / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков : «Издательство Сага», 2008. – С. 197–200.
12. Скоромный А.Л. Снижение энергозатрат на утилизацию изношенных автомобильных шин методом термохимической деструкции // Экология и промышленность. – 2008. – № 4. – С. 68–71.
  13. Пат. 34152 Україна, МПК<sup>8</sup> F23G5/027, F23G7/00. Реактор для термохімічної переробки твердих органічних відходів / Сталінський Д.В., Скоромний А.Л., Сінозацький А.М., Ботштейн В.А., Мантула В.Д., Рудюк О.С., Сінозацький Ю.А., Бараненко В.С., Поляков Ф.М., Борох О.В. ; заявник та володілець патенту УкрДНТЦ «Енергосталь». – № у 2008 03801; заявл. 26.03.08 ; опубл. 25.07.08, Бюл. № 14. – 4 с. : іл.
  14. Пат. 36824 Україна, МПК<sup>8</sup> C10L5/48, F23G5/027. Спосіб переробки органічної сировини в термохімічному реакторі / Сталінський Д.В., Скоромний А.Л., Сінозацький А.М., Мантула В.Д., Рудюк О.С., Пірогов О.Ю., Стасевський С.Л., Бараненко В.С., Сінозацький Ю.А. ; заявник та володілець патенту УкрДНТЦ «Енергосталь» ; № у 2008 06530 ; заявл. 15.05.08 ; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21. – 4 с.
  15. Пат. 36989 Україна, МПК<sup>8</sup> C10L5/48, F23G5/027. Установка для термохімічної переробки органічної сировини / Сталінський Д.В., Скоромний А.Л., Сінозацький А.М., Мантула В.Д., Рудюк О.С., Бараненко В.С., Сінозацький Ю.А. ; заявник та володілець патенту УкрДНТЦ «Енергосталь» ; № у 2008 07952 ; заявл. 12.06.08 ; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21. – 5 с. : іл.
  16. Заявка у 2008 12862 Україна, МПК<sup>8</sup> F23C3/00. Пристрій прискореного повітряного охолодження / Сталінський Д.В., Скоромний А.Л., Сінозацький А.М., Рудюк О.С., Бараненко В.С., Сінозацький Ю.А. ; заявник та володілець патенту УкрДНТЦ «Енергосталь». – № у 2008 12862 ; заявл. 04.11.08 ; рішення про видачу патенту від 14.01.09. – 5 с. : іл.
  17. Лялюк В.П. Антрацит и термоантрацит в шихте доменной плавки : монография / В.П. Лялюк [и др.]. – Днепропетровск : Пороги, 2008. – 245 с.
  18. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Відомості Міністерства палива та енергетики України : Інформаційно-аналітичний бюлетень. Спец. випуск. – 2006. – 113 с.

*Поступила в редакцію 06.04.2009*

У статті наведено оцінку обсягів щорічного утворення відходів гуми у складі твердих побутових відходів та зношених автомобільних шин. Описано технологію термохімічної деструкції, яка дозволяє отримувати альтернативні паливні енергоресурси з відходів гуми та зношених автомобільних шин. Проаналізовано характеристики паливних енергоресурсів – кінцевих продуктів термохімічної деструкції зношених автомобільних шин та відходів гуми.

The paper gives an appraisal of annual volumes of rubber wastes in the structure of solid household wastes and worn automobile tires. There is a description of thermo-chemical destruction technology enables producing alternative fuel energy resources from rubber wastes and worn tires. Characteristics of fuel energy resources generated in the result of thermo-chemical destruction of worn tires and rubber wastes are analyzed.