



Прийнято 13.02.2025. Прорецензовано 01.04.2025. Опубліковано 20.06.2025.

УДК 624.132.3

DOI: 10.31471/1993-9868-2025-1(43)-161-170

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ УТИЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРЕРОБКИ ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

Ігор Захара*

Кандидат технічних наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-6214-6548>e-mail: texnikigor83@gmail.com

Анотація. Значна частина населення України за останні роки збільшила кількість автомобільного парку, яким користується в повсякденному житті. Динамічне зростання парку автомобілів не лише в нашій державі, але в цілому світі призводить до постійного накопичення в процесі експлуатації великої кількості відходів від автомобільного транспорту. Одним із джерел забруднення навколишнього середовища є зношені шини транспортних засобів. Відомо, що зношені автомобільні шини не піддаються біологічному розкладанню, вогне-небезпечні і токсичні, а у разі загоряння погасити їх досить складно. При складуванні є ідеальним місцем розмноження гризунів, комах і служать джерелом інфекційних захворювань. Отже, проблема переробки зношених автомобільних шин має велике екологічне й економічне значення для всіх розвинених країн світу. Зношені шини як відходи займають багато фізичного простору, важко піддаються ущільненню, збору та ліквідації. Безконтрольне зберігання шин на відкритій місцевості або в водотоках підвищує потенційну небезпеку забруднення довкілля і є серйозною загрозою здоров'ю людей. Крім того, санкціоновані способи зберігання, хоч мають менш негативні наслідки, ніж безконтрольне зберігання, або створюють свої ризики забруднення довкілля, або не дозволяють охопити значні об'єми відходів економічно вигідним способом утилізації. Утворення значних об'ємів гумотехнічних відходів призводить до неорганізованого їх складування на звалищах або неконтрольованого розсіювання у довкіллі, що підвищує рівень екологічної небезпеки на прилеглих територіях в результаті потрапляння шкідливих речовин у довкілля.

Ключові слова: колісні транспортні засоби; залишкова глибина протектора; зношені шини; утилізація шин; піроліз; переробка шин.

Вступ

В багатьох країнах світу значна увага приділяється проблемі використання відходів виробництва і споживання. Автомобільні шини – одне із джерел забруднення навколишнього середовища, тож проблема їх утилізації є пріоритетним напрямком боротьби за чисте довкілля. Загальносвітові запаси зношених автомобільних шин оцінюються в 25 млн т. при щорічному прирості не менш 7 млн т. На європейські країни припадає близько 3 млрд одиниць "нагромаджень" зношених автомобільних шин (близько 2 млн т).

Американські та шведські фахівці провели екологічні дослідження, в результаті якого з'ясувалося, що покриття – досить небезпечна частина автомобіля: пил, що виникає внаслідок зносу гуми, може викликати серйозні захворювання. Шляхом простих розрахунків шведські вчені визначили, що кожен день звичайний громадянин Швеції вдихає 6 грамів гумового пилу, а американець – 13. В Україні щорічний обсяг автомобільних шин, що викидаються, перевищує 250 тис. т.

В Україні дану проблему накопичення зношених неутілізованих шин вирішують на

Запропоноване посилання: Захара, І. (2025). Аналіз проблематики утилізації та переробки зношених автомобільних шин. Нафтогазова енергетика, 1(43), 161-170. doi: 10.31471/1993-9868-2025-1(43)-161-170

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Таблиця 1 – Способи використання відпрацьованих автомобільних шин

Країна/ Регіон	Способи використання старих автопокришок (%)					
	спалювання	переробка в сировину	відновлення	експорт	вивіз на звалище	інше
США	23	10		3	63	1
Японія	43	12	9	25	8	3
Німеччина	38	15	18	18	2	9
Великобританія	9	6	18		67	
Європейський Союз	30		20		50	

загальнодержавному рівні, що підтверджує «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року», де вказано, що питання утилізації шин не вирішено.

Отже, аналіз існуючої проблеми поводження з відходами зношених автомобільних шин в Україні на сьогоднішній день є актуальною.

До теперішнього часу не існує єдиної думки щодо того, яка з технологій переробки автомобільних шин є найбільш раціональною. Але із загальної кількості тільки 23% зношених покришок знаходять застосування – експорт в інші країни, спалювання з метою одержання енергії, механічне подрібнення для покриття доріг тощо.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій

На сьогоднішній день існує багато напрямків і методів утилізації та переробки зношених автомобільних шин.

Встановлено, що висока екологічна небезпека шин обумовлена, з одного боку, токсичними властивостями матеріалів, з яких вони виготовленні, а, з іншого, – хімічними властивостями речовин, що виділяються в навколишнє середовище при експлуатації, обслуговуванні, ремонті, зберіганні та складуванні неутілізованих шин.

Дослідження негативного впливу автомобільних шин на здоров'я людей та стан довкілля від наслідків експлуатації їх висвітлено в наукових працях J. M. Horner, J. L. Zeliber, L. A. Downs, D. N. Humphrey, L. E. Kats, C. A. Rock, B. A. Іщенко, А. П. Березюк, В. Г. Петрук, В. О. Прокопенко, П. М. Турчик та інших вчених.

Про позитивний досвід утилізації та мінімізації негативного впливу автомобільних шин, який реалізований в реальних проєктах, що дозволяють повторно використовувати залишки шин для виготовлення нових виробів, йдеться у багатьох роботах, що не зменшує науковий внесок перелічених дослідників у

покращання екологічного стану довкілля шляхом дослідження способів поводження з шинами та оцінювання впливу відходів на навколишнє середовище, а також раціоналізації процесів переробки шин. Тому даний напрямок досліджень залишається актуальним.

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Відпрацьовані автомобільні шини (вантажних, легкових автомобілів, сільськогосподарських машин, тягачів, мотоциклів, а також спеціальних транспортних засобів), як правило, підлягають утилізації. Їх постачальниками є промислові і приватні господарства, а також адміністративні інститути. Шини автопарків промислових підприємств і адміністративних установ в рамках загальних технічних і ремонтних робіт підлягають регулярній заміні кожні 2-3 роки. Термін служби шин приватних легкових автомобілів розрахований на 60-80 тис. км, що в середньому відповідає 3 рокам експлуатації.

Проблема переробки зношених автомобільних шин та інших гумових виробів, що вийшли з експлуатації, має велике екологічне та економічне значення для всіх розвинених країн. В таблиці 1 наведено дані щодо способів використання відпрацьованих автомобільних шин в провідних країнах світу.

В Україні основним способом поводження з відпрацьованими шинами є накопичення їх на звалищах. Зношені шини легально і нелегально зберігаються як на змішаних звалищах разом з іншими відходами, так і на звалищах, призначених виключно для відпрацьованих шин. Внаслідок захоронення автошин на звалищах вони не використовуються для подальшої переробки і, таким чином, вилучаються з економічного обігу. Даний спосіб використання автошин може бути прирівняний до знищення ресурсів. З іншого боку, зношені шини не піддаються біологічному розкладанню, тож не можуть бути захоронені.

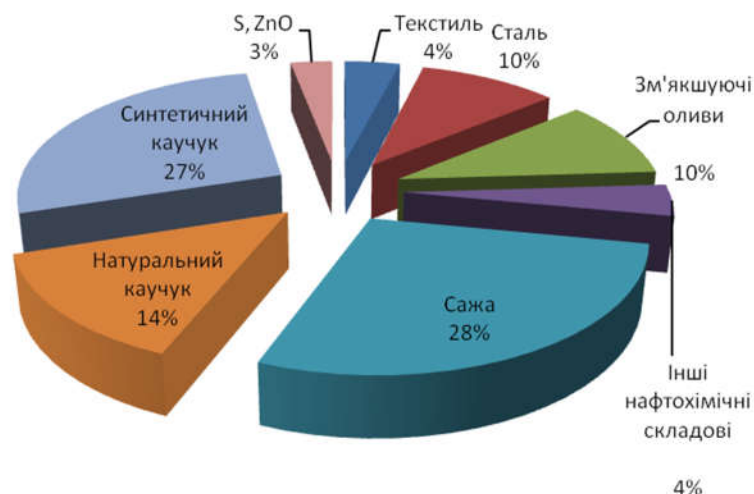


Рисунок 1 – Складові радіальної шини

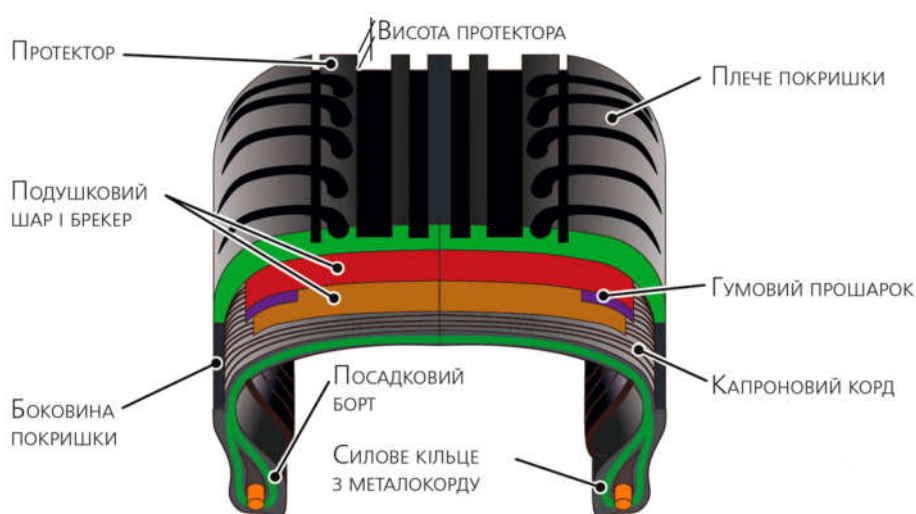


Рисунок 2 – Елементи автомобільної шини

Безконтрольне зберігання автошин на відкритій місцевості або в водотоках підвищує потенційну небезпеку. Крім того, санкціоновані способи зберігання, хоч мають менш негативні наслідки, ніж безконтрольне зберігання, все ж створюють свої ризики забруднення природного середовища і не дозволяють охопити значні об'єми відходів економічно вигідним способом. Це основні причини того, щоб за будь-якої можливості вживати заходів для обмеження появи складів зношених автошин [1,2].

Мета і задачі дослідження

Метою досліджень є аналіз даних щодо можливих впливів на навколишнє середовище продуктів утилізації шин в залежності від методів та способів переробки.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Над процесом створення шини працюють хіміки і конструктори, від яких залежать секрети шинної рецептури. Їх мистецтво полягає в правильному виборі, дозуванні і розподілі компонентів, особливо для суміші протектора. На допомогу їм приходять професійний досвід і комп'ютери. Хоча склад гумової суміші у будь-якого солідного виробника автоколіс – таємниця, але досить добре відомі близько 20 основних складових. Весь секрет полягає в їх грамотній комбінації з урахуванням призначення самої шини [3].

Як відомо, автомобільна шина містить наступні складові (рис. 1):

- натуральний каучук – 14 %;
- синтетичний каучук – 27 %;
- S, ZnO – 3 %;
- сталь – 10 %;
- текстиль – 4 %;

- зм'якшуючі оливи – 10 %;
- інші нафтохімічні складові – 4 %;
- сажа – 28 %.

Як видно з наведених вище даних, лідерами в переробці відпрацьованих автомобільних шин є Японія і Німеччина. Однак і в цих країнах більшість шин утилізується методом спалювання, що не є ефективним в енергетичному сенсі. Дослідження показали, що на виробництво автомобільної шини в середньому витрачається енергії в 3-4 рази більше, ніж можна отримати при спалюванні.

Невідновлюваність природної нафтової сировини диктує необхідність ефективного використання вторинних ресурсів. Виведені з експлуатації шини містять цінну сировину, таку як каучук, метал, текстильний корд (рис. 1). Ці матеріали в процесі експлуатації практично не змінюють своїх властивостей і можуть бути використані для повторного виробництва.

Протектор необхідний для забезпечення прийнятної коефіцієнта зчеплення автоколів з дорогою, а також для оберігання каркаса від пошкоджень. Протектор має певний малюнок, який залежить від призначення шини. Шини високої прохідності мають глибший малюнок протектора. Малюнок і конструкція протектора дорожньої шини визначається вимогами до відведення води і бруду з канавок протектора і прагненням знизити шум при коченні. Але, все ж, головне завдання протектора шини – забезпечити надійне зчеплення колеса з дорожнім покриттям при різних умовах експлуатації, зокрема під час дощу, в бруді, снігу і т. д., шляхом їх видалення із зони контакту за точно спроектованих канавок і малюнку. Але й ефективно видаляти воду з плями контакту протектор може лише до певної швидкості, вище якої рідина фізично не зможе повністю видалятися з плями контакту, і автомобіль втрачає керування через погане зчеплення з дорогою.

Існує поширена помилкова думка, що на сухих дорогах протектор знижує коефіцієнт зчеплення через меншу площу плями контакту в порівнянні з шиною без протектора. Це невірно, тому що за відсутності адгезії сила тертя не залежить від площі дотичних поверхонь. На гоночних автомобілях в суху погоду використовуються шини з гладким протектором або взагалі без нього для того, щоб знизити тиск на колесо, зменшивши його знос, тим самим дозволивши застосовувати під час виготовлення автоколів більш пористі м'які матеріали, що володіють кращим зчепленням з дорогою.

Брекер знаходиться між каркасом і протектором і призначений для захисту каркаса від ударів, додання жорсткості шині в області плями контакту її з дорогою і для захисту шини та іздової камери від наскрізних механічних пошкоджень. Виготовляється з товстого шару гуми (в легких шинах) або схрещених шарів полімерного корду і (або) металокорду.

Борт дозволяє покрити герметично сидати на обід колеса. Для цього він має бортові кільця і зсередини покритий шаром в'язкої повітронепроникної (для безкамерних шин) гуми.

Бокова частина захищає шину від бічних пошкоджень.

На загальнодержавному нормативному рівні поводження з відходами на сьогодні регламентується державними стандартами України: ДСТУ 2195-99 "Охорона природи. Поводження з відходами, технічний паспорт відходу", ДСТУ 3910-99 "Класифікація відходів. Розробка і вдосконалення подібних нормативів завжди були і залишаються дуже актуальними.

Аналіз діючих нормативних документів для оцінки системи збору і утилізації шин.

Гостро стоять проблеми постійного вдосконалення чинного законодавства відповідно до сучасних вимог реформування економіки та реальних умов діяльності суб'єктів господарювання із законодавчим закріпленням загального принципу "забруднювач платить", а також гармонізації національного екологічного законодавства з європейським.

Змістовий принцип «забруднювач платить» зароджувався та формувався в рамках Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). Принцип «забруднювач платить» передбачає, що забруднювач повинен покривати видатки, пов'язані із проведенням заходів із запобігання забруднення та боротьби з ним: рішення, які було прийнято державними органами з метою забезпечення прийнятного стану навколишнього середовища [1,2,4,5].

Спеціальним документом щодо утилізації зношених шин є постанова Кабінету Міністрів України від 27 липня 2011 року № 1136 «Деякі питання збирання, заготівлі та утилізації зношених шин», яка передбачає розширену відповідальність виробника, яку сьогодні декларують як необхідний принцип поводження з відходами. Але, на жаль, на практиці вказаний принцип не працює, і виробник чи імпортер, який продає шини, у договорах купівлі-продажу шин не передбачає для себе зобов'язання щодо їх утилізації.



Рисунок 3 – Методи переробки зношених шин

Повних статистичних даних про надходження та шляхи переробки зношених шин не існує. Проте, в різних країнах публікуються дані про надходження автопокришок, які ґрунтуються на офіційних даних і дослідженнях економічних об'єднань і наукових інститутів [3]. Обсяг утворення і способи вторинного використання утилізованих шин в промислово розвинених країнах наведено в таблиці 1.

Рівень переробки та використання зношених шин в країнах світу коливається в дуже широких межах - від 87% в Японії до 20-30% в США і більшості країн Західної Європи, а в Німеччині він доходить до 50%. З цієї кількості в світі тільки 23 % покришок знаходять застосування (експорт в інші країни, спалювання з метою отримання енергії, механічне подрібнення для покриття доріг та ін.). Решта 77 % ніяк не утилізуються.

Там, де на шляху рециркуляції відходів з дешевих компонентів виникають бар'єри економічного порядку, підтримка з боку держави є обов'язковою і необхідна, особливо у напрямку використання неутілізованих шин як вторинної сировини. Як приклад правильного підходу до вирішення проблеми, в ЄС прийнята програма заборони до 2005 року поховання зношених шин за державної підтримки проєктів їх ефективної утилізації [6,7].

Для вирішення накопичення та утилізації шин, в США та Європі впровадили свої способи, а саме:

- «Американський спосіб» полягає у встановленні додаткового податку на фізичних осіб, що купують нові автопокришки.

- «Європейський спосіб» передбачає введення закону, що зобов'язує всіх споживачів автомобільних шин утилізувати їх тільки на акредитованих підприємствах за строго встановлену плату на адресу даного підприємства.

Україна використовує американський спосіб.

Всі відомі методи переробки зношених шин можна поділити на дві основні групи: фізичні методи, хімічні методи.

В даний час все більшого значення набуває напрям використання гумових відходів у вигляді дисперсних матеріалів. Первинна структура і властивості каучуку та інших полімерів, що містяться у відходах, найкраще зберігаються при подрібненні гуми фізичними методами.

Процес подрібнення, не дивлячись на уявну простоту, дуже складний не тільки за визначенням характеру, величини і напрямків навантажень, але і за складністю кількісного обліку результатів руйнування. Процес подрібнення може провадитися при низькій або підвищеній температурі. Відповідно застосовується той чи інший метод подрібнення [6,10].

Встановлення взаємозв'язку між розмірами часток матеріалу, їх фізико-хімічними і механічними властивостями, а також витратами енергії на подрібнення і параметрами устаткування для подрібнення необхідно для розрахунку подрібнювачів і визначення оптимальних умов їх експлуатації.

При низькотемпературній обробці зношених шин подрібнення проводиться при температурах (-60...-90)°C, коли гума знаходиться в псевдокрихкому стані. Результати експеримен-

тів показали, що дроблення при низьких температурах значно зменшує енерговитрати на дроблення, покращує відділення металу і текстилю від гуми, підвищує вихід гуми. У всіх відомих установках для охолодження гуми використовується рідкий азот. Але складність його доставки, зберігання, висока вартість і високі енерговитрати на його виробництво є основними причинами, що стримують впровадження низькотемпературної технології. Для отримання температур в діапазоні $(-80...-120)^{\circ}\text{C}$. Більш ефективними є турбоохолоджувальні машини. У цьому діапазоні температур застосування турбоохолоджувальних машин дозволяє знизити собівартість отримання холоду в 3-4 рази, а питомі енерговитрати – у 2-3 рази порівняно із застосуванням рідкого азоту [10,11].

Хімічні методи переробки приводять до глибоких необоротних змін структури полімерів, які містяться у гумових відходах. Як правило, ці методи здійснюються при високих температурах і полягають в термічному розкладанні (деструкції) полімерів у тому чи іншому середовищі і отриманні продуктів різної молекулярної маси. До цих методів відносяться спалювання, крекінг, піроліз.

Існують два способи спалювання з метою утилізації енергії: прямий і непрямий.

У першому випадку шини, грубоподрібнені або цілком, спалюють в надлишку кисню. Іноді грубо подрібнені шини додають до іншого спалюваного матеріалу для підвищення його теплотворної здатності (теплотворна здатність гуми складає 32 ГДж/т , що відповідає вугіллю високої якості).

Так, в США Фірма "Waste Management Inc" споруджує установи для дроблення шин і поставляє гумову крихту як паливо на целюлозно-паперові комбінати і цементні заводи. Також гумова крихта як паливний матеріал використовується у вигляді 10% добавки при спалюванні вугілля.

Цією ж фірмою проводиться експеримент зі спалювання гуми крупного дроблення (до 25 мм) в циклонних топках енергетичних казанів. Частка гуми складає 2-3% від маси вугільного палива.

Складність процесу дроблення зношених шин (особливо з металокордом) стимулювала розвиток технології спалювання шин в цільному вигляді. У Англії фірма "Avon Rubber" експлуатує печі для спалювання шин в цільному вигляді з 1973 р., тобто має вже майже 45-річний досвід в цій області.

У США, у свою чергу, розвивається будівництво електростанцій, що використовують як паливо тільки автомобільні шини. Фірма "Oxford Energy" побудувала і експлуатує в м. Модесто електростанцію потужністю 14 МВт для спалювання 50 тис. тон шин в цільному вигляді. На підставі успішного досвіду спалювання шин в США планується побудувати 12 таких електростанцій.

У Великобританії розглядається питання будівництва електростанцій потужністю 20-30 МВт для спалювання 12 млн шин на рік масою 90 тис. тонн.

Енергетичний баланс спалювання зношених шин не вигідний як при порівнянні витрат енергії на виробництво шин, так і в порівнянні з іншими методами переробки, оскільки використовується тільки енергетичний ресурс шини, а цінний матеріал при цьому втрачається.

Так, для виробника шини необхідна витрата енергії складає близько 115 МДж/кг. Це відповідає 3-4 разовій теплоті згоряння шини. У зв'язку з необхідністю захисту навколишнього середовища і відповідними правовими розпорядженнями, установи для спалювання використаних шин повинні бути забезпечені дорогим устаткуванням, що обмежує викид шкідливих речовин в атмосферу. Потрібні для цього великі капіталовкладення знижують економічну цінність автопокришки як енергоносія.

Ряд недоліків, власне, спалювання коліс полягає в самій природі цього способу. Коливання температури в процесі горіння призводить до неповного згоряння шини. Одночасно при температурі нижче 1100°C утворюються такі токсичні речовини, як хлорований діоксин та фуран. Всі знають і незаперечно, що такі процеси сприяють, зокрема, посиленню і так сильного парникового ефекту. Отже, в процесі горіння утворюється 3700 кг CO_2 на тонну коліс. Виробництво цементу з шин, що використовуються як паливо, технологічно обмежено. Використання великої кількості старих автоколес у цьому виробництві негативно позначається на якості цементу, оскільки сталь, яку вони містять, постає в цементі як оксид заліза, який фарбує матеріал.

У зв'язку з необхідністю охорони навколишнього середовища та відповідних законодавчих вимог спалювальні машини для використаних автоколес повинні бути обладнані дорогим обладнанням, яке обмежує потрапляння шкідливих речовин в атмосферу. Інвестиції, необхідні для цього, знижують економічну цінність шини як енергоносія. Проте,

втрачається економічна, втім, перевага використання шин, власне кажучи, у вигляді дешевого палива, либонь, по відношенню до інших методів переробки [10].

Підприємства, що експлуатують установи для спалювання використаних шин, отримують, як правило, додаткову плату за їх приймання. Однак, оскільки старі шини стають важливими як матеріал, який можна переробити в інші продукти, популярність термічної переробки як серед громадськості, так і серед законодавців зменшується. Крім того, вже розробляються додаткові законодавчі акти, які призводять до ще більших витрат при спалюванні шин. Наслідком цих заходів є зниження рентабельності при спалюванні автошин по відношенню до інших видів палива, що, безсумнівно, позначиться на рішенні інвесторів вкласти кошти в розвиток цієї галузі.

У великій кількості країн спостерігається тенденція до обмеження спалювання шин на користь інших методів переробки. Це продиктовано усвідомленням того, що попри те, що спалювання є одним з найпростіших, на нашу думку, і зручних способів переробки шин, це не є вирішенням проблеми утилізації відходів, а, скоріше, перешкоджає створенню та застосуванню нових методів переробки.

Відповідні законодавчі положення створюють все більш сприятливе середовище для пошуку альтернатив спалюванню шин. Наприклад, у Японії під час розширення автомобільної промисловості потреба в ефективному використанні шинних ресурсів призвела до зменшення кількості спалених автоколів на 40%. Не випадково 2 квітня 1999 р. Європейська рада прийняла спеціальну директиву "Про сміттєзвалища", згідно з якою заборону спалювати їх вводиться з 2003 року. Таким чином, втрачається економічна перевага від використання покришок у вигляді дешевого палива по відношенню до інших методів переробки. У другому випадку на спалювання поступає газ, одержаний в процесах переробки зношених шин, наприклад, при піролізі (засновані на термічному розкладанні відходів за відсутності або великому дефіциті кисню з метою збереження вуглеводневої сировини).

Енергія горючого газу використовується для отримання гарячої води або водяної пари за допомогою теплообмінників.

Оригінальний спосіб утилізації подрібнених шин спільно з горючим сланцем, який дозволяє на газогенераторах утилізувати до 100 тис. тонн старих шин і гуми на рік, при цьому одержуючи рідке і газоподібне паливо.

Так, при термообробці цілих і подрібнених шин найвищий вихід мастил спостерігається при 500°C, а при 900 °C виявлено найбільший вихід газу. При цьому вихід продуктів визначається тільки температурою, а не розмірами шматків шин. З тонни гумових відходів можна одержати піролізом (450...600) л піролізного масла і (250...320) кг піролізної сажі, 55 кг металу, 10,2 м³ піролізного газу.

У США в даний час фірмою "Firestone Tyres" проведено успішні дослідження із трансформації гуми в метанол з отриманням пилоподібної сажі, відповідної стандарту для гумотехнічного виробництва. Перша установка має продуктивність за метанолом 300 т/добу. Установка розрахована на переробку шин легкових автомобілів діаметром 50 см. Основним процесом деструкції гуми для подальшої трансформації продуктів розкладання в метанол є піроліз в окислювальній камері за температури 1000 °C. Для переробки шин необхідно їх розрізати на частини з відділенням борту, який використовується як побічний товарний продукт.

Рідкі і газоподібні продукти піролізу можна використовувати не тільки як паливо. Перші можна використовувати як плівкоутворюючі розчинники, пластифікатори, пом'якшувальних засобів для регенерації гум. Пек піролізної смоли є хорошим пом'якшувальним засобом, який може використовуватися самостійно або в суміші з іншими компонентами. Важка фракція піролізу як добавка до бітуму, що використовується в дорожньому будівництві, може підвищити його еластичність, стійкість до холоду і вологи [5,11].

З газоподібної фракції піролізу можна виділяти ароматичні масла, придатні для застосування у виробництві гумових сумішей. Низькомолекулярні вуглеводні можуть бути використані як сировина для органічного синтезу і як паливо.

Піроліз із його очевидною простотою втілення, насправді не дає товарної продукції; існує проблема з цим методом і в екологічному плані. Тому він не отримав широкого використання. З його допомогою використані шини під впливом температури коли відсутній кисень, діляться на тверді, рідкі та газоподібні речовини. У цьому випадку довгі, на нашу думку, полімерні ланцюги, в перетворюються на молекулярні частинки водню. Продукти, отримані в результаті обробки шин методом піролізу (сажа, піролізна олива, сталь), на нашу думку, мають низьку якість і не можуть бути рентабельно продані. До сьогоднішнього дня через

низьку якість олива піролізу не може використовуватися як конкурентний замінник. Під час піролізу, особливо при низьких та середніх температурах його проведення, через коливання температури та, як наслідок, неповні реакції, виникають токсичні речовини, такі як діоксин та фуран. У той же час, щоб запобігти появі, зокрема, діоксинів і шкідливих фуранів та сполук, енергетичний баланс такої власне технології при температурі яка перевищує вище 1100 °C від'ємний, тобто витрати значно перевищують прибуток від продажу цього товару [11].

Основним недоліком піролізу є те, що через поділ шини на її складові вже сформований виробничий процес, безумовно, стає неефективним та збитковим. Якісний матеріал перетворюється на неякісний, з обмеженими можливостями маркетингу на ринку, і на його виробництво витрачаються великі гроші.

Через низьку якість продукції та високі витрати на виробництво в найближчому майбутньому піроліз не стане економічно вигідною альтернативою іншим типам переробки використаних шин.

Тому пошук раціональних та економічно вигідних методів переробки та утилізації автомобільних шин є одним із пріоритетних напрямків екологічної безпеки не лише України, але і усього світу зокрема.

Висновки

1. Проблема переробки зношених автомобільних шин та інших гумових виробів, що вийшли з експлуатації, має велике екологічне та економічне значення.

2. Невідновлюваність природної нафтової сировини диктує необхідність ефективного використання вторинних ресурсів.

3. Досліджено, що виведені з експлуатації автомобільні шини містять в собі цінну сировину таку як каучук, метал, текстильний корд. Ці матеріали в процесі експлуатації практично не змінюють своїх властивостей і можуть бути використані для подальшого виробництва.

4. В результаті досліджень встановлено, що висока екологічна небезпека автошин обумовлена, з одного боку, токсичними властивостями матеріалів, які застосовуються при їх виготовленні, а з іншого – властивостями понад ста хімічних речовин, що виділяються в повітряне і водне середовище при експлуатації, обслуговуванні, ремонті та зберіганні шин.

Подяки

Відсутні.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел

1. Петрук В. Г., Прокопенко В. О., Турчик П. М. Оцінка впливу на навколишнє середовище шинної промисловості: Зб. матер. II-го Всеукр. з'їзду екологів з міжнар. участю. Вінниця, 2009. С. 73-76.
2. Сергієнко М. І. Васильченко А. І., Веремєнко М. П. Проблема утилізації автомобільних шин та шляхи її вирішення: Зб. наук. пр. наук.-техн. конф. «Енергетика. Екологія. Людина» ; розд. «Інженерна екологія». К., 2009. С. 338-341.
3. Іщенко В. А., Березюк А. П. Хімічні перетворення зношених автомобільних шин у доквіллі. *Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2014. № 2 (13). С. 52-54.
4. Березюк А. П., Іщенко В. А. Екологічні впливи відпрацьованих автомобільних шин. IV-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. Вінниця: ДІЛО, 2013. С. 144-146.
5. ДСТУ 2195-99 "Охорона природи. Поводження з відходами, технічний паспорт відходу".
6. Березюк А. П., Іщенко В. А. Аналіз способів утилізації відпрацьованих автомобільних шин: Матеріали Міжнародної наукової конференції «Від заповідання до збалансованого природокористування», 20-22 березня, 2013. Донецьк, 2013. С. 105-106.
7. Horner J. M. Environmental Health Implications of Heavy Metals Pollution From Car Tyres. *Reviews on Environmental Health. Rev. Environ. Health Journal*. 1999. № 11(4). P. 175-178.
8. Zelibor J. L. Leachate From Tyre Samples [Text] : The RMACLP Assessment Project Radian Report. Scrap Tyre Management Council. Washington D. C., 1991. 22 p.
9. L. A. Downs, D. N. Humphrey, L. E. Kats, C. A. Rock. Water Quality Effects of Scrap Tyre Chips Below The Groundwater Table: Research Study for the Maine Department of transportation / Department of Civil and Environmental Engineering . University of Maine, 1996 . 323 p.

10.Петрук В. Г., Прокопенко В. О., Турчик П. М. Оцінка впливу на навколишнє середовище шинної промисловості: Збірник 69 матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця, 2009. С. 73-76.

11.Сергієнко М. І., Васильченко А. І., Веремєнко М. П. Проблема утилізації автомобільних шин та шляхи її вирішення: Збірник наукових праць НТК «Енергетика. Екологія. Людина», розділ «Інженерна екологія». К., 2009. С. 338-341.

References

1. Petruk V. H., Prokopenko V. O., Turchyk P. M. Otsinka vplyvu na navkolyshnie seredovyshche shynnoi promyslovosti: Zb. mater. II-ho Vseukr. zizdu ekologiv za mizhnar. uchastiu. Vinnytsia, 2009. P. 73-76. [in Ukrainian]

2. Serhiienko M. I. Vasylchenko A. I., Veremenko M. P. Problema utylizatsii avtomobilnykh shyn ta shliakhy yii vyrishennia: Zb. nauk. pr. nauk.-tekh. konf. «Enerhetyka. Ekolohiia. Liudyna» ; rozd. «Inzhenerna ekolohiia». K., 2009. P. 338-341. [in Ukrainian]

3. Ishchenko V. A., Bereziuk A. P. Khimichni peretvorennia znoshenykh avtomobilnykh shyn u dovkilli. Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut». Serii «Khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberezhennia». 2014. No 2 (13). P. 52-54. [in Ukrainian]

4. Bereziuk A. P., Ishchenko V. A. Ekolohichni vplyvy vidpratsovanykh avtomobilnykh shyn. IV-y Vseukrainskyi zizd ekologiv z mizhnarodnoiu uchastiu (Ekolohiia/Ecology-2013), 25-27.09.2013. Zbirnyk naukovykh statei. Vinnytsia: DILO, 2013. P. 144-146. [in Ukrainian]

5. DSTU 2195-99 "Okhorona pryrody. Povodzhennia z vidkhodamy, tekhnichniy pasport vidkhodu". [in Ukrainian]

6. Bereziuk A. P., Ishchenko V. A. Analiz sposobiv utylizatsii vidpratsovanykh avtomobilnykh shyn: Materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Vid zapovidannia do zbalansovanoho pryro-?okorystuvannia», 20-22 .03. 2013. Donetsk, 2013. P. 105-106. [in Ukrainian]

7. Horner J. M. Environmental Health Implications of Heavy Metals Pollution From Car Tyres. Reviews on Environmental Health. Rev. Environ. Health Journal. 1999. № 11(4). P. 175-178.

8. Zelibor J. L. Leachate From Tyre Samples [Text] : The RMACCLP Assessment Project Radian Report. Scrap Tyre Management Council. Wasbington D. C., 1991. 22 p.

9. L. A. Downs, D. N. Humphrey, L. E. Kats, C. A. Rock. Water Quality Effects of Scrap Tyre Chips Below The Groundwater Table: Research Study for the Maine Department of transportation / Department of Civil and Environmental Engineering . University of Maine, 1996 . 323 p.

10.Petruk V. H., Prokopenko V. O., Turchyk P. M. Otsinka vplyvu na navkolyshnie seredovyshche shynnoi promyslovosti: Zbirnyk 69 materialiv II-ho Vseukrainskoho zizdu ekologiv z mizhnarodnoiu uchastiu. Vinnytsia, 2009. P. 73-76. [in Ukrainian]

11.Serhiienko M. I., Vasylchenko A. I., Veremenko M. P. Problema utylizatsii avtomobilnykh shyn ta shliakhy yii vyrishennia: Zbirnyk naukovykh prats NTK «Enerhetyka. Ekolohiia. Liudyna», rozdil «Inzhenerna ekolohiia». K., 2009. P. 338-341. [in Ukrainian]

ANALYSIS OF THE DISPOSAL AND RECYCLING OF USED CAR TIRES

Ihor Zakhara*

Candidate of Technical Sciences, associate professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, Karpatska Str., 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6214-6548>
e-mail: texnikigor83@gmail.com

Abstract. In recent years, a significant proportion of the Ukrainian population has increased the number of cars used in everyday life. The rapid growth of the automobile fleet, both in Ukraine and worldwide, leads to the constant accumulation of waste from vehicle operation. One source of environmental pollution is worn vehicle tyres. It is well known that they are not biodegradable, flammable and toxic. In the event of a fire, they are difficult to extinguish. When stored, they provide an ideal breeding ground for rodents and insects, and they can also serve as a source of infectious diseases. Therefore, the problem of recycling worn tyres is of great environmental and economic importance to all developed countries. As waste, worn tyres take up a lot of physical space and are difficult to compact, collect and eliminate. The uncontrolled storage of tyres in open areas or waterways increases the risk of environmental pollution and poses a serious threat to human health. Authorised storage methods have fewer negative consequences than uncontrolled storage, but they either create their own risks of environmental pollution or do not allow for the capture of significant volumes of waste by an economically advantageous method of disposal. The accumulation of large quantities of rubber waste leads to its unorganised storage in landfills or its uncontrolled dispersion in the environment, thereby increasing the level of environmental hazard in nearby areas due to the release of harmful substances.

Keywords: wheeled vehicles; residual tread depth; worn tires; disposal; pyrolysis; tire recycling.