

**Чернега В.Ю.,** аспірант кафедри  
**Автомобілів та транспортного менеджменту**  
*Вінницький національний технічний університет*

## **ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЮВАНИХ АВТОШИН ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ВУГЛЕЦЯ ПРОЛІЗУ ВІДПРАЦЮВАНИХ АВТОШИН**

Автомобільний транспорт має найважливіше значення для функціонування суспільного виробництва та життя людей. Однак при цьому він є головним глобальним джерелом забруднення навколишнього середовища. На його частку припадає до 60-80% забруднення навколишнього середовища, а в районах найбільшого зосередження людей (густонаселених) районах, курортних містах, вздовж автомагістралей і т. д. – до 90-95%. Під час експлуатації транспортних засобів утворюється велика кількість відходів, велику небезпеку серед яких несуть зношені автомобільні шини, які складно збирати та утилізувати. За статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я, ризик виникнення раку у робітників, зайнятих на виробництві шин, перевищує ризик онкозахворювань у пересічного мешканця сучасного міста у 8 разів. Крім викидів відпрацьованих газів, транспортний потік створює хмару пилу, що перевищує 60% з мікроскопічних та ультрамікроскопічних частинок радіусом 10,0-0,25 мкм, які утворюються в результаті стирання автомобільних шин (при контакті з дорожнім покриттям), самого дорожнього покриття та гальмівних накладок (при гальмуванні). Тому актуальним є вивчення способів поводження з ними та оцінки впливу цих відходів на довкілля та здоров'я людини.

У процесі виробництва та експлуатації всіх видів гумових виробів виникає велика кількість гумовмісних відходів, основну масу яких складають ті, що вийшли з експлуатації автомобільні шини. Гумові відходи, на відміну від інших видів відходів (деревні, рослинні відходи, відходи харчової промисловості та ін.), практично не схильні до руйнування під впливом кліматичних факторів і діяльності мікроорганізмів. У різних країнах докладаються значні зусилля щодо розробки екологічно чистих технологій та обладнання для переробки гумотехнічних відходів.

Обсяги накопичення відпрацьованих автомобільних шин у світі досягають величезних розмірів. В Україні кількість автотранспорту інтенсивно збільшується, а кількість зношених шин зростає пропорційно до кількості автомобілів.

Шини, що вийшли з експлуатації, є потужним джерелом забруднення навколишнього середовища. Викинуті на звалища, або закопані шини розкладаються в природних умовах не менше, ніж 100 років. Контакт шин з дощовими опадами та з ґрунтовими водами супроводжується вимиванням ряду токсичних органічних сполук: дифеніламіну, дибутилфталату, фенантрени та ін. Всі ці сполуки потрапляють у ґрунт. Крім того, навіть якщо гума не експлуатується, вона виділяє немалу кількість хімічних речовин. (До 100) [1].

Разом з тим, зношені автомобільні шини є цінним джерелом вторинної сировини: гуми, технічного вуглецю, металевого корду і т.д.

Зношена шина є цінною вторинною сировиною, що містить 65-70% гуми (каучук), 15-25% технічного вуглецю, 10-15% металу. Економічне значення використання відпрацьованих шин визначається тим, що видобуток природних ресурсів стає дедалі дорожчим, а у деяких випадках – обмеженим. Утилізація зношених автошин дозволить суттєво знизити споживання деяких дефіцитних природних ресурсів. Тому використання відпрацьованих шин набуває все більшої значущості.

Існує три умовні категорії комерційної переробки автомобільних покришок: подрібнення, піроліз (високо- та низькотемпературний), розкладання за допомогою хімічних розчинників [15].

Одним із напрямів переробки зношених шин є регенерація, спрямована на виробництво замінича частини нового каучуку, використовуюваного під час виробництва гумотехнічних виробів. Однак кількість зношених шин, що застосовуються для виробництва регенерату, не перевищує 20% їх загальної кількості [2].

Актуальним є метод термодеструкції гуми з отриманням рідких продуктів та смол, які можна використовувати як пластифікатори в гумових сумішах на основі бутилкаучуку, характеристики міцності при цьому підвищуються.

Сольволіз шинної крихти 5 мм у суміші з ізопарафіновим вуглеводородом при 250°C та співвідношенні гуми та розчинника 1:4 через 10 годин призводить до одержання суспензії гуми, яку можна використовувати як основний продукт при виготовленні гідроізоляційного матеріалу, пом'якшувача для гумових сумішей, як добавки при виготовленні протекторних стрічок.

Зі зношених автомобільних шин отримують гумову крихту, яка може бути використана як компонент полімерних сумішей, у гумоасфальтових сумішах для дорожнього будівництва, для часткової заміни

бітуму, для виробництва будівельних та технічних матеріалів та виробів, як еластичний наповнювач для покриттів.

Гумову крихту одержують шляхом подрібнення вулканізованих гумових відходів. Застосовують крихту з діаметрами частинок від 0,02 до 3 мм. Основна перевага переробки автопокришки в кінцевий продукт у тому, що в ньому зберігаються основні фізичні та хімічні властивості гуми.

В основу технології переробки закладено механічне подрібнення шин до невеликих шматків з наступним механічним відділенням металевого та текстильного корду, заснованому на принципі «підвищення крихкості» гуми при високих швидкостях зіткнень, та отримання тонкодисперсних гумових порошків розміром до 0,2 мм шляхом екструзійного подрібнення отриманої гумової крихти. Для механічного подрібнення розроблено спеціальні установки.

У багатьох країнах перспективним вирішенням проблеми вважається спалювання шин з метою отримання енергії та тепла, а також як паливо у цементній промисловості. Таким шляхом можна досягти суттєвого скорочення обсягів зношених шин. У Німеччині, Великій Британії та Італії вважають оптимальною областю використання шин для отримання енергії [2].

Однак спалювання не вигідне ні з економічної, ні з екологічної точок зору, в основному через високий вміст сірки. Процес спалювання сприяє посиленню парникового ефекту. Високий вміст сірки (до 2%) ускладнює очищення продуктів горіння [1]. У процесі горіння завжди утворюються такі органічні сполуки, як пірен, фенантрен, антрацен, флуорантен та інші, що належать до 1 та 2 класу небезпеки, багато з них є канцерогенами. При спалюванні 1 т зношених шин у повітря виділяється 270 кг сажі, 450 кг токсичних газів [3].

Необхідно також враховувати, що енергозміст шини менший від тієї енергії, яка була витрачено на її виробництво. При виготовленні однієї шини в середньому витрачається 35 л нафти. При її спалюванні виділяється енергія еквівалентна одержуваної від спалювання 6-8 л нафти, при цьому витрати на полімеризацію не поповнюються.

Ще один недолік спалювання зношених шин – це знищення хімічно цінних речовин, що містяться в матеріалі зношених шин.

Альтернативою спалювання є піроліз зношених шин. У реакторі сировина піддається розкладанню при температурі приблизно 450°C, у процесі якого виходять напівпродукти: газ, рідкопаливна фракція, вуглецевмісний залишок та металокорд. Піроліз перспективний у силу можливості переробки цілих шин.

Аналіз економічної діяльності підприємств показує, що подрібнення потребує великих енерговитрат, а отриманий результат – крихта – важко обробляється у реакторі [3]. Піроліз природно не подрібнених шин не вимагає жодної механічної обробки.

Перевагою піролізу є його екологічна безпека, внаслідок перебігу процесу у відсутності атмосферного повітря, внаслідок чого в піролізних газах у низьких концентраціях містяться такі токсичні сполуки, як діоксид сірки, оксиди азоту та оксид вуглецю. Важливим аргументом на користь піролізу служить утворення твердого вуглецевого залишку у вигляді шматків і частинок широкого фракційного складу, що представляється як вторинна сировина в окремих галузях хімічної промисловості.

Газ частково повертається в топку реактора підтримки процесу. Решта газу спалюється на свічці або надходить на котел-утилізатор.

Вуглецевий залишок після гасіння і охолодження піддається магнітній сепарації (або просіюється через сито) з метою відокремлення дроту металокорду. Рідке паливо та металокорд вирушають на склад для подальшого відвантаження споживачеві.

Рідкі продукти, що складаються із суміші бензину, дизельного палива та мазуту, можуть перероблятися котельнями без змін технологічного режиму.

Твердий залишок, що виходить - низькоякісний вуглець, практично не може знайти свого застосування безпосередньо і складається на промайданчику підприємства.

Рідкі та газоподібні продукти піролізу можна використовувати не тільки як паливо, але і як плівкоутворювальні розчинники, пластифікатори, пом'якшувачі для регенерації гум. Важка фракція піролізату як добавка до бітуму, що використовується в дорожньому будівництві, може підвищити його еластичність, стійкість до холоду та вологості [4].

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

Найбільший інтерес з продуктів піролізу, придатних для подальшого використання, викликає саме технічний вуглець. Однак більшість з існуючих методів піролізу не дає високоякісного технічного вуглецю. Піролізна сажа характеризується високою зольністю, низьким підсилюючим дією і забруднена сіркою.

Технічний вуглець найчастіше має неприйнятну для прямого використання зольність ( $V_{daf} = 12 - 15\%$  мас.), через присадки в гумі, може бути дуже токсичний, через порушення технологічного режиму,

безпосередньо він не годиться ні як сорбент, ні у електродну промисловість, ні як паливо. У підприємства можуть виникнути складності із його реалізацією.

У той же час використання технічного вуглецю перспективно у різних галузях промисловості.

Твердий залишок може бути використаний як вихідний матеріал при отриманні активованого вугілля, піровуглецю, а також як паливо в спеціальних топкових пристроях. Крім того, в даний час у всьому світі гостро стоїть проблема пошуку нових ефективних заміників дорогих металургійних коксів та отриманий в результаті піролізу технічний вуглець, за умови належної обробки може послужити сировиною для отримання вуглецевих відновників. Однак серйозною перешкодою цьому рішення може послужити забрудненість залишку піролізу сіркою, вміст якої в металургійних коксах неприпустимий.

Вирішення питання про додаткову обробку технічного вуглецевого залишку після піролізу з його активацією, що збільшує питому поверхню, може відкрити нову сторінку технології отримання вуглецевих відновників металів, які вкрай необхідні металургійної промисловості країни.

Одним із перспективних шляхів може стати каталітична гідродесульфурізація, що має найважливіше значення у переробці нафти та рідкого палива в цілому. Завданням каталітичної гідродесульфурізації є практично повне гідрування та видалення сірки з різних фракцій палива, а також із сировини для каталітичного риформінгу.

**Висновки.** Таким чином, наукові дослідження, спрямовані на розширення областей застосування вуглецевмісного залишку піролізу автошин, є актуальними, оскільки зростання попиту на нього вимагатиме створення нових потужностей з піролізу зношених шин, що сприятиме зменшенню накопичення їх у навколишньому середовищі. Дана робота відкриває перспективи використання твердого вуглецевого залишку піролізу зношених шин для вирішення ряду екологічних проблем, переробки технічного вуглецю в паливні брикети та інші види палив

#### **Література**

1. Макаров В.А., Макарова Т. В., Чернега В. Ю.. До оцінки ефективності функціонування системи «колесо-дорога». Електронний збірник тез XV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 24-26 жовтня, м. Житомир. 2022. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/93.pdf2>
2. LOCAL UTILIZATION OF SCRAP TIRES [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kynhearth.org/tire\\_ut.html](http://kynhearth.org/tire_ut.html)
3. Press Release: Pollution From Tyre Wear 1,000 Times Worse Than Exhaust Emissions // Emissions Analytics [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://www.emissionsanalytics.com/news/pollution-tyre-wear-worse-exhaust-emissions>.
4. Чернега В. Ю.. Доцільне використання пневматичних і безповітряних шин. Науковий журнал «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті» – Луцьк: ЛНТУ( 2024) DOI 10.36910/automash.v1i22.1378