

Чернега В.Ю.

Вінницький національний технічний університет

**ВИКОРИСТАННЯ ЗНОШЕНИХ ШИН ІЗ АСПЕКТІВ ЕКОНОМІЧНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ**

Після переходу виробництва шин від натуральних матеріалів до виробництва синтетичних шин, світ підходив з кожним роком до проблеми накопичення відпрацьованих шин. Відповідно з того часу до сьогодні, були впроваджені способи утилізації шин, економічно вигідні та екологічно доцільні. Які будуть наведені у статті, та проаналізовані щодо їх актуальності у наш час.

Важливим завданням є накопичення відпрацьованих шин, обумовлене з їх зберіганням та утилізацією - це стає глобальною екологічною проблемою. Висока екологічна небезпека зношених шин обумовлена, з одного боку, токсичними властивостями матеріалів, з яких вони виготовлені, з іншого — властивостями понад сто хімічних речовин, що виділяються в довкілля під час експлуатації, обслуговування, ремонту та зберігання шин. Створення масштабної промисловості з утилізації автомобільних шин є найважливішою економічною задачею, вирішення якої призведе до розвитку значущої системи переробки, тобто поліпшення екологічної ситуації.

У цій статті наведено інформацію про можливі напрямки використання старих автомобільних шин, накопичення та утилізація яких завдає значних проблем навколишньому середовищу. Основними сферами використання зношених шин є: використання цілих шин і частин шин, руйнування старих шин при високих температурах, піроліз, використання зношених шин як палива в цементній промисловості, виробництво енергії та тепла, виробництво вторинної гуми та виробництво гумової крихти. Відомі два принципово різні види технологічних процесів переробки зношених шин, сьогоднішній день в основному застосовуються методи переробки гуми, які забезпечують максимальне збереження хімічної складової, з метою виробництва гумовмісних виробів з відновленої гуми.

**Ключові слова:** використані автомобільні шини, основні сфери використання, утилізація, забруднюють навколишнє середовище, відпрацьовані шини.

**ВСТУП**

Сьогодні, у зв'язку з розвитком полімерної промисловості, кількість полімерних відходів постійно збільшується. Найпоширенішим сміттям у медіаіндустрії є автомобілі. За оцінками фахівців шинної промисловості у світі, щорічно більше 1 млн. тонн викидається старих шин [1]. Економічне значення переробки та використання зношених шин полягає в тому, що багато цінних полімерів та армуючих матеріалів зберігають свої початкові властивості. Екологічна сторона проблеми полягає в тому, що старі шини збираються на відпрацьованих ділянках і забруднюють землю через високу стійкість до зовнішніх факторів (сонця, кисню, озону, вологості). У той же час земля була спустошеною, а ґрунт і вода забрудненими. При обробці вони стають ідеальним середовищем для розмноження хвороботворних паличок і кровосисних комах. Пожежі можуть спалахнути, і їх важко загасити, і коли вони горять, у повітря виділяються токсичні гази, зокрема такі токсини, як діоксин, бензапірен і фурані.



Рисунок 1 – Забруднення довкілля шинами

**АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ.** Сьогодні в провідних країнах світу щороку з сировини переробляється не більше 20% вживаних автомобілів, але зростання автопарку становить 3-7% на рік. Використані шини можна захоронити або переробити. Тому

виникають ряд проблем із скупченням відпрацьованих шин. Звалища шин недоцільний і в майбутньому його слід повністю виключити. Відомі способи переробки та використання відпрацьованих шин можна розділити на 5 груп за зміною характеру відходів [1]:

- види використання невикористаних шин без зміни їх розміру та форми;
  - спосіб закінчити руйнування первинної лікувальної системи;
  - методи, що пошкоджують глибинні відходи;
  - методи, що призводять до суттєвих змін природи ліків, за рахунок перенесення пружної деревини на виробі з пластичними властивостями (регенерація виробництва);
  - способи, що не мають істотної зміни плавлення препарату (виробництво гумової крихти).
- Розглянемо, як зберігати та використовувати герметичні шини, як їх розділяти. Використовує цілі автомобілі та уламки коліс. Цілі шини можуть бути використані в гідротехніці, як рифи (платформи для розповсюдження), для захисту схилів від ерозії, як звукові бар'єри, плавучі води та тріщини. Науково-дослідний інститут гідротехніки та меліорації штату Джорджія розробив різні проекти захисту краю та гідротехнічних споруд з використанням відпрацьованих шин. Це інструмент для захисту схилу від ерозії [3], речі робляться із напівколесами;
- антифільтраційний шар, що складається із захисного пилового шару шин, розрізаних по колу [4];
  - протиерозійні дамби, що являють собою шини, розміщені на пагорбах [5];
  - пристрої для збору наносів і перегородження річок, у тому числі дамб із сухого бетону [6]; - чорні розчинники, в тому числі добавки з кисті [7];
  - шпindelі та шпindelельні мотор-блоки [8].

В результаті запропонованого проекту у 1990 році біля Григор'ївського лиману в Чорному морі була побудована перша черга берегозахисної споруди з дворівневим укріпленням з чорного бетону і створенням спокійної води. Випробування цієї конструкції показали її високі властивості загасання хвилі та стійкість до хвильового впливу.

У США, Австралії, Японії, Новій Зеландії та деяких інших країнах з каналів, що використовуються для підвищення морської біопродуктивності, створено сотні штучних нерестовищ [10]. Основні переваги таких нерестовищ полягають у тому, що морська вода незабруднена і дуже стабільна. За деякими даними, довголіття покриттів в морі становить 150-200 років. Тому із шини виготовляють хвилерізи. Однак у них є серйозні недоліки: вони не працюють при сильних хвилях і складні в обслуговуванні. Щоб захистити схил від сходження, його покривають шинами, засипають ґрунтом і засаджують травою.

Розробником конструкції стала компанія «Органікон» (Німеччина) шумозахисні огороження на магістралях. Одна сторона відкривається сторона шини, яка потім ущільнюється та заповнюється ґрунтом. В результаті виходить нахил із даної конструкції що не сходить. У цьому випадку витрата шин становить 5000 на 100 м довжини стінки. Для будівництва доріг із м'якими торф'яними ґрунтами використовують бетонні блоки [10].

Із зношених шин будувати мости можна через невеликі річки із використанням бетону, струмки, канали, прокладати трубопроводи під дорогами та залізницями, будувати огорожі [1]. Ці будівлі довговічні, а вартість будівництва значно нижча, ніж аналогічні бетонні будівлі. Попит на шини, які використовуються в інженерних роботах, коливається від кількох тисяч до десятків тисяч тонн на рік, залежно від розміру країни та розмаху її бізнесу.

Руйнування шин високими температурами. Виробництво термодеструкції шин, що містять дорогоцінне мінеральне масло. Цей процес вивільняє розчинену гуму, вуглеводневий конденсат, гази та метали. Залежно від умов виробництва такі викиди можуть використовуватися як сировина для гідроізоляційних матеріалів, виробництва мастік, нафтохімічного, котельно-пічного палива, бітуму. Тому Французький нафтовий інститут і компанія Michelin розробили технологію процесу та обладнання для термічної деструкції шин у важких масел при температурах до 580 °С. Згідно з патентом Румунії [6] шини набухають у суміші ароматичних, парафінових і нафтових вуглеводнів при 180 - 220 °С протягом 24-36 годин. Потім матеріал пресують в отвір діаметром 2 мм під тиском 20 - 60 МПа. Отриманий прес паста використовується для виготовлення колісних протекторних стрічок. Створено спосіб виробництва попередньо нагрітої гуми в рідкій або газовій фазі при 180-320°C з подальшим механічним відділенням рідкої фази від металевих залишків і текстилю. Найбільш липкий продукт використовується як бітум. Основним недоліком такого процесу є висока пожежонебезпечність і вибухонебезпечність. Крім того, відсутність економічних і екологічних факторів ускладнює оцінку концепції.

У багатьох країнах (США, Японія, Німеччина, Швейцарія та ін.) давно використовуються індустриальні установки піролізу каучуку потужністю 7-15 тис. тонн. Цілі шини, деталі шин і крихта можуть піддаватися піролізу. Процес проводять в середовищі з дефіцитом кисню, у вакуумі, у водневій атмосфері, з каталізаторами або з їхньою присутністю, в евтектичній суміші хлориду літію і хлориду натрію, в реакторах періодичної і безперервної дії, в рідкому вигляді. 400 - 1000 °С, максимальна зрідженому шарі при температурі 700 800 °С. Більшість установок використовуються в періодичному режимі, а готовий продукт має бути повторно очищеним, перед використанням мали б достатнє хімічне очищення. У цьому випадку витрати знижують собівартість готової продукції, виникають проблеми зі збутом наявних матеріалів, а високий рівень вимагає нових екологічних заходів, для захисту навколишнього середовища недостатньо. В останні роки було відкрито кілька нових технологій для підвищення ефективності піролізу твердого палива. Компанія Energy Research International може переробляти 1 000 000 шин на рік із вдосконаленою конфігурацією, яка отримує дизельне паливо, високотехнологічний вуглець і сталевий дріт [1]. Компанія American Tire Reklemeishin (США) впровадила метод піролізу зношених шин, який покращує якість технічного вуглецю, отриманого шляхом очищення його від домішок [8]. В Японії Heben Recycler використовує звичайний автомобільний завод, тоді як Kobe Steel і Onahama Smelting and Refining працюють безперервно [4]. У Канаді під вакуумом побудовано піролізний завод потужністю 10 тис. тонн шин на рік. У таких умовах підвищується рівень мастила. В Англії завод, у якому переробляють 50 000 шин, а саме частинки розміром 20 мм шляхом піролізу при 550 °С у безкисневому середовищі [2].

### **ЦІЛЬТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Останнім часом велика увага дослідників приділяється важливим завданням, а саме накопичення відпрацьованих шин, обумовлене з їх зберіганням та утилізацією - це стає глобальною екологічною проблемою. Створення масштабної промисловості з утилізації автомобільних шин є найважливішою економічною задачею, вирішення якої призведе до розвитку значущої системи переробки, тобто поліпшення екологічної ситуації. Задачі дослідження виступає порівняння використання відпрацьованих шин у різних галузях, відповідно як палива так і повторного використання як перероблена сировина. Відповідно було порівняно із сфери економічної та екологічності, доцільність використання шин відпрацьованих як паливо.

Також велика увага дослідників приділяється процесу гідрогенізації твердого палива для отримання вуглеводнів як ресурсу для нафтопереробки [5]. Головною перевагою цього процесу є можливість переробки на існуючих нафтопереробних заводах.

Використання шин для палива, електроенергії та тепла в цементній промисловості. Ці два методи є невеликими та перспективними для обробки розмелених шин, оскільки полімерні матеріали, гази та важкі метали, що утворюються під час процесу, втрачаються при спалюванні та забруднюють навколишнє середовище. Необхідно запровадити дороге та важке очищення. Якщо для виготовлення шини потрібно 35 літрів нафти, то для її згоряння дорівнює еквіваленту 6-8 літрам [7]. За енергетичною користю спалювання шина займає проміжне місце між вугіллям і нафтою. Спалювання шин у цементній печі ефективно лише для при створенні простого та легкого завантажувального пристрою.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Рівень забруднення навколишнього середовища під час спалювання шин у цементних печах знижується тим що, зумовлений великою кількістю кисню в печах, але в порівнянні зі спалюванням вугілля, викидається в атмосферу більше шкідливих речовин (рис 2) [9].



Рисунок 2- Порівняльні діаграми викидів при горінні вугілля та шини.

Кількість забруднюючих речовин, що викидаються в результаті згоряння шин і вугілля. Кадмій і цинк є сильними каталізаторами для утворення діоксиду, хрому і свинцю, які є менш активними. Також під час спалювання шин утворюється діоксид сірки, який необхідно відокремити та вловити. Забруднення навколишнього середовища сполуками сірки негативно впливає на репродукційну функцію, тому становить загрозу не лише людям, які живуть зараз, а й майбутнім поколінням. Сполуки сірки можуть безпосередньо впливати на вагітність або мати фізичні та гормональні зміни [7]. У 1990 році Німеччина прийняла обмеження для діоксинів і фуранів у димових газах нижче 0,1 нг/м<sup>3</sup>. Норми необхідні і установки для спалювання палива та відходів повинні відповідати стандартам, а старі будівлі мають бути відремонтовані протягом 3 років. Незважаючи на ці недоліки, спалювання для отримання тепла та електроенергії широко поширене в інших країнах. У більшості промислово розвинених країн розглядається використання традиційних методів у цементній промисловості [4]. Використання шин як палива є тимчасовим, і ті, що використовуються матеріали, повинні використовуватися ефективніше, ніж просте розкладання сирих полімерних матеріалів.

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Протягом тривалого часу в усьому світі основною економією в шинній промисловості, промисловості взуттєвій та промисловості гумових виробів було використання регенерату, часто вироблявся із відпрацьованих шин. Проте в інших країнах і в країнах СНД рівень виробництва та використання відновлених матеріалів регенерату значно знизився. Настільки суттєва зміна умов виробництва та використання регенерату була скорочена внаслідок багатьох причин [1]:

- зниження ціни та збільшення асортименту різних матеріалів;
- постійно зростаючі вимоги до функціональних характеристик регенерату;
- підвищення виробництва радіальних шин, великих шин з малим каркасом, безкамерних шин з легкою монтажною пластиною;
- витіснення регенерата тонкою дисперсною крихтою завдяки низьким експлуатаційним витратам;
- збільшення використання пластику замість каучуку у виробництві деяких видів гумових виробів та взуття;
- збільшення потреби у переробці сталевих дротів і суворих вимог щодо охорони навколишнього середовища, збільшення витрат на виробництво відновлених матеріалів;
- висока трудомісткість та дорогий процес виготовлення регенерату;
- недостатня якість регенерата, особливо в країнах СНД.

Слід зазначити, що регенератна технологія виробництва шкідлива для навколишнього середовища. Інгредиенты, які використовуються у виробництві регенерата, є токсичними, а ефірні масла канцерогенними. Типовий промисловий метод відновлення термомеханічної роботи здійснюється при високих і часто неконтрольованих температурах, що призводить до вивільнення сполук сірки в навколишнє середовище.

У перспективі можна очікувати, що регенерат буде використовуватись у виробництві дешевої продукції, у виробництві матеріалів гідроізолюючих, а також як сполучна речовина в робочих і промислових виробках. Сьогодні все більше шини використовуються для переробки у крихту. Це пояснюється тим, що процес його роботи вимагає менше енергії. Крім того, використання крихти не тільки як добавки до гумових виробів використовується, але і як основу для виробництва багатьох виробів для будівельних і промислових робіт, дозволяє зрозуміти економічну цінність полімерних матеріалів. Таке використання гумової крихти, зберігає її технічні властивості, дозволяє зменшити забруднення навколишнього середовища. Порівняно з вищезазначеними способами переробки шин технологія виробництва крихти є кращою, оскільки є більш ефективною. Основною екологічною проблемою у виробництві гумової крихти є нездатність повністю вловити відходи тонкого мілкої фракції, що призводить до утворення пилу.

Таким чином, використання різних методів переробки використаних шин дає можливість використати цінні полімерні матеріали. При виборі метода переробки шин потрібно опиратись не тільки на технічний та економічний фактор, але враховувати екологічну безпеку.

### ВИСНОВКИ

З викладеної інформації можна дійти наступного висновків: що утилізація шин на даний час у світі стоїть наважливого місці, є необхідність утилізації шин у великих обсягах; утилізувати шини можна різними способами, як використання при будівництві, повторного використання гуми та матеріалів шини, переробка на крихту, та навіть у якості палива; екологічно не доцільно використовувати шини як паливо; присутня тенденція боротьби із використаними шинами не тільки у якості економічної складової, а перехід до екологічної проблеми із ними, тому набирає актуальності утилізація шин менш шкідливими способами для довкілля; для зниження шкідливої складової відпрацьованих шин, потрібно опиратись на інновації розвитку способів екологічних для утилізації шин, та подальшому розвитку інтелектуальних шин для меншого забруднення довкілля.

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1.Schubert J.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Reifen : Doktor-ingenieurs Dissertation : Fahrbahn-Rollgeräusch / J. Schubert. – Dresden, 2003. –113
- 2.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>
- 3.Технологія утилізації та переробки шин. – [Режим доступу: <http://ecogreenline.com.ua/ua/articles/21> ].
- 4.Некрасов В.Г. Зношені шини як вторинний енергоресурс. Промислова енергетика. 1992.(№7). С.42–45.
5. Хімія України, СНД, світу [Електронний ресурс]: виробники галузі гумових пневматичних шин, товарообіг шин, об'єми реалізації гумових пневматичних шин в Україні в 2010–2012 рр. – Режим доступу: <http://ukrchem.dp.ua/>
- 6.Вещев А.А., Проворов А.В. Утилізація зношених покришок пневматичних шин. Каучук і гума. 2009. (№4). С.37–40.
- 7.Пляцук Л.Д., Гурець Л.Д., Будьонний О.П. Утилізація гумових відходів. Вісник Кременчуцького державний політехнічного університету ім. Михайла Остроградського.2007 №46). С.152–154
8. Collecting used tyres in Finland [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nokiantyres.com/utilization-of-used-tyres>
9. LOCAL UTILIZATION OF SCRAP TIRES [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kynhearth.org/tire\\_ut.html](http://kynhearth.org/tire_ut.html)
- 10.Чернега В.Ю., Мамчур В.В., Макаров В.А. До питання поглиблення дослідження ефективності функціонування системи «Колесо-Дорога». Матеріали XI Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет

## REFERENCES

1. Schubert J.: Experimental und theoretical Untersuchungen zum Reifen : Doktor-ingenieurs Dissertation : Fahrbahn-Rollgeräusch / J. Schubert. -Dresden, 2003. -113
2. Makarov V.A., Makarova T.V., Chernega V.Yu.. To assess the effectiveness of the "wheel-road" system. Electronic collection of theses of the 15th international scientific and practical conference "Modern technologies and prospects for the development of road transport", October 24-26, Zhytomyr. 2022. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/93.pdf2>
3. Tire recycling and recycling technology. – [Access mode: <http://ecogreenline.com.ua/ua/articles/21>].
4. Nekrasov V.G. Worn tires as a secondary energy resource. Industrial energy. 1992. (No. 7). P.42–45.
5. Chemistry of Ukraine, the CIS, and the world [Electronic resource]: manufacturers of the industry of rubber pneumatic tires, turnover of tires, volumes of sales of rubber pneumatic tires in Ukraine in 2010–2012 – Access mode: <http://ukrchem.dp.ua/>
6. Veschev A.A., Provorov A.V. Disposal of worn tires of pneumatic tires. Rubber and rubber. 2009. (No. 4). P.37–40.
7. Plyatsuk L.D., Gurets L.D., Budyonnyi O.P. Utilization of rubber waste. Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University named after Mykhailo Ostrogradsky. 2007 No. 46). P.152–154
8. Collecting used tires in Finland [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.nokiantyres.com/utilization-of-used-tyres>
9. LOCAL UTILIZATION OF SCRAP TIRES [Electronic resource]. – Access mode: [http://kynhearth.org/tire\\_ut.html](http://kynhearth.org/tire_ut.html)
10. Chernega V.Yu., Mamchur V.V., Makarov V.A. To the question of deepening the study of the effectiveness of the functioning of the "Wheel-Road" system. Materials of the 11th International Scientific and Technical Internet Conference "Problems and Prospects of Road Transport Development", April 13-14, 2023: collection of scientific works / Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnytsia National Technical University

***Chernega V.Yu. Use of worn tires from the aspects of economic and environmental use***

After the transition of tire production from natural materials to the production of synthetic tires, the world approached the problem of accumulation of used tires every year. Accordingly, from that time to today, there have been implemented methods of recycling tires that are economically beneficial and ecologically appropriate. Which will be given in the article and analyzed for their relevance in our time.

An important task is the accumulation of used tires, due to their storage and disposal - this is becoming a global environmental problem. The high environmental danger of worn tires is caused, on the one hand, by the toxic properties of the materials from which they are made, and on the other hand, by the properties of more than a hundred chemicals released into the environment during operation, maintenance, repair, and storage of tires. The creation of a large-scale industry for the recycling of automobile tires is the most important economic task, the solution of which will lead to the development of a significant recycling system, that is, the improvement of the ecological situation.

This article provides information on the possible ways of using old car tires, the accumulation and disposal of which cause significant problems for the environment. The main areas of use of used tires are: use of whole tires and parts of tires, destruction of old tires at high temperatures, pyrolysis, use of used tires as fuel in the cement industry, energy and heat production, production of secondary rubber and production of rubber crumb. There are two fundamentally different types of technological processes for the processing of worn tires. Nowadays, rubber processing methods are mainly used, which ensure the maximum preservation of the chemical component, with the aim of producing rubber-containing products from recovered rubber.

Key words: used car tires, main areas of use, disposal, polluting the environment, used tires.

*ЧЕРНЕГА Віталій Юрійович* – аспірант, аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vitalij019283@gmail.com](mailto:vitalij019283@gmail.com)

*Vitaliy CHERNEGA*– graduate student, graduate student of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [vitalij019283@gmail.com](mailto:vitalij019283@gmail.com)

DOI 10.36910/automash.v2i23.1549