

**ДОЦІЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ І БЕЗПОВІТРЯНИХ ШИН**

У наш час важливим питанням є накопичення відпрацьованих шин, пов'язано з їх зберіганням та утилізацією - це стає глобальною екологічною проблемою. Створення масштабної переробної промисловості з переробки автомобільних шин є найважливішою економічною задачею, вирішення якої призведе до розвитку економічної системи переробки, тобто поліпшення екологічної ситуації. Кількість малих та середніх підприємств, створення нових робочих місць та збереження природних енергетичних ресурсів України.

У даній роботі наведено причини необхідності переробки та утилізації пневматичних шин, їх склад та характеристики, також розглянуті приклади регулювання питань утилізації у різних країнах, розрахунок доходу від переробки однієї тонни шин, представлені методи відновлення шин та економічний ефект від використання відновлених шин, і навіть їх споживання у деяких країнах. Описано способи переробки зношених шин, наведено приклад напівавтоматичної лінії переробки пневматичних шин, а також напрями вторинного використання гумової крихти та шин, що вийшли з використання. Розглянуто конструкційні особливості непневматичних (безповітряних) шин та способи їх переробки та утилізації. Метою статті є порівняння утилізації та способів вторинного використання пневматичних та непневматичні шини.

**Ключові слова:** пневматичні шини, непневматичні (безповітряні) шини, утилізація шин, переробка шин, склад шин, податкові та утилізаційні збори використаних автомобільних покришок, відновлення шин, переробка шин.

**ВСТУП**

У світі щорічно утворюються до 10 млн. т використаних автопокришок, що відповідає майже мільярду зношених шин. У 1999 р. Європейський Союз затвердив закон, згідно з яким з 2003 р. заборонено спалювання використаних покришок, а також поховання цілих шин, а з 2006 р. було введено заборону і на поховання шин, розрізаних на шматки. Перед світовим співтовариством постало питання про способи утилізації, переробки та методи вторинного використання шин. На сьогоднішній день кількість не перероблених зношених покришок становить: у США – 2,8 млн та у Європі – 2,5 млн т.

**АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

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.

**ЦІЛІ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Зношені шини – джерело тривалого забруднення довкілля. Доцільність утилізації та переробки шин пов'язана з низкою факторів:

1. Шини не піддаються біологічному розкладу у природних умовах. Прикладом може бути розроблений у 1972 р. проект з утилізації старих покришок шляхом створення штучного рифу (площею 150 тисяч квадратних метрів). Метою проекту було: утилізувати використані шини, розширення довкілля морських тварин, створення альтернативних місць для дайвінгу (рис. 1, а). Наслідки – руйнація природного довкілля та екосистеми загалом (рис. 1, б), руйнація природних рифів (під час штормів і ураганів шини піднімають із дна, вони налітають на коралові рифи і знищують їх), забруднення берегової смуги і т.д. Подібні проекти розроблялися і в інших країн. Щорічно волонтери в рамках програм з очищення прибережних зон прибирають із пляжів майже 12 тис. старих шин;

2. Скупчення старих покришок – це сприятливе місце для проживання гризунів і комах, що є переносниками інфекційних захворювань (рис. 1, в);
3. Звалища шин – це втрата корисних площ, шини займають великий обсяг (рис. 1, г);
4. Близько 80% шини – не відновлювані природні ресурси;
5. Шини мають високу пожежну небезпеку, при горінні виділяють отруйні речовини (рис. 1, д).

Тут представлені лише основні причини необхідності утилізації шин.[1]

Жорстка конкурентна боротьба за якість та надійність призвела до того, що склад і властивості каучуків, каркасних матеріалів, а також технологія виробництва цих виробів дуже схожі у різних виробників. В результаті сучасні шини являють собою складний композитний виріб з різномірних матеріалів, що має велику стійкість до механічних повторно-змінних навантажень і руйнівних факторів довкілля. Ці властивості шин, вкрай необхідні забезпечення безпечної експлуатації колісної техніки, стають вкрай неприємними під час вирішення проблеми їх ліквідації після завершення життєвого циклу. [2]

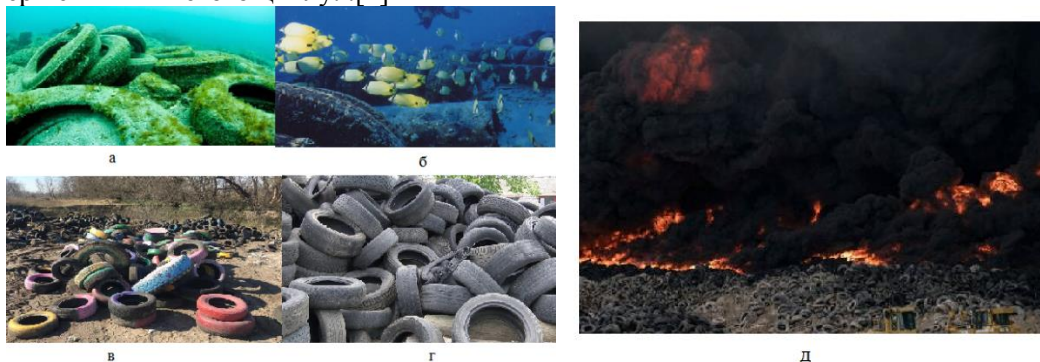


Рисунок 1 - Звалища шин:

а – шини Рифа Осборна; б - Риф Осборна після 30 років; в – скупчення старих покришок; г – звалище використаних шин; д – горіння звалища шин

У країнах ЄС поводження зі зношеними шинами контролюється наступним чином:

1. Встановлено заборону захоронення цілих шин;
2. Утилізація підлягає до 85% загального обсягу транспортного засобу, що вийшов із вживання (ТЗ);
3. Заборона спалювання шин.[3]

Також у країнах Європейського союзу на сьогоднішній день існують три системи оподаткування, організації та фінансування збору та утилізації використаних автомобільних покришок:

1. Система податкових зборів: виробники шин виплачують спеціальні податки, які надалі служать дотаціями для переробних виробництв (Данія, Словаччина, Латвія);
2. Виробники та постачальники нових шин несуть відповідальність за утилізацію. Виробники перераховують кошти (пропорційно до обсягу виручки) у спеціальний фонд, який є джерелом фінансування заводів з переробки шин, пунктів прийому шин (Швеція, Норвегія, Фінляндія, Португалія, Польща, Франція, Великобританія, Іспанія, Угорщина);
3. Кожен учасник ринку переробки шин самостійно обирає контрагента (Німеччина).

Слід зазначити, що утилізація в усіх європейських країнах є платною: той, хто здає шини, зобов'язаний сплатити так званий екологічний внесок. Залежно від типу шини екологічний внесок може сягати 110 євро. Величини екологічного внеску у відсотковому співвідношенні залежно від величини та маси шини наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Розмір екологічного внеску залежно від величини та маси шини в країнах Європейського союзу

Тип шин	Мотоцикли	Легкові авто	Вантажні авто	Спецтехніка	Сільсько-господарська, дорожно-будівна техніка	Скутери, моторолери, автокамери	Комерційний авіатранспорт	Громадський авіатранспорт	Військовий авіатранспорт
Маса, кг	3-5	5-15	15-60	-	60-130 130-200 200-450 Понад 450	Менш 3	Близько 77	Близько 6	Близько 16
Вартість, %	1	1,5	0	Індивідуально	23 38 59 100	0,55	18	1,6	3,3

У США фінансування утилізаційних програм відбувається за рахунок податків та зборів, що стягуються під час продажу шин, або під час реєстрації ТЗ.

У Японії діє «Закон про переробку відходів», на підставі якого кожен громадянин зобов'язаний самостійно доставити старі шини на пункти збору та заплатити за утилізацію.

У Фінляндії у ціну шини для легкового автомобіля входить вартість утилізації та 24% ПДВ на цю суму. Такий же збір сплачується при купівлі нового автомобіля. За рахунок зростаючої виручки від продажу вторинних ресурсів, одержуваних при утилізації, знижується величина утилізаційних зборів, які сплачує покупець. [4]

Шина, яка надходить на утилізацію, складається з низки елементів (рис. 2).

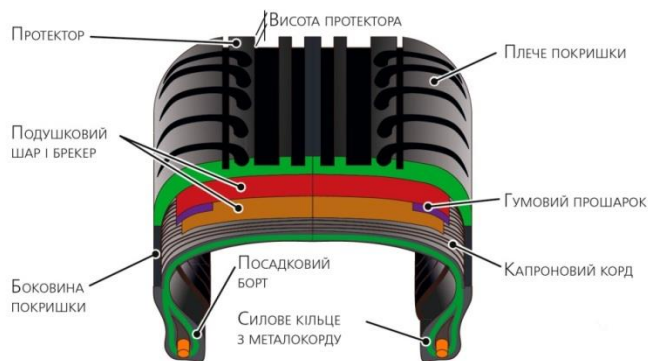


Рисунок 2 - Загальні елементи у структурі пневматичної шини

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виходячи з наведеного опису, всі елементи у складі шини можна розділити на гумові складові, метал, текстильні нитки армування та інші складові (Наприклад, клей). Зразковий, середньостатистичний склад шини наведено на рис. 3.

З однієї тонни гуми можна отримати такі продукти: бензинова фракція – 325 кг, мазут – 175 кг, технічний вуглець – 300 кг, металокорд – 200 кг. Рентабельність чинного підприємства з переробки шин становить приблизно 78%.

На сьогоднішній день можна виділити два основні способи роботи зі зношеними шинами: відновлення шин (накладення нового протектора) та переробка шин, що не підлягають використанню за прямим призначенням.[5]

Існують два способи відновлення шин: холодне відновлення та гаряче відновлення. При холодному відновленні відбувається накладення тонкої невулканізованої гуми, а зверху ще вулканізованої протекторної стрічки, далі проводиться вулканізація при температурі 100 °С. Фізичні властивості каркаса залишаються незмінними, можливо триразове відновлення. При гарячому відновленні проводиться вулканізація та формування малюнка протектора в прес-формі при температурі більше 150°С. При даному способі відновлення відбувається ослаблення зв'язків між

металокордом та гумою через вплив високих температур, ушкоджується структура каркасу шини, відновлення можливе лише один раз.[6]

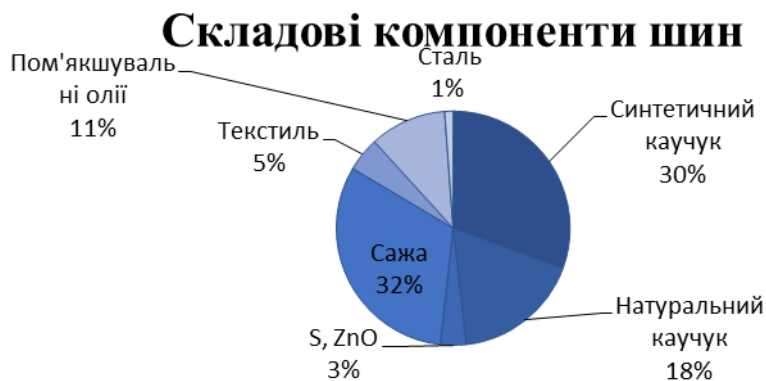


Рисунок 3 - Середньостатистичний склад шини легкового автомобіля

На рис. 4 наведено споживання відновлених шин у загальному обсязі шин у низці країн.



Рисунок 4 - Споживання відновлених шин у загальному обсязі шин, що купуються

Відомі два принципово різні види технологічних процесів переробки зношених шин: з руйнуванням і без руйнування їх гумової складової. Методи переробки зношених шин із руйнуванням гумової складової засновані на процесах спалювання, термічного та каталітичного крекінгу, піролізу, розкладання гуми під впливом озону, кисню та інших хімічних реагентів. Застосування цих методів призводить до глибокої деструктуризації полімеру, здебільшого – до розпаду молекулярного ланцюга. Одержані продукти горіння або розкладання можна розглядати як можливу сировину для органічного та нафтохімічного синтезу. Протікання таких процесів потребує великих витрат енергії та наявності досить складного обладнання. Тому для того, щоб виправдати всі витрати, цінність отриманих у результаті така переробка продуктів повинна бути дуже високою і на сьогоднішній день в основному застосовуються методи переробки гуми, які забезпечують максимальне збереження хімічної складової, з метою виробництва гумовмісних виробів з відновленої гуми.

Деякі підприємства Європи пропонують технологію розчинення автошин в органічному розчиннику. Автори проекту пропонують метод матеріального рециклінгу, в результаті якого утворюється бензинова фракція (використовується на підприємствах нафтохімії, а також НПЗ при виробництві високооктанового екологічно чистого бензину), мазут та технічний вуглець (Спрямовується на облагородження, в результаті чого виходять вуглець-вуглецеві матеріали або електропровідний техвуглець). Створена технологічна лінія розчинення автопокришок та облагородження техвуглецю є потоковою, тобто. Безпосередньо весь технологічний процес не матиме контакту з атмосферою аж до виведення готових продуктів у накопичувачі (резервуари, склади зберігання продукції) та перевантаження для подальшого транспортування до споживача.



Розчинник циркулює у замкнутій системі та не має контактів з атмосферою. Для нагрівання розчинника застосовується трубчаста піч з вогневим нагріванням. Піч типова для установок нафти та газопереробки. Нагрів електроенергією нерентабельний. Димові гази утворюються при згорянні палива печі. Як паливо використовується вуглеводневий газ (газ, що отримується в процесі переробки автошин, природний газ).

Ряд авторів пропонують технології, за яких складові витягуються з покришки без порушення фізико-хімічних властивостей, щоб була можливість їх повторного використання, наприклад, під час виробництва нових автомобільних покришок. Бортові кільця рідко отримують пошкодження через свою міцність і цілком придатні для повторного використання. Підсилювач борту також є досить міцним елементом, кількість пошкоджених під час експлуатації ниток невелика і їх також можна використовувати повторно. Брекер піддається деформації під час руху - механічні ушкодження брекера у процесі його експлуатації часто призводять до недоцільності його повторного використання. До того ж витягання ниток брекера (частки міліметра) - досить складна технічна завдання. Однак витягнутий брекер, навіть у вигляді пучка сталевих ниток, виявив застосування, наприклад, у будівництві – під час виробництва фібробетонів. Сталь, що використовується в шинах, має високу якість, тому актуальність вторинного використання сталевих елементів не викликає сумнівів. Таким чином, на першому етапі з шини видаляють бортові кільця, потім брекера, а потім відокремлюється бігова доріжка (протектор). Видалення нейлонових ниток бандажу можливе як загалом, і подрібненому вигляді.[7]

Ряд компаній – виробників пропонують технологічну схему та устаткування для переробки шин у крихту – на рис. 5 представлений один із варіантів такої лінії.

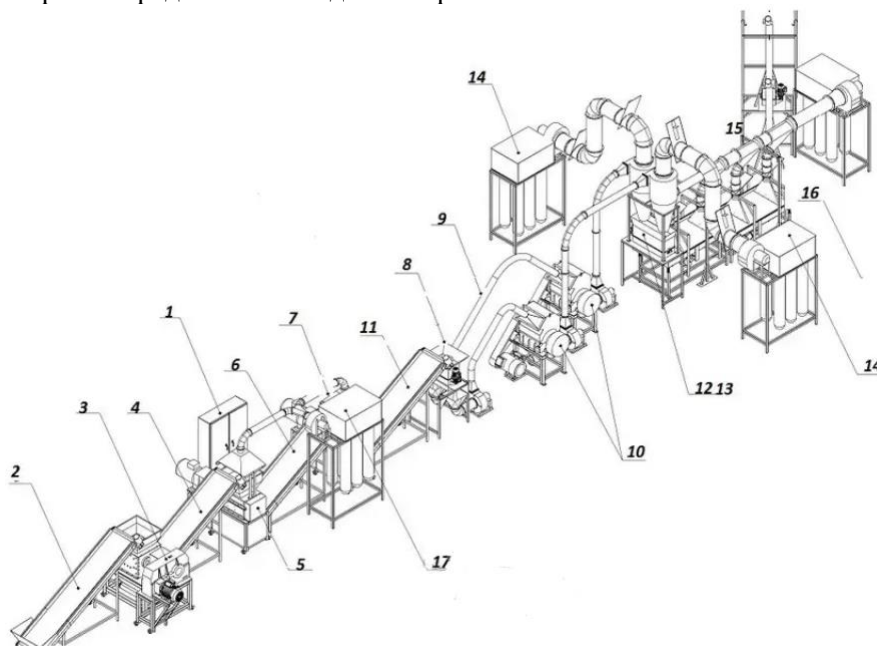


Рисунок 5 - Лінія по переробці шин:

1 - контрольний пульт управління; 2 - стрічковий конвеєр №1; 3 - шредер первинного подрібнення; 4 - стрічковий конвеєр №2; 5 - шредер вторинного подрібнення; 6 - стрічковий конвеєр №3; 7 - магнітний сепаратор; 8 - вилоканий подрібнювач; 9 - стрічковий конвеєр №4; 10 - магнітний сепаратор; 11 - поворотний транспортер; 12 - вібростіл №1; 13 - вібростіл №2; 14 - витяжні системи. 15 - транспортер з вібростолу №2; 16 – вібростол; 17 - система пиловловлювання.

Завод з переробки шин в гумову крихту, побудований на базі комплексу розташовується на території загальною площею 900 м<sup>2</sup>. Для ефективної роботи всього підприємства потрібно 8 спеціалістів. Максимальна продуктивність комплексу – 29000 тонн в рік. Термін окупності підприємства – 10 місяців.[8]

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Гумова крихта використовується у багатьох областях. З неї виготовляють нові автомобільні покришки, техпластини, водовідштовхувальні покриття, для дахів, залізничні шпали та підрейкові прокладки, килимки для підлоги та підшви для взуття, колеса для інвалідних візків та ліжок. Також цей матеріал використовують для покриття доріг, футбольних полів, тенісних кортів та дитячих

майданчиків. З гумової крихти виготовляють плитки і додають її в бетон для будівництва. Переваги застосування гумової крихти: довговічність: термін служби виготовленого за всіма правилами продукту може змінюватись від 20 до 40 років та основні показники, якими володіє гумова крихта, багато в чому перевершують аналогічні показники керамічної плитки, асфальту, бетону, піщаної бруківки, лінолеуму та інших; гумові покриття можуть поглинати рівень шуму до 28 децибелів; гумове покриття є відмінним матеріалом, що амортизує, а також відмінним протиковзним засобом; не затримує на собі сніг, льоду та інші опади; високий рівень зносостійкості дозволяє гумовим покриттям перешкоджати шкідливим впливам довкілля. На рис. 6 представлені деякі напрямки вторинного використання шин та гумової крихти, отриманої від переробки пневматичних шин.



Рисунок 6 – Вторинне використання пневматичних шин та гумової крихти

У 2004 році компанія Michelin продемонструвала світовому ринку шини без повітря з пружними спицями, що деформуються, з поліуретану Tweel (рис. 7, а). Конструктивно Tweel є системою цілих внутрішніх маточок, прикріплених до півосі. Навколо них розташовані поліуретанові спиці, з'єднані у певній послідовності. Через спиці проходить розтяжний хомут, формуючи зовнішній край шини. Компанія Bridgestone представила конструкцію непневматичної шини AirFree – колесо складається з металевого диска та шини, яка являє собою два кільця, з'єднані пружними елементами (рис. 7, б). Безповітряні покришки Air Free мають три основні конкурентні переваги: покращені їздові характеристики, підвищену вантажопідйомність та безперечну екологічність. Матеріали, що застосовуються в нових шинах, що підлягають утилізації та повторній переробці. За рахунок цього досягається додаткова економія на ресурсах (і зниження вартості для покупців). Компанія Polaris продемонстрували своє бачення безповітряних шин, замінивши систему спиць на систему сотів. Компанія Hankook (рис. 7, в) створила шини, в якій власне шина та обід - одне ціле.[9]



Рисунок 7 – Непневматичні (безповітряні) шини:

а – шини Michelin Tweel; б – шини Bridgestone AirFree; в – шини Hankook iFlex

Таким чином, непневматичні шини - "спицеві" або "складові" - конструктивно функціонують як єдине ціле. Серед переваг iFlex корейці називають спрощену утилізацію завдяки особливому матеріалу, з якого вони виготовлені (синтетичний поліуретан). 95% iFlex це перероблені матеріали.

Методи вторинної переробки продуктів з поліуретану включають процеси регенерації енергії, такі як спалювання та використання тепла, що виділяється для виробництва електроенергії. Інший спосіб полягає в механічній переробці, включаючи подрібнення та повторне використання відходів

поліуретану як наповнювача формованої продукції. Третій спосіб являє собою хімічний поділ поліуретану на його мономерні складові з подальшим повторним використанням мономерів для нової поліуретанової продукції.[10]

Таким чином, на сьогоднішній день можливі наступні варіанти переробки шин, що вийшли з вживання, класифікація яких представлена на рис. 8.

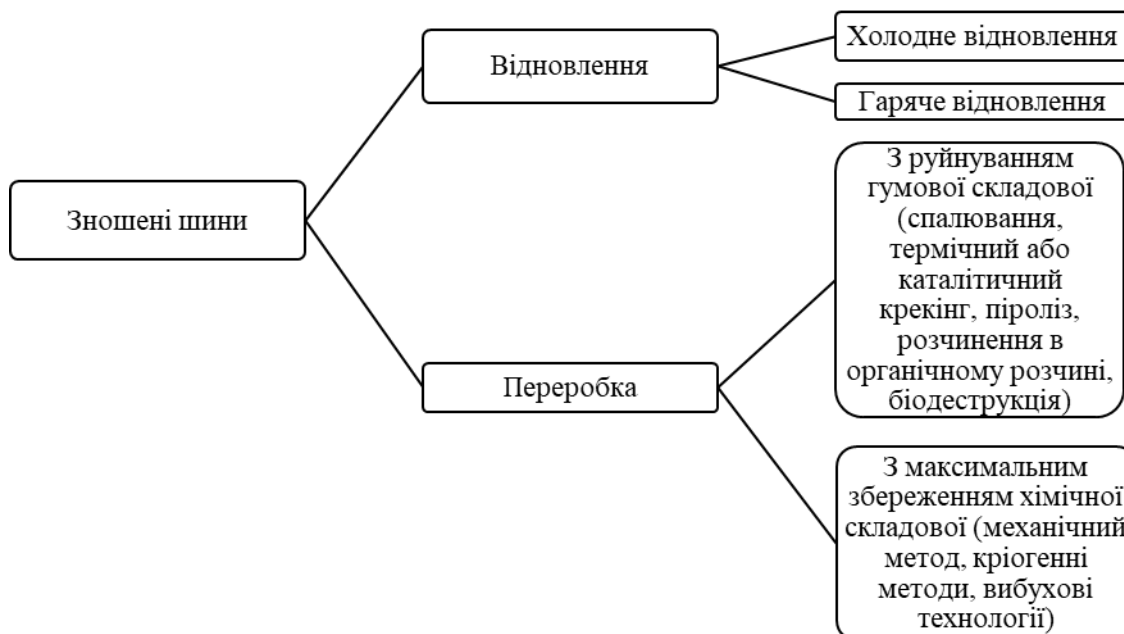


Рисунок 8 - Класифікація способів роботи з шинами, що вийшли з використання

## ВИСНОВКИ

З викладеного можна дійти невтішного висновку, що утилізація непневматичних шин значно спрощується проти переробкою пневматичних шин з допомогою зміни конструкції колеса (немає необхідності додаткового вилучення металевих та інших складових), а також матеріалу покриття.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- Schubert J.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Reifen : Doktor-ingenieurs Dissertation : Fahrbahn-Rollgeräusch / J. Schubert. –Dresden, 2003. –113
- 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>
- Технологія утилізації та переробки шин. – [Режим доступу: <http://ecogreenline.com.ua/ua/articles/21> ].
- Некрасов В.Г. Зношені шини як вторинний енергоресурс. Промислова енергетика. 1992.(№7). С.42–45.
- 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/>
- Вещев А.А., Проворов А.В. Утилізація зношених покритшок пневматичних шин. Каучук і гума. 2009. (№4). С.37–40.
- 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
- Collecting used tyres in Finland [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nokiantyres.com/utilization-of-used-tyres>
- LOCAL UTILIZATION OF SCRAP TIRES [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kynhearth.org/tire\\_ut.html](http://kynhearth.org/tire_ut.html)
- 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. Veshev A.A., Provovov 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. Appropriate use of pneumatic and airless tires**

Nowadays, an important issue is the accumulation of used tires, related to their storage and disposal - it is becoming a global environmental problem. The creation of a large-scale processing industry for the processing of automobile tires is the most important economic task, the solution of which will lead to the development of the economic system of processing, that is, the improvement of the ecological situation. The number of small and medium-sized enterprises, the creation of new jobs and the preservation of Ukraine's natural energy resources.

This paper provides the reasons for the need for recycling and recycling of pneumatic tires, their composition and characteristics, also considered examples of regulation of recycling issues in different countries, calculation of income from recycling one ton of tires, presented methods of tire recovery and the economic effect of using recovered tires, and even their consumption in some countries. Methods of recycling used tires are described, an example of a semi-automatic pneumatic tire recycling line is given, as well as directions for the secondary use of rubber crumb and tires that are no longer in use. The design features of non-pneumatic (airless) tires and methods of their processing and disposal are considered. The purpose of the article is to compare the disposal and methods of secondary use of pneumatic and non-pneumatic tires.

**Keywords:** pneumatic tires, non-pneumatic (airless) tires, tire recycling, tire recycling, tire storage, tax and disposal fees for used car tires, tire recovery, tire recycling.

*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.v1i22.1378