

Клімішина М. Т.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ШИН ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Проаналізовано проблему збирання, зберігання, утилізації і перероблення зношених автомобільних шин, що суттєво впливає на довкілля і економіку розвинених країн світу. Розглянуто перспективи використання вторинних ресурсів для випуску нових видів продукції. Розглянуто технології перероблення шин. Наведені дані про рівень забруднення довкілля при утилізації шин.

Ключові слова: технологія, утилізація шин, довкілля, відходи, викиди, піроліз.

1. Вступ

З урахуванням стрибокоподібного зростання кількості автомобілів в Україні — 202 автомобіля на 1000 жителів, тобто близько 10 млн. шт., виникає актуальна проблема складування, зберігання, транспортування, перероблення десятків мільйонів штук автомобільних шин щорічно. З одного боку відпрацьована шина — відхід, а з іншого — цінний вторинний ресурс.

В Україні має бути започатковано формування нових підходів та сучасної ідеології поводження з відходами на основі ресурсозбереження і повторного використання вторинних ресурсів. Це стосується скорочення обсягів утворення відходів на стадії виробництва, поліпшення технологічних процесів, контролювання і оцінювання залучених у виробничий процес природних ресурсів.

Питання організації утилізації зношених шин не є новим ні з точки зору постановки самого завдання утилізації шин через застосування в промислових технологіях, ні з точки зору пропозиції використання народного господарства (промислові споживачі), як основного об'єкта масового застосування продуктів переробки старої шинної гуми. Проблема повинна розглядатися саме з цих двох різних позицій. Перша з них — загальнодержавна, так як проблеми екології та утилізації промислових відходів регулюються на державному рівні. Друга позиція — суто галузева — полягає в тому, що питання застосування будь-якого матеріалу в народному господарстві (промислові споживачі) може розглядатися тільки у випадках досягнення конкретного техніко-економічного ефекту. Рішення проблеми в цілому може бути досягнуто тільки при її розгляді з позицій державного завдання, інтересів конкретних галузей і комерційної зацікавленості окремих підприємств і організацій, залучених до процесу раціональної утилізації зношених автопокришок. Те, що протягом кількох десятиліть немає визначеності в питанні методів утилізації шинної гуми, пов'язано в першу чергу з відсутністю державної політики в даному напрямку. Світова практика свідчить про необхідність створення державних комплексних програм, спрямованих на організацію збору, тимчасового зберігання, переробки і розвитку ринку споживання продуктів утилізації шин [1].

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження — технології перероблення шин. Спалювання шин відбувається в першу чергу в цементній

промисловості і на теплоелектроцентралях. Шини використовуються тут як матеріал-замінник вугілля і мазуту. Десятиліттями спалювання шин представляє собою недорогий спосіб отримання енергії. В процесі горіння утворюються речовини першого-третього класів небезпеки — біфеніл, антрацен, флуорентан, пірен, бенз(а)пірен та інші (табл. 1). Біфеніл і бенз(а)пірен є найсильнішими канцерогенами, тому їхня наявність свідчить про серйозну загрозу навколишньому середовищу та здоров'ю людини. У найбільших кількостях утворюються оксиди сірки (один із найпоширеніших забруднювачів повітря) та цинку (небезпека полягає у його каталітичній активності) [2].

Таблиця 1

Викиди забруднюючих речовин при спалюванні шин

Речовини	Величина викидів
	Шини (спалювання в цементних печах)
Сірка, %	1,3–2,2
Зола, %	12,5–18,6
Хлор, %	0,20
Цинк, ррп	9300–20500
Хром, ррп	97
Нікель, ррп	77
Свинець, ррп	60–760
Кадмій, ррп	5–10

Кадмій і цинк являються активними каталізаторами утворення діоксинів, хром і свинець менш активні. Крім того, при спалюванні шин утворюється діоксид сірки, який необхідно нейтралізувати і вловлювати, бо виявлено, що забруднення навколишнього середовища сполуками сірки становить небезпеку не тільки для теперішнього часу, але і для майбутнього покоління за рахунок їх токсичності на репродуктивні функції. Сполуки сірки безпосередньо впливають або на зачаття, або на материнський організм і змінюють функцію гормонів [3].

Сірка може взаємодіяти з металами та їх сполуками. Так, змішування порошоків сірки і заліза навіть за невеликого нагрівання веде до реакції:



Після підпаду бурхливо реагує суміш порошоків сірки та цинку:



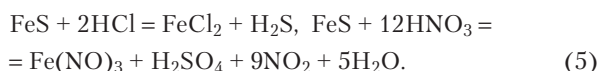
За звичайних умов сірка може взаємодіяти із ртуттю:



Утворені сульфідні можуть вступати в подальші хімічні взаємодії. Так, сульфід заліза FeS може самозайматися на повітрі за нормальної температури. Сульфід цинку ZnS у вологому повітрі окислюється до сульфату, а при нагріванні в повітрі відбувається реакція:



Останній компонент є однією із причин утворення кислотних дощів. Сульфід ртуті HgS є сильним фунгіцидом, а сульфід заліза здатний взаємодіяти з концентрованими хлоридною й нітратною кислотами:



Кислоти наявні в навколишньому середовищі досить часто — внаслідок кислотних опадів і промислових викидів. Особливо часто концентровані кислоти можуть надходити у довкілля в останньому випадку [4].

Ряд недоліків спалювання шин лежить в самій природі даного методу. Температурні коливання в процесі горіння ведуть до неповного згорання шини. При цьому при температурі нижче 1100 °C утворюються такі отруйні речовини, як хлорований діоксин і фуран. Всім відомий і незаперечний той факт, що подібного роду процеси сприяють посиленню тепличного ефекту. Так, в процесі горіння утворюється близько 3,7 тис. кг CO₂ на 1 т шин. У виробництві цементу кількість використовуваних, як паливо шин технологічно обмежена. У багатьох країнах спостерігається тенденція, щодо обмеження спалювання шин на користь інших способів переробки. Це продиктовано усвідомленням того, що незважаючи на те, що спалювання є одним з найпростіших і зручних способів переробки шин, воно не є вирішенням проблеми утилізації відходів, а навпаки, перешкоджає створенню і застосуванню нових методів переробки [2].

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення впливу на довкілля технологічних процесів перероблення шин, за рахунок визначення складу, концентрації і валових обсягів викидів забруднюючих речовин, та зони розповсюдження викидів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

1. Проаналізувати нормативну базу з питань якості і охорони атмосферного повітря.
2. Розглянути особливості різних технологічних процесів перероблення шин та визначити найбільш оптимальний.
3. Розрахувати приземну концентрацію забруднюючих речовин.

4. Аналіз літературних даних

Питанням якості атмосферного повітря і охорони атмосферного басейну від забруднень присвячено досить багато законодавчих актів ЄС. Серед них — шоста екологічна програма дій «Навколишнього середовища 2010:

Наше майбутнє, Наш вибір» (Sixth Environment Action Programme (EAP), «Environment 2010: Our Future, Our Choice») [5], Програма «Чисте повітря для Європи» (Clean Air For Europe (SAFE)), Тематична стратегія по забрудненню атмосферного повітря (Thematic Strategy on Air Pollution) [6], а також ряд директив, рішень і регламентів ЄС [7, 8]. Відзначити слід прийняту в 1996 р. рамочну директиву за якістю атмосферного повітря (Air Quality Framework Directive) [9], на основі якої уже друге десятиліття формується політика захисту повітряного басейну від різного роду забруднень в країнах, що входять до Європейського Союзу, і чотири її дочірні директиви, які регламентують питання моніторингу і контролю основних забруднюючих речовин [7, 8]. На особливу увагу заслуговує і прийнята директива по повітрю [10], яка досягнула в охороні атмосферного басейну результатів. Дана директива формує подальші тенденції охорони атмосферного повітря згідно з вимогами прогресу і постійного вдосконалення на шляху до досягнення якості атмосферного повітря, прийнятого для здоров'я населення, стану екосистеми і заощадження історико-культурних пам'яток [11].

Основна діяльність ЄС спрямована на зниження навантаження на атмосферне повітря шляхом імплікації внутрішнього європейського законодавства, а також роботи на міжнародному рівні з метою зменшення транскордонного переносу забруднень. Програма «Чисте повітря для Європи» ініціювала розвиток Тематичної стратегії, в котрій викладені якісні та кількісні цілі подальшої європейської політики забезпечення охорони атмосферного повітря. Стратегія встановила довгострокові цілі, досягнення котрих планується на 2020 р.

В більшості розвинених країн індустрія утилізації відходів є самостійним сектором економіки і займає істотне становище у виробництві внутрішнього валового продукту (ВВП). Так, за даними Національного агентства з охорони навколишнього середовища Франції (ADEME), останні 12 років система управління відходами забезпечує 2 % ВВП [12]. За цей період кількість сміттеспалювальних заводів скоротилася на третину, а зусилля, спрямовані на сортування і подальшу переробку відходів, забезпечили збільшення кількості робочих місць в галузі в 73 рази. Особливе місце в цій програмі приділяється проблемі утилізації зношених шин. З грудня 2003 р. у Франції вступив в дію закон № 2002-1563 про правила видалення зношених шин. З тексту закону випливає, що відповідальність за утилізацію подібних відходів покладено на виробників та імпортерів [13]. З метою реалізації цих правил основні виробники шин на території Франції в 2003 р. організували акціонерну компанію, що управляє «Aliparig» [2].

В Україні не існує державної програми з утилізації автомобільних шин, а також великих заводів по їх переробці. За даними Державного автотранспортного науково-дослідного і проектного інституту (Державто-транНДІпроект), в Україні щорічний приріст зношених покришок становить 200 тис. т. [14]. Замість відповідної утилізації автомобільних шин відпрацьований матеріал масово викидають на звалища або спалюють. Лише 7 % використаних покришок ліквідуються відповідно до екологічних норм. Лідером масштабної утилізації автомобільних шин в Україні має стати АТ «Росава», яка заявила про розробку проекту по утилізації шин методом піролізу (планова потужність — 60 тис. т. на рік).

Вартість проекту — 88 млн. євро. Постачальник обладнання для переробки — японська Nippon Steel Corporation [15].

Таким чином, слід зазначити, що за своєю структурою і властивостями матеріалів шини є строго уніфікованим видом продукції. Жорстка конкурентна боротьба за якість і надійність привела до того, що склад і властивості каучуку, каркасних матеріалів, а також технологія виробництва цих виробів, досить схожі у різних виробників. В результаті сучасні шини являють собою складний композитний виріб з різномірних матеріалів, що володіє великою стійкістю до механічних повторюваних навантажень і руйнівним факторам зовнішнього середовища. На сьогодні існує декілька основних технологічних процесів перероблення і утилізації шин, кожен з яких має свої переваги і недоліки. В той же час порівняльні дані про вплив кожної з технологій на довкілля відсутні, немає розрахунків обсягів, математичної моделі зони розповсюдження викидів.

5. Матеріали та методи дослідження

Найявний досвід свідчить, що найбільш поширеними методами перероблення і утилізації шин є:

1. Спалювання з отриманням енергії, найбільш популярне спалювання їх в цементних печах і енергетичних установках: котлах, печах для вироблення теплової і електричної енергії.

2. Механічне подрібнення, результатом якого є гума крихта та порошок, які використовуються для заміни натурального і синтетичного каучуку при виготовленні полімерних сумішей і будівельних матеріалів. Також, одним із видів механічного перероблення шин є криогенне охолодження шин з подальшою переробкою в крихту, порошок та озонні технології перероблення шин потоком озону, кінцевим результатом якої є також механічне подрібнення шин.

3. Відновлення шин для вторинного використання.

4. Піроліз: автопокришки під впливом тепла (температури в діапазоні 500–700 °С), при відсутності кисню, розкладаються на тверді, рідкі та газоподібні речовини. При відносно низьких температурах отримують легкий дистилат, тверде паливо, яке за властивостями близьке до деревного вугілля, та метал.

Більш детально розглянемо кожен із методів перероблення і утилізації шин.

Переробка в крихту. Подрібнення відходів гуми визнається найпростішим і раціональним способом переробки, оскільки дозволяє максимально зберегти фізико-механічні та хімічні властивості матеріалу. Однак саме кінцева стадія використання отриманої крихти і є каменем спотикання економічно ефективного вирішення проблеми повного рециклінгу гумових відходів.

Щоб зробити добавку в дорожнє покриття або бітумну мастику, потрібно зробити рецептуру. Два однакових за розміром колеса, але різних виробників, дадуть за своїм складом неоднорідну масу, в яку потрібно додавати компоненти, щоб отримати необхідні властивості. Відомо, що протягом більше сотні років робилися численні зусилля, щоб об'єднати гуму з бітумами і асфальтами з метою її утилізації і додання в'язких матеріалів гумоподібних властивостей. Розроблено безліч технологічних схем прямого введення гуми в асфальтобетонні суміші, використання гумової крихти, як наповнювача в дорож-

ньо-будівельних матеріалах. Побудовані сотні експериментальних ділянок доріг, покриттів мостів і аеродромів, які спочатку показували чудові характеристики. Однак потім відбувалося повільне розбухання часток гуми, замкнених в структурі асфальту. Покриття при таких внутрішніх навантаженнях швидко руйнувалися. Ніяк не пов'язані гумові частинки фарбують з асфальтів і, практично в незмінному вигляді, розносилися вітром, забруднюючи околиці.

Для того, щоб зробити з крихти будь-який виріб, необхідно закупити додаткове обладнання, що зведе нанівець декларовану порівняльну дешевизну. А потім виробити, отримані з крихти, необхідно буде реалізувати, що теж вимагає часу, створення мережі збуту і неодмінні проблеми з затримкою платежів і банкрутством партнерів. Американські та шведські фахівці провели дослідження, в результаті якого з'ясувалося, що покришки — досить небезпечна частина автомобіля: пил, що виникає внаслідок зносу гуми, може викликати серйозні захворювання. Наприклад, тільки в одній Швеції в атмосферу щорічно викидається близько 10 тис. т. гумового пилу. У Лос-Анджелесі, щодня викидається близько 5 т. (і це при тому, що Лос-Анджелес вважається екологічно чистим містом). А всього ж у всьому світі кількість цих викидів складає більше 1 млн. т. Шляхом простих розрахунків шведські вчені визначили, що кожен день звичайний громадянин Швеції вдихає 6 г гумового пилу, американець — 13 г, росіянин — 20 г [2].

Відновлення шини — це її капітальний ремонт, при якому оновлюється або протектор шини, або як протектор, так і боковина, з метою продовження терміну експлуатації автопокришки. Відновлення є екологічним способом, при якому може бути підвищений термін експлуатації шини. З одного боку, це веде до зменшення кількості відходів, з іншого — до економії ресурсів, тому що для відновлення шини необхідно в середньому близько 5 л сирої нафти, а для виробництва нової автопокришки — 35 л.

Частка відновлених шин в різних країнах неоднакова. Так, наприклад, в США відновлення фактично не має ніякого значення, в Японії відновлюється тільки кожна десята шина, в Німеччині — кожна п'ята, в Нідерландах — кожна третя.

Відновлені шини легкових автомобілів запитують, насамперед, для автомобілів економного і середнього класу, причому в цьому класі в Німеччині, попит перевищує пропозицію. Відновлені шини автомобілів з високими швидкостями, навпаки, не користуються попитом. Нові автомобілі обладнані відповідно новими автопокришками. З технічної точки зору, відновлення шини не може повторюватися скільки завгодно раз без впливу на її якість і безпеку експлуатації (як правило, шина може бути відновлена максимально тільки два рази). Тому, відновлення являє собою тільки тимчасове, а не комплексне вирішення проблеми утилізації відходів.

При ремонті гумотехнічних виробів (камери, покришки і т. д.) виділяються забруднюючі речовини. Так, при обробці місцевих пошкоджень (шліфуванні) виділяється гумовий пил. При приготуванні клею, промазуванні клеєм і сушці виділяються пари бензину. При вулканізації виділяються сірчаній газ, дивініл та ізопрен [2]. Для розрахунку викидів забруднюючих речовин дільницею ремонту гумовотехнічних виробів необхідно мати наступні вихідні дані: питомі виділення забруднюючих речовин при ремонті камер і покришок; кількість витрачених за

рік матеріалів (клей, гума для ремонту камер та покриття); час роботи шліфувальних станків в день. Валові викиди пилу розраховуються за формулою:

$$M_i^n = g^n \times t \times n \times 3600 \times 10^{-3}, \quad (6)$$

де g^n – питомий показник виділення пилу при роботі одиниці обладнання на протязі 1 робочого дня (г); n – число днів роботи дільниці в рік; t – середній «чистий» час роботи шліфувального станка, час день.

При роботі різної ємнісної апаратури (змішувачів, реакторів і т. п.), а також при використанні рідин безпосередньо в технологічних процесах (наприклад, при очищенні гумових поверхонь бензином, нанесенні клеїв і т. п.) відбувається виділення парів шкідливих речовин, кількість яких розраховується за формулою:

$$P = vF\tau, \quad (7)$$

де F – площа випару (m^2); τ – час випару (с); v – швидкість випару ($г/см^2$) [16].

Піролізна технологія переробки автопокришок в паливо заснована на нагріванні без доступу кисню до температури в $400\text{ }^\circ\text{C}$ (низькотемпературний піроліз). Попередньо підготовлені відходи завантажуються через завантажувальний люк в котли-утилізатори. Топки котлів завантажуються твердим паливом (дровами). Конструктивне вирішення котла забезпечує рівномірне розподілення тепла по всьому об'єму корпусу. Зміна температурного режиму, в залежності від режиму термічного розпаду вихідної сировини, здійснюється шляхом регулювання подачі в топку твердого палива.

При досягненні температури в котлі $100\text{ }^\circ\text{C}$ починається виділення залишкової вологи, яка до температури $120\text{ }^\circ\text{C}$ виводиться трубопроводами і конденсується у підколонику. Після підняття температури в котлі-утилізаторі до $200\text{ }^\circ\text{C}$ починається процес термічного розпаду вихідної сировини, в результаті чого відбувається виділення парогазової суміші, що поступає через підколонику на фракційний вологовідділювач. У фракційному вологовідділювачі проходить конденсація рідкої фракції і піролізної води.

Несконденсований газ, що має в собі механічні домішки рідких вуглеводнів, поступає в газгольдер низького тиску, і далі, через блок фільтрів, подається трубопроводами газопостачання модуля до горілок котлів-утилізаторів. Злив рідкої фракції відбувається в ємності збору рідкої фракції.

Основним показником закінчення процесу утилізації відходів є припинення виділення парогазової суміші та зниження тиску газу в системі. Після закінчення процесу утилізації в котлі-утилізаторі залишається твердий залишок, який вивантажується через вивантажувальний люк і подається на дільницю його зберігання.

Існує ряд класифікацій піролізу:

- сухий (без доступу кисню) і окислювальний піро-

ліз (при частковому спалюванні відходів або в результаті прямої обробки димовими газами);

- низькотемпературний ($300\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$), направлений переважно на отримання продуктів рідкої фракції;
- середньотемпературний піроліз ($500\text{--}800\text{ }^\circ\text{C}$) – на отримання продуктів всіх фракцій;
- високотемпературний піроліз (понад $800\text{ }^\circ\text{C}$) – на отримання газоподібних продуктів;
- піроліз в установках періодичної і безперервної дії.

6. Результати дослідження

Середній масовий баланс сухого періодичного піролізу шин в залежності від температури наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Середній масовий баланс сухого періодичного піролізу

Показники	Температура піролізу, $^\circ\text{C}$		
	500	700	800
Напівкокс, %	60,5	52,5	44,0
Рідинне пічне паливо, %	30,3	27,9	17,7
Газ, %	6,8	18,2	26,3
Втрати, %	2,4	1,9	2,1
Споживання енергії, МДж/кг шин	4,2	5,7	4,6
Склад і властивості рідинного пічного палива піролізу шин			
Щільність, $кг/м^3$	880	973	1125
Легка фракція ($40\text{--}150\text{ }^\circ\text{C}$), % маси	41	49	37
Важка фракція ($\geq 150\text{ }^\circ\text{C}$), % маси	58	50	62
Теплота спалювання, МДж/кг	44	42	25
Склад властивості напівкоксу при піролізі шин			
Насипна щільність, $кг/м^3$	350	340	330
Вуглець, % маси	84	85	86
Сірка, % маси	0,9	0,6	0,9
Летючі речовини, %	36,2	20,1	3,6
Зольність, % маси	7,0	8,0	9,2
Вологість, % маси	1,1	0,9	0,8
Теплота спалювання, МДж/кг	35,4	33,4	31,1

Примітка: на основі матеріалів [17]

Дослідження впливу на довкілля піролізу проводились на типовому виробництві, яке складається з чотирьох піролізних установок БКР-003-2 (табл. 3).

Таблиця 3

Технологічне устаткування

Найменування	Режим роботи	Баланс часу	Термін введення в експлуатацію	Строк амортизації	Дата проведення реконструкції
Модуль БКР-003-2 (котел-утилізатор № 1)	Базовий	4000	2015	2030	—
Модуль БКР-003-2 (котел-утилізатор № 2)	Базовий	4000	2015	2030	—
Модуль БКР-003-2 (котел-утилізатор № 3)	Базовий	4000	2015	2030	—
Модуль БКР-003-2 (котел-утилізатор № 4)	Базовий	4000	2015	2030	—
Компенсаційний резервуар для газу 5 м^3	Базовий	4000	2015	2030	—
Компенсаційний резервуар для газу 5 м^3	Базовий	4000	2015	2030	—
Буферний резервуар для рідкої фракції $3,7\text{ м}^3$	Базовий	8760	2015	2025	—
Буферний резервуар для рідкої фракції $3,7\text{ м}^3$	Базовий	8760	2015	2025	—
Резервуар для зберігання палива 25 м^3	Базовий	8760	2015	2025	—
Резервуар для зберігання палива 10 м^3	Базовий	8760	2015	2025	—
Резервуар для зберігання палива 10 м^3	Базовий	8760	2015	2025	—

На підприємстві, де проводився піроліз, діють наступні виробничі дільниці:

Склад сировини. Відбувається складування та зберігання сировини з подальшою підготовкою до переробки. Відходи гумово-технічних виробів поступають на дільницю підготовки сировини, де сортуються за розмірами і на спеціальному обладнанні здійснюється їх приведення до завантажувальних розмірів.

Дільниця термічної обробки сировини. За допомогою термічної обробки виконується переробка сировини. Дільниця обладнана чотирма котлами-утилізаторами, двома буферними ємностями для зберігання рідкої фракції ($3,7 \text{ м}^3 + 3,7 \text{ м}^3$) та двома компенсаційними резервуарами ($5 \text{ м}^3 + 5 \text{ м}^3$).

Дільниця зберігання рідкої фракції. Після наповнення буферних ємностей, рідку фракцію перекачують на зберігання до трьох резервуарів ємністю 25 м^3 , 10 м^3 та 10 м^3 .

Дільниця зберігання твердого залишку. На дільниці виконується відділення напівкоксу та металобрухту з подальшим зберіганням.

Переробка гумо-технічних відходів (автомобільних шин) базується на методі технічної обробки (табл. 4). В якості сировини виступають відходи гумово-технічних виробів. В процесі такої обробки отримується продукція:

- рідка фракція (паливо пичне альтернативне);
- напівкок (вуглець технічний) — використовується в якості твердого палива, наповнювачів, модифікаторів, пігментів;
- газ — використовується на технологічні потреби (підтримування технологічного процесу);
- металобрухт — використовується для послідувочої переробки на метал.

Таблиця 4

Основна сировина, що використовується

Найменування	Кількість	Документації, що регламентує вимоги до сировини
Деревина	120 т/р (200 м ³ /рік)	ДСТУ 4845:2007
Відходи гумово-технічних виробів	850 т/рік	ДСТУ 4406:2005

Відповідно до особливостей виробничих процесів, в результаті переробки гумових виробів виробляються додаткові сировини. За технологічним регламентом продуктивність модуля БКР-003-2 по сухій сировині — 2 т/добу. Режим роботи двозмінний, тривалість зміни — 8 год. Продуктивність установки по виходу продукції:

1. Рідка фракція — 500 л/добу (500 м³/рік).
2. Високо вуглецевий залишок — 1 т/добу (1000 т/рік).
3. Метал — 0,2 т/добу (200 т/рік).
4. Газ — 200 м³/добу (200000 м³/рік).

Модель розрахунку викидів. Дільниця термічної обробки сировини. Котел-утилізатор № 1 (модуль БКР-003-2). Дана установка обладнана трьома джерелами викиду з однаковими параметрами $H = 4,2 \text{ м}$, $D = 0,15 \text{ м}$. Режим роботи котла-утилізатора — 2 зміни по 8 год, з них 4 год на деревині та 4 год на газу. Кількість деревини, для спалювання в установці становить — 30 т/рік. Звідси на кожне джерело викиду приходить по 10 т деревини на рік. Кількість газу, що спалюється в установці становить — 50 000 м³/рік, звідси на кожне джерело викиду приходить по 16 667 м³ газу на рік.

Розрахунок викидів шкідливих речовин, які викидаються в атмосферу при спалюванні органічного палива (табл. 5) проводився згідно [18].

Валовий викид j -ї забруднювальної речовини E_j , т, що надходить у атмосферу з димовими газами енергетичної установки за проміжок часу P , визначається за формулою:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r)_i, \quad (8)$$

де E_{ji} — валовий викид j -ї забруднювальної речовини під час спалювання i -го палива за проміжок часу P , т; k_{ji} — показник емісії j -ї забруднювальної речовини для i -го палива, г/ГДж; B_i — витрата i -го палива за проміжок часу P , т; $(Q_i^r)_i$ — нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг.

Таблиця 5

Масовий елементний склад (%) дерев'яних пелетів

Паливо	C^r , %	H^r , %	S^r , %	O^r , %	N^r , %	A^r , %	W^r , %	Q_i^r , МДж/кг
Дерев'яні пелети (відходи деревини)	34,6	4,2	0,00	30,1	0,4	0,7	30	12,3

Розрахункові значення валових викидів для одного котла утилізатора складають:

Валові викиди Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту $[\text{NO} + \text{NO}_2]$):

$$E_{\text{NO}_2} = 10^{-6} \cdot 72,12 \cdot 10 \cdot 12,3 = 0,008871, \text{ т/рік.}$$

Валові викиди оксидів вуглецю:

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \cdot 1507,39 \cdot 10 \cdot 12,3 = 0,185409, \text{ т/рік.}$$

Валові викиди діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки:

$$E_{\text{SO}_2} = 10^{-6} \cdot 38,3 \cdot 10 \cdot 12,3 = 0,004711, \text{ т/рік.}$$

Валові викиди речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом:

$$E_c = 10^{-6} \cdot 47,37 \cdot 10 \cdot 12,3 = 0,005827, \text{ т/рік.}$$

На рис. 1 наведена зона розповсюдження викиду оксиду вуглецю, як найбільш масового забруднювача, та значення в частках ГДК на санітарно-захисній зоні (300 м).

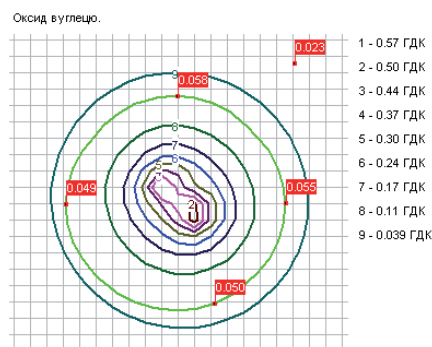


Рис. 1. Зона розповсюдження викидів оксиду вуглецю

Розподіл концентрацій забруднюючих речовин виконувався за допомогою програми «ЕОЛ+» (версія 5.23).

Показники часток ГДК відповідають дев'яти зонам, розташування яких залежить від рівня концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі. Встановлено, що максимальна концентрація на межі СЗЗ, для оксиду вуглецю становить — 0,058 ГДК, діоксину азоту — 0,14 ГДК, діоксину сірки — 0,014 ГДК, твердих суспендованих частинок — 0,023 ГДК. Відповідно отриманих результатів перевищення значення часток ГДК на межі санітарно-захисної зони відсутні.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Проведені дослідження підтвердили екологічну безпечність піролізної технології перероблення шин.

У ході дослідження отримані конкретні результати кількості вторинних ресурсів: газ, метал, рідке паливо, що утворюються на одиницю обсягу перероблених шин. Також показано, що одночасно з вторинними ресурсами утворюються викиди: оксидів азоту, вуглецю сірки, тверді суспендовані частинки.

Представлено математичний алгоритм визначення валових обсягів викидів перерахованих забруднювачів.

Weaknesses. Проведені теоретичні розрахунки і дослідження потребують подальшого дослідження в частині визначення номенклатури і обсягів викидів при переробленні шин при різних способах.

Opportunities. Для вирішення проблеми накопичення автомобільних і полімерних відходів доцільно застосувати нові технології щодо переробки та утилізації відходів, щоб звести до мінімуму небезпеку нанесення шкоди здоров'ю людини.

Threats. В результаті імплементації європейського законодавства було досягнуто значний прогрес в боротьбі з такими забруднювачами повітря, як діоксид сірки, свинець, оксид азоту, монооксид вуглецю і бензол, тверді суспендовані частинки. Однак, не дивлячись на зниження деяких шкідливих викидів, якість повітря все ще є причиною багатьох проблем. Дрібні фракції твердих частинок (1–10 мкм) є причиною всезростаючого ризику для здоров'я, що робить очевидною необхідність подальшої діяльності з охорони атмосферного басейну на локальному, національному, Європейському рівні. В Україні немає чітких критеріїв, які технології перероблення і утилізації шин є доцільними, екологічно безпечними і економічно обґрунтованими. Відсутні законодавчі бар'єри для безконтрольного ввозу шин з розвинених країн, такі випадки не поодинокі. В Україні відсутня чітка концепція оцінки проблеми накопичення шин: це відходи, чи вторинна сировина. У більшості європейських країн шини — сировина і більшість технологій розвиваються в напрямку створення нових, вдосконалення існуючих, екологічно безпечних технологій перероблення шин.

8. Висновки

1. Проаналізовано нормативну базу з питань якості і охорони атмосферного повітря. В результаті аналізу зроблені наступні висновки:

1) в середньому у багатьох країнах кожен день в організм людини попадає 10–15 г гумового пилу від тертя автомобільних шин при дорожньому русі;

2) в Україні відсутні нормативи викидів гумового пилу з шин в атмосфері, як при експлуатації автомобілів, так і при їх переробці;

3) в Україні існують нормативи на тверді суспендовані частинки, як інтегральний показник, а не як окремий вид — гумовий пил;

4) в Україні відсутні нормативи на сажу при спалюванні шин.

2. Розглянуто особливості різних технологічних процесів перероблення шин та визначено найбільш оптимальний. Поширеними технологіями перероблення шин є: механічне подрібнення, спалювання, піроліз.

Подрібнення відходів гуми визнається найпростішим і раціональним способом переробки, оскільки дозволяє максимально зберегти фізико-механічні та хімічні властивості матеріалу. Однак саме кінцева стадія використання отриманої крихти і є каменем спотикання економічно ефективного вирішення проблеми повного рециклінгу гумових відходів.

Спалювання шин приводить до суттєвого забруднення довкілля важкими металами (кадмій, нікель), з'єднаннями сірки оксидами вуглецю.

Піроліз — найбільш екологічно безпечна технологія перероблення шин.

За результатами досліджень типова піролізна установка з чотирьох котлів утилізаторів не приводить до викиду в атмосферу важких металів, сірки. В результаті піролізу при середньорічному навантаженні — 850–1000 т/рік відходів гумово-технічних виробів утворюються: рідка фракція — 500 л/добу (500 м³/рік), високо вуглецевий залишок — 1 т/добу (1000 т/рік), метал — 0,2 т/добу (200 т/рік), газ — 200 м³/добу (200000 м³/рік).

Розраховано приземну концентрацію забруднюючих речовин за допомогою програми «ЕОЛ+». Згідно проведеного розрахунку, максимальна концентрація на межі СЗЗ, для оксиду вуглецю становить — 0,058 ГДК, діоксину азоту — 0,14 ГДК, діоксину сірки — 0,014 ГДК, твердих суспендованих частинок — 0,023 ГДК. Відповідно отриманих результатів перевищення значення часток ГДК на межі санітарно-захисної зони відсутні.

Література

- Голік, Ю. С. Законодавство Європейського союзу у сфері охорони навколишнього середовища [Текст] / Ю. С. Голік, Ю. С. Войтенко, А. В. Войтенко, О. Е. Ілляш. — Полтава, 2009. — 170 с.
- Анализ технологий переработки автошин [Электронный ресурс] // Отраслевой портал «Отходы.Ру». — 05.09.2009. — Режим доступа: \www/URL: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=140>
- Сетко, Н. П. Влияние экзогенных серосодержащих химических веществ на женский организм (обзор) [Текст] / Н. П. Сетко, О. Б. Гомонова, В. С. Делов // Гигиена и санитария. — 1994. — № 6. — С. 14–17.
- Петрук, В. Г. Оцінка впливу на навколишнє середовище шинної промисловості [Текст] / В. Г. Петрук, В. О. Прокопенко, П. М. Турчик // Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів за міжнародної участю. — 2009. — С. 73–76.
- Sixth Environment Action Programme (EAP) [Electronic resource] / European Commission // Environment 2010: Our Future, Our Choice. — L-2985. — 01.09.2011. — Available at: \www/URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:l28027>
- Communication «The Clean Air for Europe (CAFE) Programme: Towards a Thematic Strategy for Air Quality» [Electronic resource] / European Commission // 6th Environment Action Programme. — COM(2001)245. — 04.05.2001. — Available at: \www/URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52001DC0245>

7. European Commission [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://ec.europa.eu>
8. European Environment Agency [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://www.eea.europa.eu/>
9. European Union emission inventory report 1990-2008 under the UNECE Convention on Long-range. Transboundary Air Pollution (LRTAP) [Electronic resource] // European Environment Agency. — 09.06.2010. — Available at: \www/URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/lrtap-emission-inventory-report>
10. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. — 11.03.2008. — Режим доступу: \www/URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_962
11. Войтенко, А. В. Європейський підхід до вирішення проблем забруднення і забезпечення якості атмосферного повітря [Текст] / А. В. Войтенко, Ю. С. Голик // Екологічна безпека. — 2010. — № 2. — С. 23–24.
12. ADEME — Changement climatique — transition ecologique, energetique [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://www.ademe.fr/>
13. Décret n° 2002-1563 du 24 décembre 2002 relatif à l'élimination des pneumatiques usagés [Electronic resource] // Légifrance, le service public de l'accès au droit. — Available at: \www/URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000418004&dateTexte=&categorieLien=id>
14. «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут»: від витоків до сьогодення [Електронний ресурс] // ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСПРОЕКТ». — Режим доступу: \www/URL: <http://www.insat.org.ua/phpfiles/menu/about/>
15. Беев, В. Утилізація автомобільних шин: українці їздять на вечних шинах? [Електронний ресурс] / В. Беев // Autocentre.ua. — 28.02.2012. — Режим доступу: \www/URL: <https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/utilizatsiya-avtomobilnyh-shin-ukrainsy-ezdyat-na-vechnyh-shinah-90173.html>
16. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей [Текст] / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: МГТУ им. Баумана, 2002. — 375 с.
17. Ключ, В. П. Энергоэффективная переработка амортизированных шин в альтернативное топливо [Текст] / В. П. Ключ // Energetica. — 2014. — № 4. — С. 125–128.
18. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том 1 [Текст]. — Донецьк, 2004. — 184 с.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ШИН И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Проанализирована проблема сбора, хранения, утилизации и переработки изношенных автомобильных шин, существенно влияющих на окружающую среду и экономику развитых стран мира. Рассмотрены перспективы использования вторичных ресурсов для выпуска новых видов продукции. Рассмотрены технологии переработки шин. Приведены данные об уровне загрязнения окружающей среды при утилизации шин.

Ключевые слова: технология, утилизация шин, окружающая среда, отходы, выбросы, пиролиз.

Клімишина Марія Тарасівна, провідний фахівець, Науково-виробнича компанія ТОВ «Автокоприлад», Київ, Україна, e-mail: mklimishyna@gmail.com.

Климишина Мария Тарасовна, ведущий специалист, Научно-производственная компания ООО «Автокоприбор», Киев, Украина.

Klimishyna Mariia, Research and Production Company «Avtoekoprylad», Kyiv, Ukraine, e-mail: mklimishyna@gmail.com