

Міністерство освіти і науки України

II тур Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт 2019/2020 за спеціальністю "Автомобільний транспорт", напрям "Експлуатація та ремонт засобів транспорту"

Тема : Проблема утилізації шин в Україні та використання продуктів утилізації (гумової крихти) в технологіях дорожнього будівництва

Девіз (шифр): Автомобільна шина

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМИ РОБОТИ.....	6
1.1. Оцінка нормативно – правового забезпечення системи збору та утилізації шин.....	6
1.1.1. Становлення національної системи екологічного законодавства в Україні.....	6
1.1.2. Аналіз діючих нормативних документів для оцінки системи збору і утилізації шин.....	6
1.2. Вивчення досвіду технологій утилізації автомобільних шин та використання продуктів утилізації в народному господарстві.....	7
1.3. Аналіз способів переробки зношених автомобільних шин.....	8
1.4. Галузеве використання продуктів утилізації шин.....	10
2. РОЗРОБКА МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
2.1. Формування вихідних даних для розрахункових методів.....	11
2.2. Розробка методики розрахунку накопичення неутилізованих шин в областях України.....	12
2.3. Розробка методики оцінки екологічних збитків від неутилізованих шин.....	14
2.4. Розробка методики для побудови алгоритму утилізації шин з використанням продукту утилізації – гумової крихти в технологіях ремонту та будівництва доріг.....	14
2.4.1. Технологія приготування гумової крихти.....	14
2.4.2. Технології використання гумової крихти в процесах приготування бітуму.....	16
3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З НАПРЯМКУ РОБОТИ.....	17
3.1. Розрахункова оцінка кількості неутилізованих шин.....	17
3.2. Розрахунок оцінки екологічних збитків від неутилізованих шин в областях України.....	18

4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	20
4.1. Порівняння основних якісних параметрів модифікованих і немодифікованих бітумів.....	20
4.2. Порівняльна характеристика дорожнього полотна при різних технологіях будівництва.....	22
5. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
5.1. Використання гумової крихти в дорожньому будівництві.....	24
5.1.1. Оцінка потреби гумової крихти для регіонального дорожнього будівництва.....	24
5.2. Організація збору накопичених неутилізованих шин та їх переробки в Житомирській області.....	25
Висновки.....	26
Список використаних джерел.....	27
Додаток А. Таблиці.....	30
Додаток Б. Ілюстрації.....	44

ВСТУП

На сьогодні важливим питанням є проблема накопиченості зношених шин, що переходить в світову екологічну проблему, пов'язану з їх складуванням та утилізацією.

Становлення масштабної індустрії утилізації переробки автомобільних шин є найважливішою економічною задачею, вирішення якої приведе до розвитку економічної системи рециклінгу, а саме оздоровленню екологічної ситуації, збільшення кількості підприємств малого середнього бізнесу, створенню нових робочих місць, збереженню природних енергетичних ресурсів України.

В останні роки в багатьох країнах світу значна увага приділяється проблемі використання відходів виробництва і споживання, до них належать і зношені шини, які є одним із самих багато тонажних полімерних відходів [1]. Загальносвітові запаси зношених автомобільних шин оцінюються в 25 млн. т. при щорічному прирості не менш 7 млн. т. На європейські країни приходить близько 3 млрд. шт. "нагромаджень" зношених автомобільних шин (близько 2 млн. т). Але із загальної кількості тільки 23% зношених покришок знаходять застосування (експорт в інші країни, спалювання з метою одержання енергії, механічне роздрібнення для покриття доріг тощо). В Україні щорічний обсяг автопокришок, що викидаються, становить більш 250 тис. т.

Актуальність теми. В Україні проблема накопичення зношених неутилізованих шин є досить актуальна, що підтверджує «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» де вказано, що питання утилізації шин не вирішено.

До теперішнього часу не існує єдиної думки щодо того, яка з технологій переробки автомобільних шин є найбільш раціональною.

Американські та шведські фахівці провели екологічні дослідження, в результаті якого з'ясувалося, що покришки - досить небезпечна частина автомобіля: пил, що виникає внаслідок зносу гуми, може викликати серйозні

захворювання. Шляхом простих розрахунків шведські вчені визначили, що кожен день звичайний громадянин Швеції вдихає 6 грамів гумового пилу, а американець – 13

Метою досліджень є з'ясування проблем та використання продуктів утилізації шин в технологіях промислового виробництва в Україні.

Для досягнення зазначеної мети були вирішені наступні завдання:

- вивчення досвіду технологій утилізації шин та використання продуктів в народному господарстві;
- розробка методики, оцінка об'єму неутілізованих зношених автомобільних шин та розрахунок екологічних збитків від їх складування в областях України;
- розробка пропозицій використання технологій отримання гумової крихти та застосування її в дорожньому будівництві регіону.

Об'єкт дослідження – технології утилізації шин.

Предмет дослідження – використання гумової крихти в технологіях дорожнього будівництва.

Методи дослідження:

- дослідження наукових літературних джерел за проблемою;
- методи збору статистичної інформації;
- методики оцінки об'єму неутілізованих зношених шин;
- методики оцінки екологічних збитків від складування зношених шин.

Практичне значення одержаних результатів роботи:

1. Розроблена методика для розрахунків об'ємів накопичення неутілізованих шин в областях України;
2. Розроблена методика для розрахунків екологічних збитків від накопичення неутілізованих шин в областях України.
3. Запроваджена організаційна структура збору та утилізації зношених автомобільних шин у Житомирській області.
4. Розширення можливостей дорожнього будівництва за рахунок використання гумової крихти.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМИ РОБОТИ

1.1. Оцінка нормативно – правового забезпечення системи збору та утилізації шин.

1.1.1 Становлення національної системи екологічного законодавства в Україні.

Державна екологічна політика України, особливо у сфері поводження з відходами, регулюється також рядом постанов Кабінету Міністрів, серед яких насамперед слід відзначити такі, як "Державна програма використання відходів виробництва і споживання на період до 2005 р." (№ 668 від 28.06.97) та інші [2].

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

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

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

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

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

1.2. Вивчення досвіду технологій утилізації автомобільних шин та використання продуктів утилізації в народному господарстві

Повних статистичних даних про надходження та шляхи переробки зношених шин не існує. Проте, в різних країнах публікуються дані про надходження автопокришок, які ґрунтуються на офіційних даних і дослідженнях економічних об'єднань і наукових інститутів [3]. Обсяг утворення і способи вторинного використання утилізованих шин в промислово розвинених країнах приведено в табл. 1.1 (додаток А).

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

Там, де на шляху рециркуляції відходів з дешевих компонентів виникають бар'єри економічного порядку, підтримка з боку держави є обов'язковою і необхідна особливо у напрямку використання неутілізованих шин в якості вторинної сировини. Як приклад правильного підходу до вирішення проблеми, в ЄС прийнята програма заборони до 2005 року поховання зношених шин за державної підтримки проектів їх ефективної утилізації [4].

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

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

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

Україна використовує американський спосіб.

1.3. Аналіз способів переробки зношених автомобільних шин

Аналіз основних способів утилізації зношених автомобільних шин [7] представлено в табл.1.2 (додаток А).

До фізико – механічних відносяться: бародиструкційний спосіб утилізації шин; спосіб «Магнітного удару»; спосіб вибухо–циркуляційний; спосіб криогенний; спосіб подрібнення.

До термічних відносяться: спосіб спалювання; спосіб піролізу.

До Фізико – хімічних відносяться: спосіб розчинення в органічному розчиннику та спосіб руйнування покришки озоном (технологія «озонового ножа»).

Існує мікробіологічний спосіб переробки зношених шин .

До недоліків переробки шин механічним способом при підвищених температурах відноситься:

- 1.Форма частинок гуми, що отримуються даним способом, абсолютно довільна, а їх поверхня рвана («кошлата»), що підсилює процес оксидування в умовах високих температур.
- 2.Виключається можливість 100%-вої сепарації гумової крихти від залишків текстилю і металевого корду.
- 3.Екологічно небезпечне виробництво.
- 4.Має місце значний знос різального інструменту.

Переробка шин за кріогенною технологією має найвищу продуктивність, є абсолютно екологічно чистою.

На основі порівняння якості гумової крихти, що отримана різними методами приходимо до висновку, що найпривабливішим є метод подрібнення шин. Не зважаючи на високу вартість обладнання, необхідно звернути увагу на якість отримання гумової крихти.

Діаграма порівняння розглянутих технологічних ліній по виходу товарного продукту наведена на рис.1.2(додаток Б). По виходу гумової крихти (більше 60%) і металокорду (більше 20%) бародеструкційна і низькотемпературна технологія рівні, однак по виходу текстилю бародеструкційна перевершує інші на 7%.

Нижче наведено порівняльні дані табл.1.3 (додаток А) трьох параметрах виробництва гумової крихти для установки середньої потужності: 10 000 тонн у рік шин(6–7 тис. т/рік гумової крихти). Дуже важливим показником якості отриманої гумової крихти є фактор розвиненості питомої поверхні часток гумової крихти однієї і тієї ж дисперсності, найкращими якість отримання гумової крихти і металокорду має механічна технологія [11].

Як бачимо з табл.1.3(додаток А), низькотемпературний спосіб утилізації зношених автомобільних шин є найпрогресивнішим за параметрами рентабельності та вартості обладнання.

Слід також зазначити ряд переваг, які має механічна технологія утилізації шин:

- не залежить від конструкції й габаритних розмірів шин;
- виключається небезпека додаткового перегріву гуми;
- матеріал доводиться до порошкоподібного стану за один процес;
- такі компоненти, як тканина і металокорд легко відокремлюються;
- відсутнє окислювання і зберігається структура полімеру;
- знижена пожежонебезпека процесу;
- відсутній запах, пил, знижений виробничий шум;

1.4 Галузеве використання продуктів утилізації шин

На основі дослідження літературних джерел [7] 7 продуктів утилізації автомобільних покришок (додаток Б рисунок 1.3): регенерат, металевий корд, піролізний газ, гумова крихта, синтетична нафта, паливо для цементних заводів, технічний вуглець.

Регенерат являть собою продукт, яким у певних випадках замінюють каучук. Він дешевший і є матеріалом, отриманим при переробці старої гуми. Використовується як сировина при виробництві нових ГТВ, в тому числі автомобільних покришок.

Застосувати піроліз на думку Нікітченко Ю. С. [6] можна в якості альтернативного палива.

Пресований металокорд може бути використаний в металургійній промисловості, реалізовуватися як металобрухт, або як в'язальний дріт.

Піролізний газ частіше за все газ направляється на спалювання для обігрівання реактору і підтримання самого процесу піролізу.

В дорожньому будівництві гумова крихта використовується в якості добавки для модифікації нафтового бітуму в асфальтобетонних сумішах. Зазвичай використовується крихта розміром від 0,5 до 1,0 мм.

Для нас важлива гумова крихта, тому проведені дослідження літературних джерел [6, 7], де показано шляхи її ефективного використання (додаток Б рис. 1.4.) для модифікації бітуму, що покращує його властивості для забезпечення стійкості асфальтобетону.

В процесі піролізу отримують різноманітні корисні речовини [7], співвідношення яких приведені на рис.1.5 (додаток Б).

Висновок. Встановлено, що утилізація зношених автомобільних шин є проблемою в Україні, але має перспективу для вирішення, про що свідчать високі ціни та попит на гумову крихту в Німеччині.

Вибрана для можливого використання найбільш прогресивна технологія утилізації шин - низькотемпературний механічний спосіб.

2. РОЗРОБКА МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Формування вихідних даних для розрахункових методів

В Україні налічується близько 30 підприємств, що переробляють відходи гуми та зношені шини (ВАТ «Гумотехніка», ВАТ Броварський шиноремонтний завод, так і з текстильним та металокорд ВАТ «Регенерат» та ін.). Недозавантаженість потужностей пояснюється, як і у випадку з деякими іншими видами відходів (полімерними, люмінесцентними лампами тощо), неналагодженістю системи збору.

Таким чином, сьогодні немає прямої потреби у створенні нових потужностей з переробки гумових відходів, а постає питання організації збирання цих відходів і завантаження діючих потужностей.

За даними Європейської асоціації по переробці шин (ETRA) Європейського Союзу було прийнято рішення про заборону захоронення цілих шин з 2003 р., а з 2006 р. – розрізаних шин. Безконтрольне зберігання шин на відкритій місцевості або в водотоках підвищує потенційну небезпеку. Це основні причини того, щоб за будь-якої можливості необхідно вживати заходи щодо обмеження появи складів зношених шин [8].

Найбільш небезпечними є пожежі на шинних звалищах. Під час загорання шинних відходів відбувається забруднення [10]: - атмосферного повітря: викиди містять леткі органічні сполуки, сполуки сірки (сірковуглець, діоксин сірки, сірководень), поліциклічні ароматичні вуглеводні (бенз(а)пирен, хризен, бенз(а)антрацен, ін.), ароматичні, нафтенові та парафінові масла; оксид вуглецю та оксид азоту; тверді часточки; легкі фракції ароматичних вуглеводнів (такі як толуол, ксилол, бензол і т.д.); - ґрунтів рідкими відходами (продукти термічної деструкції шин) та твердими відходами у вигляді недопалених решток і золи; - наземних та підземних вод. Для вивчення системи збору шин, що діє на Україні нами був виконаний моніторинг методик оцінки ризиків для різних екологічних ситуацій:

1. Тимчасова типова методика визначення економічної ефективності здійснення природоохоронних заходів й оцінки економічних збитків, спричинених народному господарству забрудненням навколишнього середовища, яка була затверджена ще в 2011 році [10].

2. Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, яка затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2015 р. №175 [12].

3. Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків від забруднення природних ресурсів [13].

Більшість з розглянутих методик є складними в практичному застосуванні, тому нами запропонований більш простий і доступний наближений метод.

2.2. Розробка методики розрахунку накопичення неутилізованих шин в областях України

Вихідні дані для розрахунку:

- кількість населення в областях України;
- рівень автомобілізації в областях України;

Середня кількість автомобілізації визначено з наступних міркувань. На даний час середня кількість автомобілів на тисячу українців вперше перевищила 200 одиниць (202), але знизився середній вік автопарку.

Середній експлуатаційний пробіг автомобільної покришки складає 60 – 80 тис. км. Виходячи з цього з певним наближенням зазначаємо, що комплект автомобільних шин змінюється раз на 4 роки.

Виходячи з вихідних даних можна вивести формулу, для розрахунку кількості накопичення зношених (неутилізованих) шин легкових автомобілів в тонах:

$$N_{\text{знош.ш.лег.}} = \frac{N_{\text{жители}} \cdot Q_{\text{проб.авт.}} \cdot 1,25 \cdot m}{1000 \cdot 1000}, \quad (2.1)$$

де $N_{жителей}$ – кількість жителів області, країни, міста та інш.;

$Q_{рів.авт.}$ – рівень автомобілізації шт., на 1000 мешканців;

1,25 – коефіцієнт середнього терміну експлуатації автомобільних шин

m – середня вага однієї легкової покришки (приймаємо 13,5 кг).

Коефіцієнт середнього терміну експлуатації легкових автомобільних шин, розрахований наступним чином:

$$\frac{5}{4} = 1,25 \quad ,$$

де 5 – кількість шин, що входить в комплект;

4 – середній термін експлуатації шин в роках.

Для визначення накопичення неутилізованих шин вантажних автомобілів в тоннах, розрахунки проводимо по кількості вантажних автомобілів:

$$N_{знош.ш.вант.} = \frac{N_{авт.вант.} \cdot m \cdot 2,5}{1000} \quad , \quad (2.2)$$

де $N_{авт.вант.}$ – кількість зареєстрованих вантажних автомобілів в областях України;

m – середня вага однієї вантажної покришки (приймаємо 19,5кг);

2,5 – коефіцієнт середнього терміну експлуатації шин для вантажних автомобілів.

Для визначення накопичення неутилізованих шин автобусів в тонах, формулою проводимо розрахунки по кількості автобусів:

$$N_{знош.ш.автобусів.} = \frac{N_{авт.автобусів.} \cdot m \cdot 1,5}{1000} \quad , \quad (2.3)$$

де $N_{авт.автобусів.}$ – кількість зареєстрованих автобусів в Україні.;

m – середня вага однієї вантажної покришки (приймаємо 19,5кг);

1,5 – коефіцієнт середнього терміну експлуатації шин для автобусів.

Для визначення накопичення неутилізованих шин мотоциклів в тонах, проводимо розрахунки по кількості мотоциклів за формулою:

$$N_{\text{знош.ш.мот.}} = \frac{N_{\text{мот.}} \cdot m \cdot 0,5}{1000}, \quad (2.4)$$

де $N_{\text{мот.}}$ – кількість зареєстрованих мотоциклів в Україні, од.;
 m – середня вага однієї покришки, б кг.;
 $0,5$ – коефіцієнт середнього терміну експлуатації шин для мотоциклів.

2.3. Розробка методики оцінки екологічних збитків від неутилізованих шин

Екологічні збитки від проблеми утилізації шин можна представити у вигляді функції, яка залежить від змінних параметрів, наприклад таких як вага шин, площа, яку вони займають або об'єм складування шин. Цю залежність можна надати у вигляді лінійної функції загального виду:

$$Y = K \cdot X \text{ грн.}, \quad (2.5)$$

де X – аргумент функції, що виражається вагою зношених шин у тоннах;

$K = R \cdot H_{\text{min}}$ – коефіцієнт, що відповідає куту нахилу прямої до горизонтальної осі на графіку залежності;

H_{min} – неоподаткований мінімальний дохід громадянин України, грн.;

R – постійна у вигляді частки неоподаткованого мінімуму.

Визначення R прийнято для областей України з табл.2.1(додаток А).

2.4. Розробка методики для побудови алгоритму утилізації шин з використанням продукту утилізації – гумової крихти в технологіях ремонту та будівництва доріг

2.4.1. Технологія приготування гумової крихти

Технологічний процес по переробці відпрацьованих шин в крихту складається з двох етапів переробки (табл.2.2(додаток А)).

На першому етапі проводиться підготовка шин до подрібнення. Шини проходять візуальний огляд на предмет сторонніх предметів (цвяхи, осколки, камені, шипи і т.д.). Потім передаються на гідравлічний верстат ГМБ для видалення товстого бортового дроту вантажних і легкових шин.

Далі шини передаються на двосторонній роздільник ДШЧ для оброблення гуми на частини розміром 200x250 мм, з продуктивністю до 1000 кг / год.

Підготовлені фрагменти шин по транспортеру ТПС подаються на другий етап виробництва - подрібнення до кінцевих фракцій і видалення сторонніх домішок.

На другому етапі відбувається поетапне подрібнення шматків шин в гумову крихту, а також видалення текстилю і металу, поділ крихти на фракції.

Технологічна лінія являє собою послідовний ряд вузлів і механізмів, представлених в табл. 2.2(додаток А).

Лінія по переробці шин автоматична, призначена для подрібнення зношених автомобільних шин з металевим і тканинним кордом в гумову крихту. Необхідні технічні вимоги представлені в табл. 2.3(додаток А).

В результаті роботи установки по утилізації шин виходять такі продукти: металевий корд у вигляді металобрухту; текстиль; гумова крихта, розміром 0,2 – 2 мм.

З позитивних якостей вибраної лінії можна виділити наступне: безвідходність; низькі питомі енерговитрати на тону сировини; отримання стандартизованих продуктів; багатоступенева сепарація крихти від текстильного і металевого корду; поетапне подрібнення шин до необхідних фракцій; невеликі габарити; невелика кількість працюючого персоналу (в 2-3 рази, ніж у аналогів); пневмопривід подачі фрагментів шин; екологічні показники.

Лінія дозволяє переробляти до 6000 тонн автопокришок в рік, отримуючи при цьому до 4200 тонн гумової крихти.

2.4.2. Технології використання гумової крихти в процесах приготування бітуму

Нафтові бітуми здебільшого не відповідають вимогам, що ставляться до сучасної товарної продукції. Через свою природу і термопластичність бітуми не забезпечують довготривалу працездатність покриттів. Зокрема бітуми, які виготовляються в даний час на українських нафтопереробних заводах відрізняються недостатньою когезійною міцністю, адгезією та низьким резервом старіння. Для покращення експлуатаційних властивостей нафтових бітумів проводять їх модифікування.

Модифікованими називають бітуми, з добавкою гумової крихти – гумово-бітумними в'язучими (ГБВ).

Перевагами використання гумової крихти в бітумному виробництві є: низька вартість модифікатора, стійкість одержаного модифікованого бітуму до розтріскування, старіння і низьких температур, вирішення проблеми утилізації автомобільних шин та інших відпрацьованих гумово-технічних виробів. Модифікований бітум гумовою крихтою зменшує рівень шуму від руху автомобілів.

Існує два способи використання гумової крихти (ГК) для модифікування бітуму [14]: – «суха» технологія, що передбачає введення ГК в кількості 1,5-3 % мас. у мінеральний матеріал до його об'єднання з бітумом; – «мокра» технологія – введення ГК в кількості 5-30 % мас. безпосередньо в бітум. Використовуючи другу технологію одержують ГБВ, а також бітуми хімічно модифіковані гумовою крихтою.

Висновок. Встановлено, що проблеми неутилізованих шин є надзвичайно широкомасштабними і пов'язані із забрудненнями повітря, землі та підземних вод.

Розроблені методики розрахунку накопичення неутилізованих шин та екологічних збитків від їх зберігання.

Вибрана технологія для виробництва гумової крихти при утилізації шин та використання її в дорожньому будівництві.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З НАПРЯМКУ РОБОТИ

3.1. Розрахункова оцінка кількості неутилізованих шин

Статистики утилізованих та неутилізованих автомобільних шин для кожної області в Україні немає. Тому для оцінки їх кількості необхідно виконати розрахунок.

Наближений розрахунок накопичених зношених (неутилізованих) шин легкових автомобілів в тоннах проводився згідно розробленої методики по кількості населення областей України за формулою 2.1. Масштаби утворення відпрацьованих легкових автомобільних шин по Україні розраховані та приведені в табл. 3.1 (додаток А).

Порівняльні результати розрахунків представлені у вигляді діаграми на рис. 3.1 (додаток Б).

З рис. 3.1(додаток Б) спостерігаємо, що найбільша кількість накопичення легкових шин є не в областях, а в місті Київ. Для міста Житомира щорічний приріст неутилізованих автомобільних шин не є такий критичний як для Києва та Київської області.

Для подальших розрахунків використовуємо статистичні дані по кількості зареєстрованих транспортних засобів, (вантажних, автобусів та мотоциклів).

На даний час автомобільна транспортна система України налічує:

- $\approx 250\ 000$ автобусів;
- $\approx 1\ 300\ 000$ вантажних автомобілів;
- понад $860\ 000$ мотоциклів.

Наближений розрахунок накопичених зношених неутилізованих шин виконуємо за розробленою методикою:

- для вантажних автомобілів – за формулою 2.2;
- для автобусів – за формулою 2.3;
- для мотоциклів – за формулою 2.4;

Порівняльні результати розрахунків приведені в табл. 3.2 (додаток А).

Порівняльні результати розрахунків представлені у вигляді діаграми на рис.3.2(додаток Б).

За розрахунками можна зробити висновок, що загальна кількість щорічного приросту неутилізованих шин в Україні становить більше 248 тис. тон.

3.2. Розрахунок оцінки екологічних збитків від неутилізованих шин в областях України

Оцінка суми екологічних збитків від неутилізованих шин легкових автомобілів виконана на основі розрахунків згідно розробленої методики за формулою 2.1. Порівняльні результати розрахунків приводимо в табл. 3.3 (додаток А).

Порівняльні результати розрахунків представлені у вигляді діаграми на рис. 3.3 (додаток Б).

Екологічні збитки для різних областей України можна представити у вигляді лінійної залежності. Наприклад, для Житомирської області ця залежність має вигляд, що приведено на рис. 3.4.

Аналізуючи рис. 3.4. можна сказати, що основний показник екологічного збитку коефіцієнт K , що дорівнює добутку питомого збитку в кожній області на величину неоподаткованого мінімум і відповідає куту нахилу прямої до горизонтальної осі. Для Житомирської області кут нахилу складає 31,5 градусів. Отримана залежність дає можливість визначити екологічний збиток для будь-якої кількості накопичень неутилізованих шин.

Для оцінки суми екологічних збитків від неутилізованих шин був виконаний розрахунок згідно розробленої методики за формулою 3.1. Результати розрахунків приводимо в табл. 3.4 (додаток А). Порівняльні результати представлені у вигляді діаграми на рис. 3.5 (додаток Б).

Загальна сума екологічних збитків неутилізованих шин автобусів, мотоциклів, вантажних та легкових автомобілів складає приблизно 211 395014,5 грн./рік.

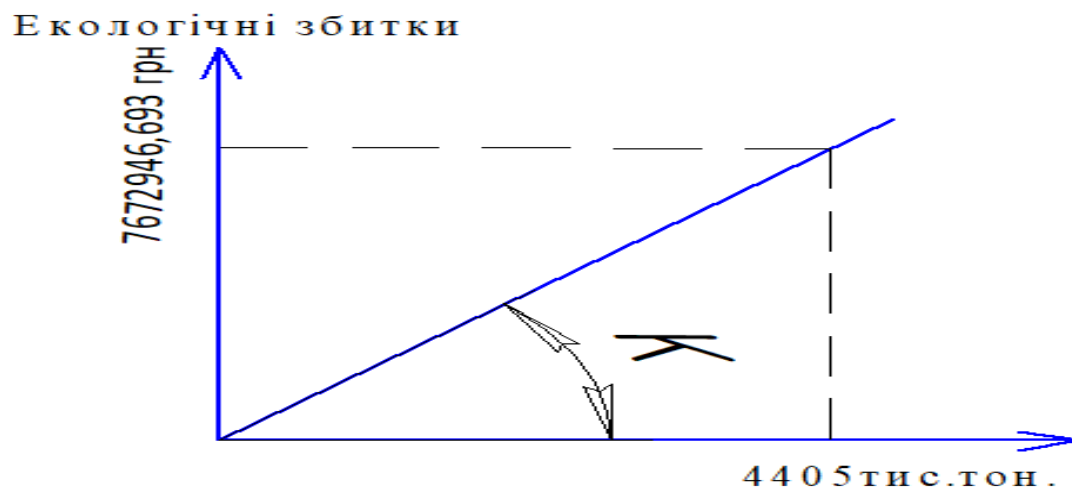


Рис. 3.4. Графік функції екологічних збитків

Висновок.

Розрахована кількість накопичених неутилізованих шин в областях України та екологічні збитки від їх зберігання.

4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Розділ присвячений аналізу експериментальних досліджень використання продукту утилізації шин – гумової крихти в технологіях дорожнього будівництва та ремонту доріг.

4.1. Порівняння основних якісних параметрів модифікованих і немодифікованих бітумів

Використання бітуму як в'язучого матеріалу, що поєднує в єдиний моноліт мінеральні складові сумішей, є можливим завдяки його клеючим властивостям та термопластичності – здатності переходити в рідкий стан при нагріванні та ставати твердим при охолодженні. Це дозволяє перемішувати бітуми з мінеральними матеріалами за температури (120 - 170) °С, а при остиганні суміші до температури докільля перетворювати її в суцільний твердий матеріал – асфальтобетон.

Основні характеристики бітуму:

- Глибина проникності голки (пенетрація) [15].
- Температура розм'якшеності [15].
- Розтяжність (дуктильність) [30].
- Температура крихкості [15].

Ефективність впливу гумової крихти на якість бітуму для забезпечення вищезазначених характеристик залежить від її вмісту, походження, гранулометричного складу, способу та технологічних параметрів суміщення з бітумом. Рекомендована кількість гумової крихти для менш в'язких марок бітумів БНД 90/130 і БНД 130/200 становить від 5,0% до 15,0% від маси бітуму, більш в'язких БНД 60/90 — від 5,0% до 10,0% від маси бітуму.

Більш придатною є гумова крихта, що має полідисперсний гранулометричний склад із максимальним розміром часток до 2,0 мм (у певних випадках не більшим за 1,0 мм).

Оцінка впливу гумової крихти на фізико - технічні характеристики бітумів виконувалась за такими критеріями: зменшення пенетрації за

температури 25 °С [16], що характеризує підвищення в'язкості бітумів; зростання температури розм'якшеності [16], яка характеризує підвищення теплостійкості бітумів та попереджує утворення влітку колійності на покриттях; надання еластичності [16], що підвищує опір асфальтобетонів утворенню втомлених тріщин; зниження температури крихкості [16], та збільшення розтяжності за температури 0 °С; зміна penetрації за температури 25 °С та температури розм'якшеності в'язучих після прогріття [16], що характеризує схильність модифікованих бітумів до старіння під дією технологічних температур та погодо-кліматичних факторів; міцність зчеплюваності із поверхнею гранітного щебеню [17], що визначає стійкість покриттів до утворення вибоїн та ям.

У табл. 4.1.(додаток А) представлені основні порівняльні характеристики бітумів модифікованих ГК -1 гумовою крихтою 15 % фракцією 2 мм.

Порівняльні результати проведеного аналізу бітумів (табл.4.1 додаток А) представлені у вигляді графіків залежностей на рис.4.1 та 4.2(додаток Б). При введенні гумової крихти в бітум, як добавки, його властивості змінюються так, що чим більший вміст гумової крихти до 15%, тим нижча penetрація, а відповідно більша твердість бітумів.

На величину зниження penetрації впливає також розмір гумової крихти. За умов модифікації бітуму гумовою крихтою з розміром частинок до 1,0 мм зниження penetрації є меншим ніж у процесі модифікації гумовою крихтою з розміром частинок до 2,0 мм.

У таблиці 4.2(додаток А) представлені основні порівняльні характеристики бітумів модифікованих ГК – 2 гумовою крихтою 15 % фракцією 1 мм.

Розтяжність бітуму за температури 0 °С характеризує пластичність в'язучого і, як наслідок, деформативність асфальтобетону при низьких температурах. Введення гумової крихти в бітум призводить до незначного

зниження розтяжності за температури 0 °С, але при цьому вона є значно більшою ніж у немодифікованого бітуму такої ж пенетрації.

Порівняльні результати проведеного аналізу бітумів (табл.4.2) представлені у вигляді графіків залежності на рис. 4.3 та рис. 4.4 (додаток Б).

Порівнюючи графічні залежності на рис. 4.1. і 4.3. та на рис. 4.1 і 4.4(додаток Б) приходимо до висновку, що бітум модифікований гумовою крихтою ГК – 1 (2 мм) має кращі властивості за параметрами пенетрації та дуктильності, які менше змінюються від температури, тому вибираємо варіант технології з додаванням гумової крихти розміром 2 мм в бітум для його модифікації.

На основі аналізу світового досвіду використання гумової крихти для модифікації бітумів, розроблено проект національного стандарту щодо вимог до бітумів, модифікованих гумовою крихтою [18].

4.2. Порівняльна характеристика дорожнього полотна при різних технологіях будівництва

Асфальтобетон – будівельний матеріал, що формується шляхом укладання і ущільнення готової асфальтобетонної суміші.

Значення в'язкості вказує на фізико-механічні якості бітуму і залежить від складу компонентів і температури. При збільшенні температури цей показник знижується, а зі зниженням зростає. При мінусовій температурі повітря бітум застигає і стає крихким.

Якість асфальтобетонних сумішей і асфальтобетонів оцінюють згідно з ДСТУ Б В.2.7-89.

Основні характеристики асфальтобетону: міцність; характеристикою водостійкості є коефіцієнт розм'якшення; щільність.

Асфальтобетон модифікований гумовою крихтою, (гумоасфальтобетонів), що отримані двома способами: на основі використання бітуму, модифікованого гумовою крихтою («мокрый» спосіб),

а також шляхом безпосереднього введення гумової крихти на мінеральний матеріал під час приготування асфальтобетонної суміші («сухий» спосіб).

Вплив гумової крихти ГК – 1 та ГК – 2 на властивості асфальтобетону при «мокрому» та «сухому» ,вмістом 10 %, способі його модифікації наведені в таблиці. 4.3 та 4.4 (додаток А).

Порівняльні результати проведеного аналізу асфальтобетону (табл.4.3 додаток А) за показником міцності при стиску представлені у вигляді графіків залежності на рис.4.5 (додаток Б).

З рис. 4.5(додаток Б) видно, що вибір в технологіях виготовлення асфальтобетону за показниками міцності на стиск припадає на «мокрый» спосіб модифікований гумовою крихтою ГК – 1 (2 мм).

У процесі модифікації асфальтобетонних сумішей за «мокрою» технологією зростає міцність на стиск асфальтобетонних зразків за температури 50 °С, а за температури 0 °С міцність є нижчою (при використанні від 5,0% до 7,5% ГК 1, 5,0% ГК 2) або близькою до міцності асфальтобетону на вихідному бітумі (за умов використання 10,0% ГК 1 або від 7,5% до 10,0% ГК 2). Міцність за температури 50 °С при 5,0% ГК 1 за «мокрою» технологією зростає з 2,0 МПа до 2,4 МПа, при підвищенні до 7,5% та 10,0% продовжує зростати і до 2,7 МПа та 3,3 МПа, відповідно.

Порівняльні результати представлені у вигляді графіків на рис.4.6(додаток Б). Порівняння залежностей на рис. 4.5 та рис. 4.6(додаток Б) вказує на вибір «мокрого» способу приготування асфальтобетону на основі бітуму, модифікованого гумовою крихтою 2 мм, тому що параметр міцності на стиск менше змінюється від температури.

Висновок.

Вибрана технологія дорожнього будівництва на основі використання гумової крихти 2 мм, яка підвищує в'язкість та теплостійкість бітумів, надає їм еластичності, поліпшує низькотемпературну поведінку та зменшує темпи старіння в'язучих складових, що в свою чергу значно покращує якість асфальтобетону.

5. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1. Використання гумової крихти в дорожньому будівництві

5.1.1. Оцінка потреби гумової крихти для регіонального дорожнього будівництва

Шини розбирають, подрібнюють і в рідкому стані додають до бітуму. Цей метод має кілька очевидних переваг: по-перше екологічність і безвідходність; по-друге, цей компонент додає суміші в'язкості, тому покриття стає стійкішим до розтріскування [19]; по-третє, додана до асфальту гума зменшує шум від руху автомобілів на 3-6 децибел [20].

В роботі розглядаються задачі проблеми утилізації зношених шин та використання продукту утилізації – гумової крихти в дорожньому будівництві Житомирського регіону.

Відповідно до акту весняного обстеження, дорожнє покриття на 409 вулицях та провулках Житомира є незадовільним. Загальна площа доріг, де необхідно провести ремонт, – 735,8 тис. м² зокрема, капітальний – на 530,7 тис. м² поточний – на 205,1 тис. м². Всього ж у Житомирі – 3 млн. м² доріг.

Маса зношених автомобільних шин, що підлягають утилізації у Житомирській області, становить 8000 тон/рік з них 6000 тон./рік гумової крихти. Розрахунки виконані з урахуванням кількості зареєстрованих в області вантажних, автобусних транспортних засобів та мотоциклів .

Так як для одного кілометра будівництва або ремонту доріг необхідно 30 000 кг зношених автомобільних покришок то легко розрахувати кількість гумової крихти, яка утворюється при механічній технології їх переробки – наближено 22 500 кг.

З вище зазначеного можна розрахувати наближену кількість використання гумової крихти для будівництва доріг в м. Житомир:

- для капітального ремонту дороги площею 530,7 тис. м² необхідно 268 666,875 тон. гумової крихти;

- для поточного ремонту дороги площею 205,1 тис. м² необхідно 103831,875 тон. гумової крихти.

5.2. Організація збору накопичених неутилізованих шин та їх переробки в Житомирській області

Основною проблемою є відсутність організаційної структури збору та переробки утилізації зношених автомобільних шин. Тому нами запропонований алгоритм збору та утилізації зношених автомобільних шин в Житомирській області [20].

Раціонально розділити технологічний процес утилізації зношених автомобільних шин на дві частини: первинну та глибоку переробку.

На первинну переробку зношені автомобільні шини звозять з пунктів їх прийому. Первинна переробка повинна включати очищення зношених автомобільних шин від бруду та негумових шипів, видалення бортових кілець та нарізання гуми шматками 200×200 мм на різальних валках.

Після первинної переробки напівфабрикат (шматки гуми) транспортують до пункту глибокої переробки, технологічна схема якого включає грубе та тонке подрібнення на шредерах, видалення залишків металокорду магнітними сепараторами, видалення текстильного корду класифікацією 1 на віброситах з використанням пневмо потоку та розділення гуми на різні класи крупності класифікацією 2 на віброситах (додаток Б рис. 5.1).

Запропонована організаційна структура збору та утилізації зношених автомобільних шин на Житомирщині (додаток Б рис. 5.2.) включає три рівні.

Висновок.

Встановлена потреба та виконані розрахунки кількості гумової крихти для дорожнього будівництва в місті Житомир.

Розроблені пропозиції по організації системи збору та переробки зношених шин в Житомирському регіоні.

ВИСНОВКИ

1. Система збору зношених шин в Україні базуються на використанні основних положень Закону України «Про відходи» та постанові Кабінету Міністрів України від 27 липня 2011 року №1136 «Деякі питання збирання, заготівлі та утилізації зношених шин», які в цілому відповідають стандартам ЄС. Але вимагає доопрацювання у напрямку використання неутилізованих шин в якості вторинної сировини.

2. Розроблена наближена методика оцінки накопичення неутилізованих автомобільних шин.

3. Розроблена методика для розрахунку екологічних збитків від накопичення неутилізованих автомобільних шин.

4. Розраховані накопичення неутилізованих шин та екологічних збитків в областях України відповідно до розробленої методики .

5. На основі порівняння основних характеристик дорожнього покриття з додаванням гумової крихти та без неї встановлено доцільність модифікації бітумів та дорожньо-будівельних сумішей (до 10 – 15 %) для вирішення проблем дорожнього будівництва та значних екологічних проблем утилізації зношених шин.

6. Встановлена потреба в продукті утилізації шин – гумовій крихті для дорожнього будівництва.

7. Розроблені пропозиції по організації системи збору та переробки зношених шин в Житомирському регіоні.

8. Для дорожнього будівництва та ремонту доріг в містах України нами вибрана найбільш ефективна технологія використання продуктів утилізації зношених шин, а саме гумової крихти розміром 2 мм, для поліпшення властивостей бітумів та на їх основі впровадження «мокрої» технології прокладання асфальтобетонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Юнусова Г.Б. Анализ цикла обращения отходов автомобильных шин [Текст] / Г.Б.Юнусова / Вестник ИГУ. – 2013. - № 35. – С. 48 – 53.
2. Савицький В.М., Хільчевський В.К., Чунарьов О.В., Яцюк М.В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води : Навчальний посібник / За ред. В.К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152 с.
3. Свиридов В.Л. Объем образования и способы вторичного использования утилизированных шин в промышленно развитых странах [Текст] / В.Л. Свиридов, Е.Ю. Махров, Е.В. Дементьева// Ползуновский Вестник. – 2011. – № 1. – С. 183 – 191.
4. Безопасное обращение с отходами: Сборник нормативно-методических документов. / Под ред. И.А Копайсова. - СПб.: РЭЦ «Петрохимтехнология», «Интеграл», «Тема», 2011. - 448 с.
5. Луканин В.М. Промислово-транспортна екологія: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / ВМ. Луканин, Ю.В. Трофименко – К.: Вища школа, 2001. – 273с.
6. Нагурський А.О. Метод утилізації зношених автомобільних шин. /Нагурський А.О.// Тези доповідей X всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і студентів «Екологічна безпека держави» Київ, 21квітня 2016.-С.6.
7. Хлібишин Ю.Я. Анализ основных способов утилизации изношенных автомобильных шин. Хлібишин Ю.Я., Почапська І.Я., Гринишин О.Б., Нагурський А.О. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» № 787 – Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2014. – С.144-148.
8. Тугов А. Н. Киловатты из мусора // Твердые бытовые отходы. -2007. - № 1. С. 11-16.
9. Нагурський А.О. Проблема ефективного управління зношеними шинами. / Нагурський А.О., Гринишин О.Б., Хлібишин Ю.Я. // Вісник

Національного університету «Львівська політехніка» № 812 – Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2015. – С.142-147.

10. Гусев А. А. Экологический ущерб от загрязнения атмосферы и его учёт в народнохозяйственном планировании и управлении / А. А. Гусев // Охрана окружающей среды (модели управления чистотой природной среды). – М. : Экономика, 1977. – С. 53–81.

11. Nagurskyu A. Bitumen compositions for cold applied roofing products / Andriy Nagurskyu, Yuriy Khlibyshyn, Oleg Grynysyn // Chemistry & Chemical Technology. – 2017. – Vol.11, №2. – P. 226-229. (Scopus).

12. І.М. Комарницький, М.І. Бублик. Оцінка техногенних збитків та аналіз підходів до їхнього розрахунку у глобальному та регіональному аспектах/ Львівський державний інститут новітніх технологій та управління ім. В. Чорновола Комарницький І.М., Бублик М.І., 2008

13. Гринишин О.Б. Методика розрахунку відшкодування збитків від забруднення природних ресурсів. – 2015.– №5/4 (25).– С. 45

14. Нагурський А.О. Модифікування дорожнього бітуму катіонним латексом Butonal NS 198 / Нагурський А.О., Гринишин О.Б., Хлібишин Ю.Я. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» № 812 – Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2015. – С.142-147.

15. Гринишин О.Б. Методи одержання бітумів з залишків переробки важких нафт / Гринишин О.Б., Хлібишин Ю.Я., Нагурський А.О., Нагурський О.А. // Технологический аудит и резервы производства-48. (Index Copernicus).

16. Нагурський А.О. Основні закономірності процесу модифікування бітумів гумовою крихтою / Нагурський А.О., Гринишин О.Б., Хлібишин Ю.Я. Кочубей В.В. // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету № 4, Том 27. – 2017. – С.128-132. (Index Copernicus).

17. Хлібишин Ю.Я. Девулканізовані гумові відходи як модифікатори бітумів. / Ю.Я. Хлібишин., І.Я Почапська., О.Б. Гринишин., А.О. Нагурський // Поступ в нафтогазопереробній і нафтохімічній промисловості: VII

міжнародна наук.-техн. конф., 19-24 травня 2014 р.: збірник тез доп. – Львів, 2014. – С. 101.

18. Нагурський А.О. Використання зношених автомобільних шин у бітумному виробництві / Нагурський А.О., Гринишин О.Б.// Хімія та сучасні технології: VII Міжн. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 27-29 квітня 2015 р.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2015. – С 76.

19. Нагурський А.О. Використання каучуків та гуми для модифікування дорожніх бітумів / Нагурський А.О., Гринишин О.Б. Хлібишин Ю.Я.// Львівські хімічні читання – 2015: XV наук. конф., 24-27 травня 2015р.: тези доп. – Львів, 2015. – Т10.

20. Стадник О. С., Ігнатюк Р. М., Пікула М. В. Оцінка об'ємів утилізації автомобільних шин на Рівненщині. / «Сучасні проблеми екології та геотехнологій» : тези X Всеукраїнської наук. конференції студентів, магістрів та аспірантів, 10-12 квітня 2013 року. Житомир : ЖДТУ, 2013. С. 253.

Додаток А

Таблиця 1.1

Обсяг утворення і способи вторинного використання утилізованих шин в промислово розвинених країнах

Країна	Обсяг утворення, тис. т.	Вивезено на звалище, %	Отримання енергії, %	Відновлення протектора, %	Отримання гумової крохти, %	Експорт %	Інше, %
США	2800	59	23	9	9	3	1
Японія	840	8	43	9	12	25	3
Германія	600	2	38	18	15	18	9
Великобританія	450	67	9	18	6	-	-
Франція	425	52	10	13	6	19	-
Італія	330	53	14	24	-	9	-
Росія	1000	75	-	15	10	-	-
України	250	80	-	10	10	-	-

Аналіз основних способів утилізації зношених автомобільних шин

Спосіб	Переваги способу	Недоліки способу
1. Фізико – механічний	Переробка у кінцевий продукт; дозволяє максимально зберегти фізичні властивості гуми в продуктах переробки.	Екологічне забруднення.
1. Термічний	Отримання великої кількості мастильних речовин та пального.	Низька якість продуктів; високі витрати; екологічна небезпека вогненебезпечне; великі екологічні санкції.
3. Фізико – хімічний	Швидке розростання тріщин та розпад матеріалу на шматки; малі енергозатрати, якісний вихід металу та текстилю.	Незадовільні показники за формою і поверхнею часток; гума змінює свої первісні властивості; екологічно небезпечний, тому необхідна рекуперація відпрацьованого озону.
4. Мікробіологічний	Бистрота утилізації; розчинення без відходів.	Складні реагенти; підвищена небезпека; шкідливий для здоров'я; складність роботи.

Порівняння параметрів виробництва гумової крихти фізико – механічним способом

№ з/п	Параметр	Гумова крихта		
		Механічна	Бародеструкційна	Низькотемпературна
1	Кількість додаткових стадій подрібнювання	3	3	2
2	Виробнича площа, м (крім складів)	1500 – 2000	1500 – 2000	750 – 1200
3	Енерговитрати, кВт·год/т	1400 – 1700	500 – 600	400 – 450
4	Додаткові вентиляційні системи	3	3	-
5	Додаткові викиди в атмосферу	Так	Так	Ні
6	Холодоагенти	-	Охолоджена вода при $t^{\circ}\leq 18^{\circ}\text{C}$ 24 м ³ /год. в закритій системі	До 2 кг рідкого азоту на 1 кг подрібненої гуми
7	Вартість устаткування з урахуванням переробки шин діаметром до 1400 мм, тис. дол. США	2500 – 2800	2800 – 4000	1600
8	Рентабельність виробництва без обліку держдотацій, %	22	17	37

Питома величина екологічних збитків навколишньому середовищу на 1
тонну неутилізованих шин

Регіон	Питома величина екологічних збитків*	Регіон	Питома величина екологічних збитків*
Автономна Республіка Крим	31,84	Області:	
Області:		Львівська	16,03
Вінницька	50,36	Миколаївська	90,39
Волинська	17,91	Одеська	103,12
Дніпропетровська	109,59	Полтавська	17,74
Донецька	57,73	Рівненська	14,31
Житомирська	102,43	Сумська	15,34
Закарпатська	51,77	Тернопільська	21,77
Запорізька	79,97	Харківська	26,91
Івано-Франківська	107,36	Херсонська	24,43
Київська	11,057	Хмельницька	27,30
Кіровоградська	142,46	Чернігівська	6,69
Луганська	19,89	Чернівецька	100,89

Таблиця 2.2

Склад лінії з переробки відпрацьованих автопокришок в гумову крихту

Найменування обладнання	потужність	Кількість одиниць
1	2	3
Контрольний пульт управління лінією		1
Гідравлічний витягувач металевого бортового дроту з шин, (ГМБ)	11 кВт	2
Гідравлічні ножниці,(ГН)	7,5 кВт	1
Двосторонній роздільник шин на частини, (ДШЧ)	8 кВт	1
Транспортер подачі сировини на лінію, (ТПС)	1,1 кВт	1
Шредер, (ШМД)	4,4 кВт	1
Транспортер, (ТМ-2)	0,75 кВт	1
Транспортер відведення металевих складових, (ТВМ -75)	0,75 кВт	1
Транспортери подачі чіпсів в подрібнювачі шматків гуми в крихту, (ТПЧ -1)	0,75 кВт	2
1	2	3
Подрібнювачі з системою фільтрації, (ПФ-4)	18 кВт	2
транспортер	0,75 кВт	1
Магнітний сепаратор (МС –Т4)	0,75 кВт	1
Транспортер відведення металевих складових, (ТВМ -75)	0,75 кВт	1
Вібросіт грубої очистки від текстильних складових (ВОВ – 9)	2,2 кВт	1
Вібросіт для поділу крихти на фракції і додаткового очищення від текстильних складових (ВПД- 1)	2,2 кВт	1
Шнекові транспортери, (ШТ)	1,5 кВт	2
Текстильні сепаратори тонкого очищення, (ТСО- 7)	9 кВт	2
Охолоджений резервуар (ОР – 90)	12 кВт	1

Технічні характеристики лінії з переробки зношених автопокришок в
гумову крихту

Найменування обладнання	Значення параметрів
1	2
Установча (загальна) електрична потужність	98 кВт
Середній рівень електроспоживання	98 кВт
Продуктивність лінії на вході	1000 кг сировини / год
Продуктивність лінії на виході (середня, залежить від складу сировини)	до 700 кг крихти / год
Річна потужність переробки шин при завантаженні 300 днів в році по 20 годин на добу	До 6000 тонн
1	2
Рекомендований режим роботи	2 зміни по 8-10 годин, з урахуванням технічного регламенту
Кількість персоналу в зміну	6 людей
Вимоги до приміщення:	
Зайнята площа (без урахування складських площ)	450 кв.м
Висота	4 м
Ширина	15 м
Довжина	30 м
Температурний режим	від +5 до +30 °С

Таблиця 3.1

Масштаби утворення утилізованих шин в областях України

№ п/п	Масштаб утворення	Кількість жителів, чол.	Рівень автомобілізації , шт/1000 чол	Кількість машин, шт.	Відпрацьо вані шини в тон/рік
	Україна	44 507 770	202	8990569	151709,2
1	Донецька область	4 165 901	158	296474,9	12341,48
2	Дніпропетровська область	3 206 477	215	282888,7	12926,11
3	Київ	2950819	340	302115,4	18811,47
4	Харківська область	2 675 598	220	271911,6	11036,84
5	Львівська область	2 522 012	104	270212,4	4917,923
6	Одеська область	2 380 308	203	261121,3	9060,047
7	Луганська область	2 151 833	120	243682,9	4841,624
8	АР Крим	1 968 550	202	249977	7455,883
9	Київська область	1 767 970	271	169664,4	8983,498
10	Запорізька область	1 705 836	246	173026,9	7081,352
11	Вінницька область	1 560 394	190	198717	5003,013
12	Полтавська область	1 400 439	202	170173	4773,746
13	Івано-Франківська область	1 373 252	220	235019,9	5098,198
14	Хмельницька область	1 264 705	215	217240,9	4588,508
15	Закарпатська область	1 256 802	215	203293	4559,835
16	Житомирська область	1 220 193	214	108524,9	4406,422
17	Черкаська область	1 206 351	202	96499,5	4112,149
18	Рівненська область	1 157 301	216	296474,9	4218,362
19	Миколаївська область	1 131 096	150	282888,7	2863,087
20	Сумська область	1 081 418	160	302115,4	2919,829
21	Тернопільська область	1 045 879	190	271911,6	3353,35
22	Херсонська область	1 037 640	164	270212,4	2871,669
23	Волинська область	1 035 330	227	261121,3	3965,961
24	Чернігівська область	1 005 745	216	243682,9	3665,941
25	Кіровоградська область	945 549	215	249977	3430,57
26	Чернівецька область	904 374	120	169664,4	1831,357
27	Севастополь	385 998	250	173026,9	1628,429

Таблиця 3.2

Масштаби утворення відпрацьованих шин автобусів, мотоциклів, вантажних автомобілів в Україні

Транспортні засоби (ТЗ).	Кількість зареєстрованих ТЗ, шт..	Кількість накопичених шин, шт./рік.	Середня вага однієї шини, кг.	Загальна вага накопичених шин за рік, тонн.
Автобуси	250 000	375 000	19,5	7 312,5
Вантажні	1 300 000	3 250 000	19,5	63 375
Мотоциклів	860 000	4 300 000	6	25 800
Сумарна наближена кількість	2 410 000	15 292 716	15	96 487,5

Таблиця 3.3

Сума екологічних збитків від неутилізованих шин для легкових автомобілів

Назва областей України	Вага шин, тон.	Питомі величини збитків.	НМД, грн.	Екологічні збитки, грн./рік.
Донецька область	12341,48	57,73	17	12112051,89
Дніпропетровська область	12926,11	109,59	17	24081730,71
Київ	18811,47	11,06	17	3536932,589
Харківська область	11036,84	26,91	17	5049023,195
Львівська область	4917,923	16,03	17	1340183,197
Одеська область	9060,047	103,12	17	15882624,79
Луганська область	4841,624	19,89	17	1637098,323
АР Крим	7455,883	31,84	17	4035720,35
Київська область	8983,498	11,06	17	1688619,136
Запорізька область	7081,352	79,97	17	9627027,23
Вінницька область	5003,013	50,36	17	4283179,49
Полтавська область	4773,746	17,74	17	1439666,319
Івано-Франківська область	5098,198	107,36	17	9304823,134
Хмельницька область	4588,508	27,30	17	2129526,563
Закарпатська область	4559,835	51,77	17	4013065,185
Житомирська область	4406,422	102,43	17	7672946,693
Черкаська область	4112,149	20,00	17	1398130,66
Рівненська область	4218,362	14,31	17	1026200,924
Миколаївська область	2863,087	90,39	17	4399505,377
Сумська область	2919,829	15,34	17	761433,0066
Тернопільська область	3353,35	21,77	17	1241041,302
Херсонська область	2871,669	24,43	17	1192632,852
Волинська область	3965,961	17,91	17	1207516,146
Чернігівська область	3665,941	6,69	17	416927,4699
Кіровоградська область	3430,57	142,46	17	8308223,037
Чернівецька область	1831,357	100,89	17	3141015,331
Севастополь	1628,4	31,84	17	881420
Загальна сума екологічних збитків від накопичення легкових автомобільних шин, грн.				131808265

Таблиця 3.4

Екологічні збитки від неутилізованих шин вантажних автомобілів, автобусів та мотоциклів

ТЗ	Вага шин, тон/рік.	Питомі величини збитків.	НМД, грн.	Екологічні збитки, грн./рік.
Автобуси	7312,5	48,52	17	6031642,5
Вантажні	63375		17	52274235
Мотоцикли	25800		17	21280872
Загальна сума екологічного збитку, грн.				79586749,5

Таблиця 4.1

Основні порівняльні характеристики бітумів модифікованих ГК – 1 гумовою крихтою 15 % фракцією 2 мм

№ п/п	Найменування показників	Значення показників властивостей бітуму з вмістом ГК 1 фракції 2 мм.	
		Немодифіковані	Модифіковані
1	Глибина проникності голки (пенетрація), 0,1 мм:		
	– за температури 25 °С	99	41
	– за температури 0 °С	30	28
2	Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С	46	76
3	Розтяжність (дуктильність), см		
	– за температури 25 °С	9,4	6,0
	– за температури 0 °С	5,0	3,8
4	Температура крижкості, °С	- 31	- 27
5	Еластичність, %	-	63
6	Зчеплюваність із поверхнею гранітного щебеню, %/бали	20/2	95/5
7	Зміна властивостей після прогріття:		
	– зміна температури розм'якшеності, °С	3,0	6,0
	– залишкова пенетрація, %	76	94

Таблиця 4.2

Основні порівняльні характеристики бітумів модифікованих ГК – 2 гумовою крихтою 15 % фракцією 1 мм

№ п/п	Найменування показників	Значення показників властивостей бітуму з вмістом ГК 2 фракції 1 мм.	
		Немодифікований	Модифікований
1	Глибина проникності голки (пенетрація), 0,1 мм:		
	– за температури 25 °С	99	58
	– за температури 0 °С	30	28
2	Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С	46	66,5
3	Розтяжність (дуктильність), см		
	– за температури 25 °С	9,4	7,2
	– за температури 0 °С	5,0	4,0
4	Температура крихкості, °С	- 31	- 27
5	Еластичність, %	-	58
6	Зчеплюваність із поверхнею гранітного щебеню, %/бали	20/2	90/5
7	Зміна властивостей після прогріття:		
	– зміна температури розм'якшеності, °С	3,0	4,5
	– залишкова пенетрація, %	76	88

Результати досліджень немодифікованого та модифікованого асфальтобетону при «мокрому» та «сухому» способі введення різного вмісту ГК 1

Назва показника	Значення показників властивостей асфальтобетонів		
	Немодифікованого	модифікованих	
		на бітумі із вмістом ГК 1 фракції 2 мм, 10 % («мокрый» спосіб)	при введенні ГК 1 фракції 2 мм. у суміш, 10 % («сухий» спосіб)
1	2	3	4
Середня густина, г/см ³	2,385	2,360	2,348
Водонасичення, % за об'ємом	2,0	2,8	2,3
1	2	3	4
Міцність при стиску, МПа за температури:			
0 °C (R ₀)	9,60	10,20	10,60
20 °C (R ₂₀)	4,00	6,10	4,60
50 °C (R ₅₀)	2,00	3,30	2,40
Коефіцієнт водостійкості	0,94	0,94	0,91
Коефіцієнт температурної чутливості (R ₀ /R ₅₀)	4,80	3,09	4,42

Результати досліджень немодифікованого та модифікованого асфальтобетону при «мокрому» та «сухому» способі введення різного вмісту ГК 2

Назва показника	Значення показників властивостей асфальтобетонів		
	Немодифікованого	модифікованих	
		на бітумі із вмістом ГК 2 фракції 1 мм, 10 % («мокрый» спосіб)	при введенні ГК 2 фракції 1 мм. у суміш, 10 % («сухий» спосіб)
Середня густина, г/см ³	2,385	2,389	2,356
Водонасичення, % за об'ємом	2,0	2,20	2,10
Міцність при стиску, МПа за температури:			
0 °С (R ₀)	9,60	10,10	9,8
20 °С (R ₂₀)	4,00	5,00	4,30
50 °С (R ₅₀)	2,00	2,60	2,20
Коефіцієнт водостійкості	0,94	0,92	0,89
Коефіцієнт температурної чутливості (R ₀ /R ₅₀)	4,80	3,84	4,45

Додаток Б

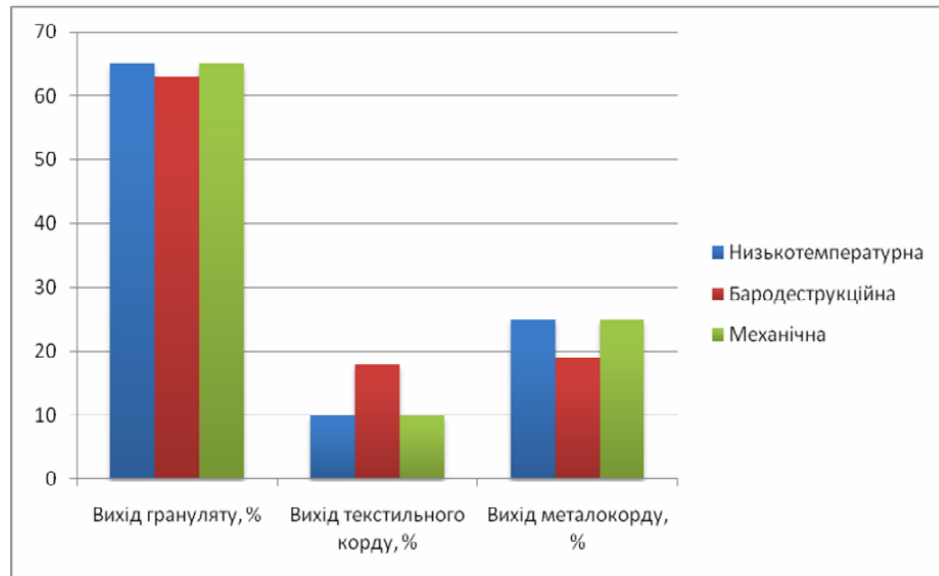


Рис. 1.2. Діаграма порівняння технологічних ліній по виходу товарного продукту



Рис. 1.3. Продукти утилізації автомобільних покришок



Рис. 1.4. Шляхи використання гумової крихти

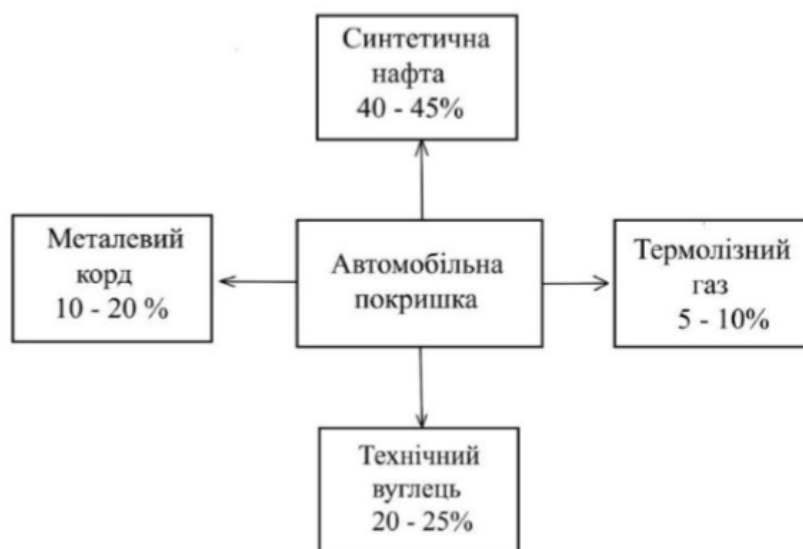


Рис. 1.5. Продукти піролізу автомобільних покришок

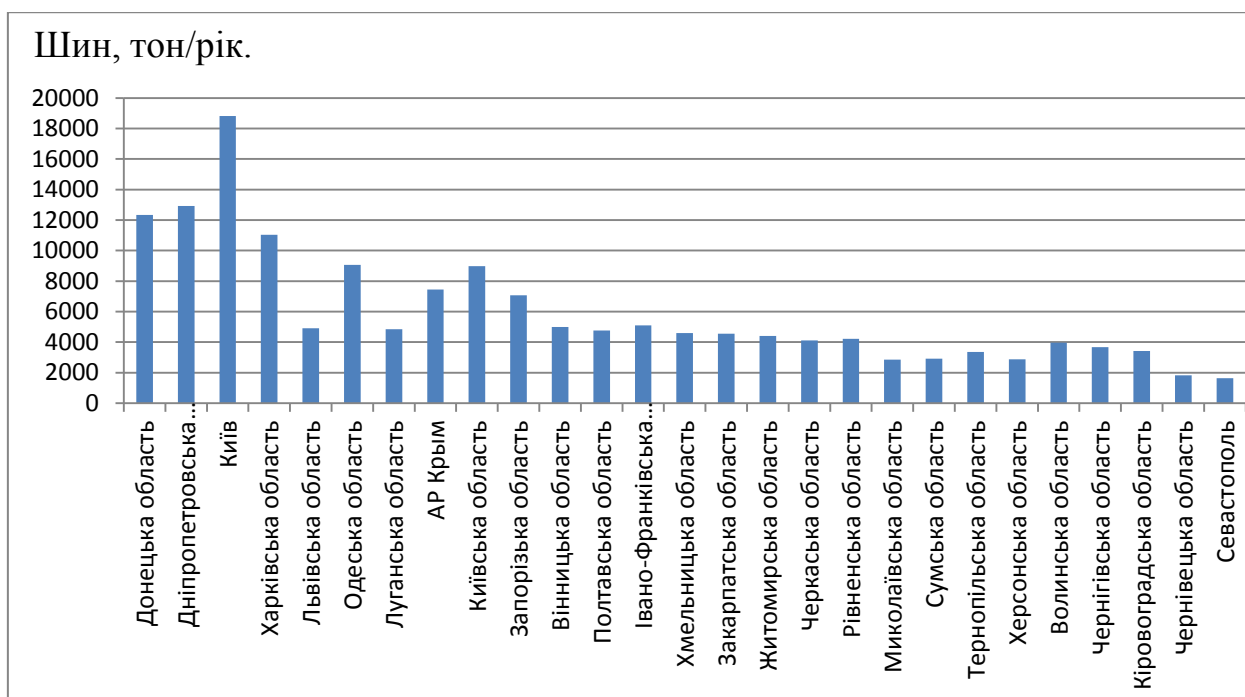


Рис. 3.1. Масштаби утворення відпрацьованих легкових автомобільних шин в областях України



Рис. 3.2. Масштаби утворення відпрацьованих шин ТЗ по кількості зареєстрованих в Україні

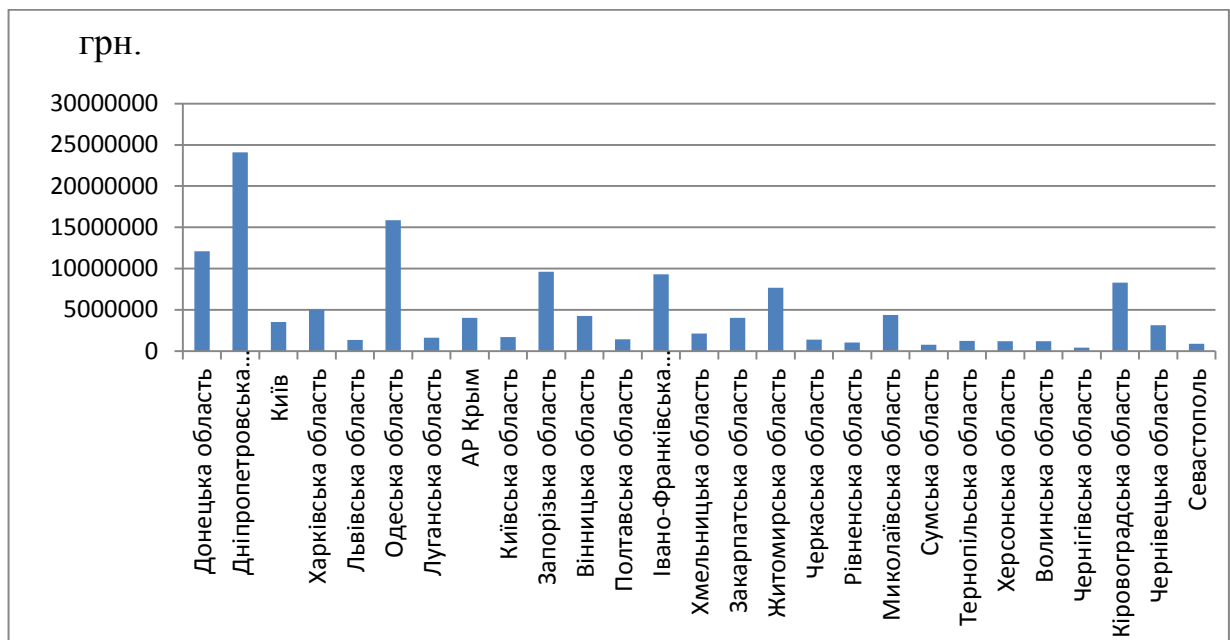


Рис. 3.3. Масштаби екологічних збитків від легкових автомобільних шин в областях України



Рис. 3.5. Масштаби утворення екологічних збитків від ТЗ (вантажних, автобусних та мотоциклів) шин в областях України

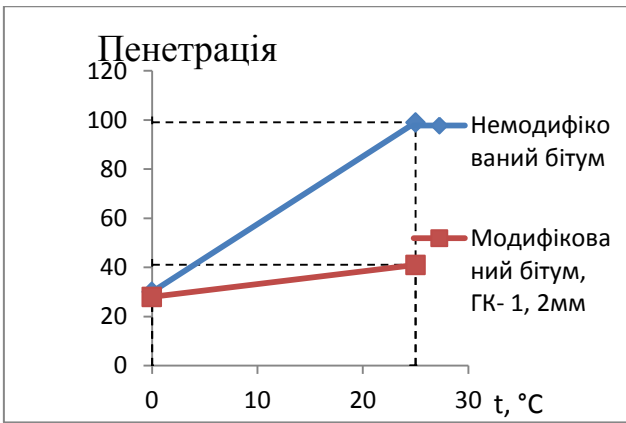


Рис. 4.1. Порівняння пенетрації модифікованого та немодіфікованого бітуму гумовою крихтою ГК – 1(2 мм)

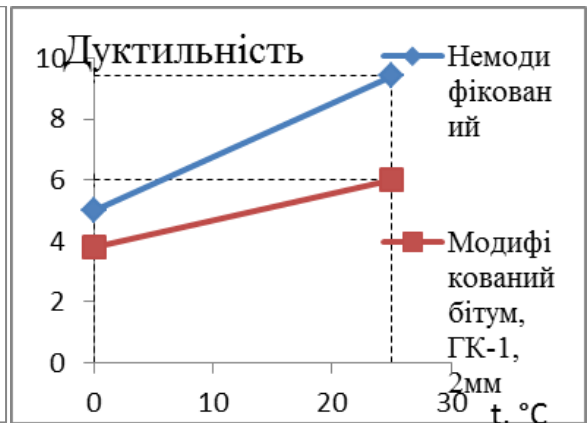


Рис. 4.2. Порівняння дуктильності модифікованого та немодіфікованого бітуму гумовою крихтою ГК – 1(2мм)

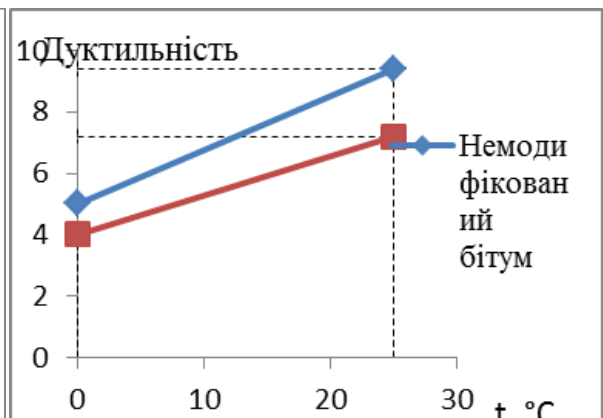
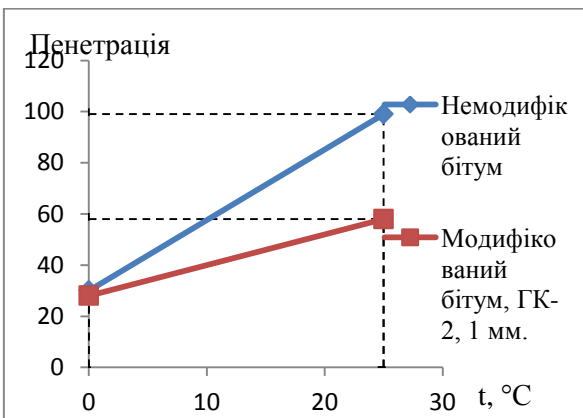


Рис. 4.3; 4.4. Порівняння пенетрації, дуктильності модифікованого та немодіфікованого бітуму гумовою крихтою ГК – 2 (1 мм)

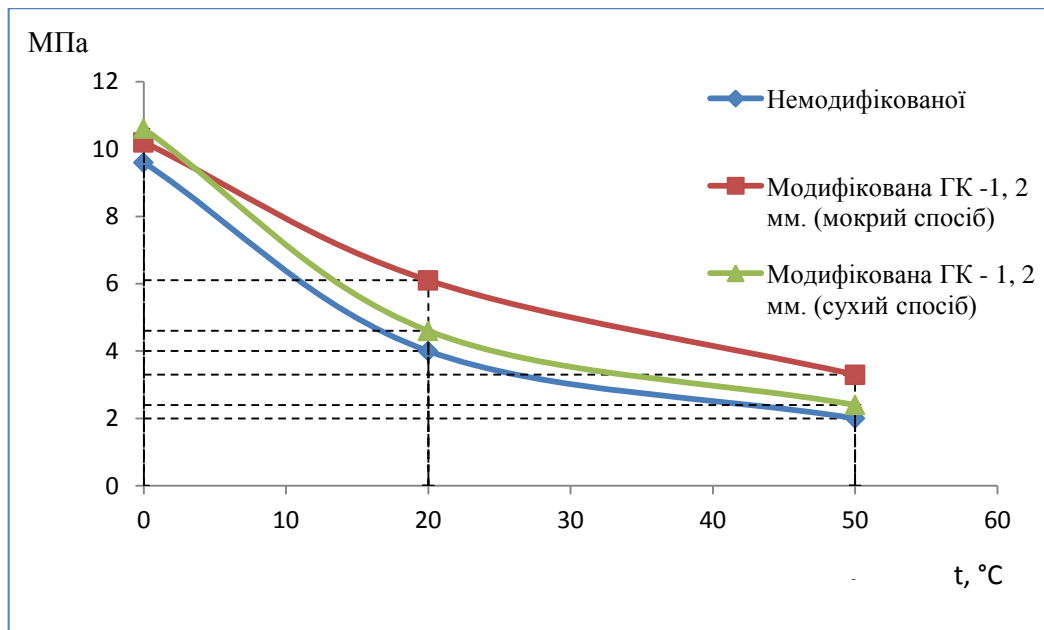


Рис. 4.5. Результати порівняння міцності немодифікованого та модифікованого асфальтобетону при «мокрому» та «сухому» способі введення різного вмісту ГК – 1

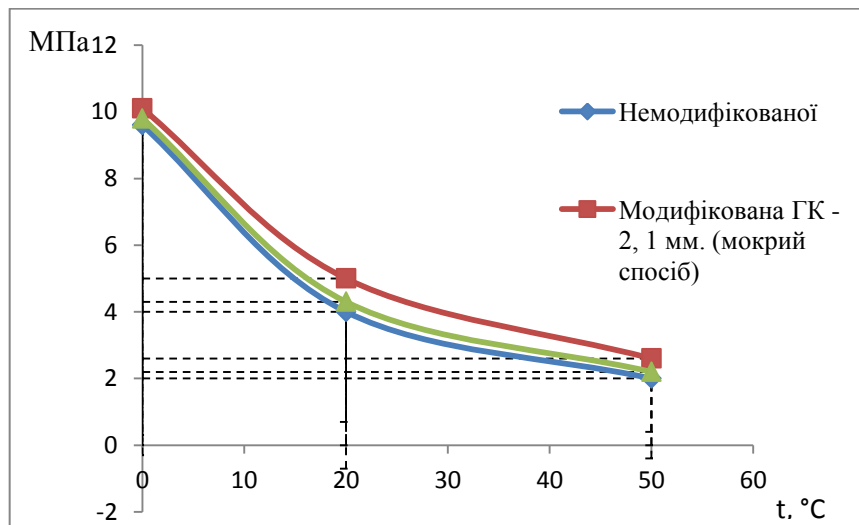


Рис. 4.6. Результати порівняння міцності немодифікованого та модифікованого асфальтобетону при «мокрому» та «сухому» способі введення різного вмісту ГК – 2

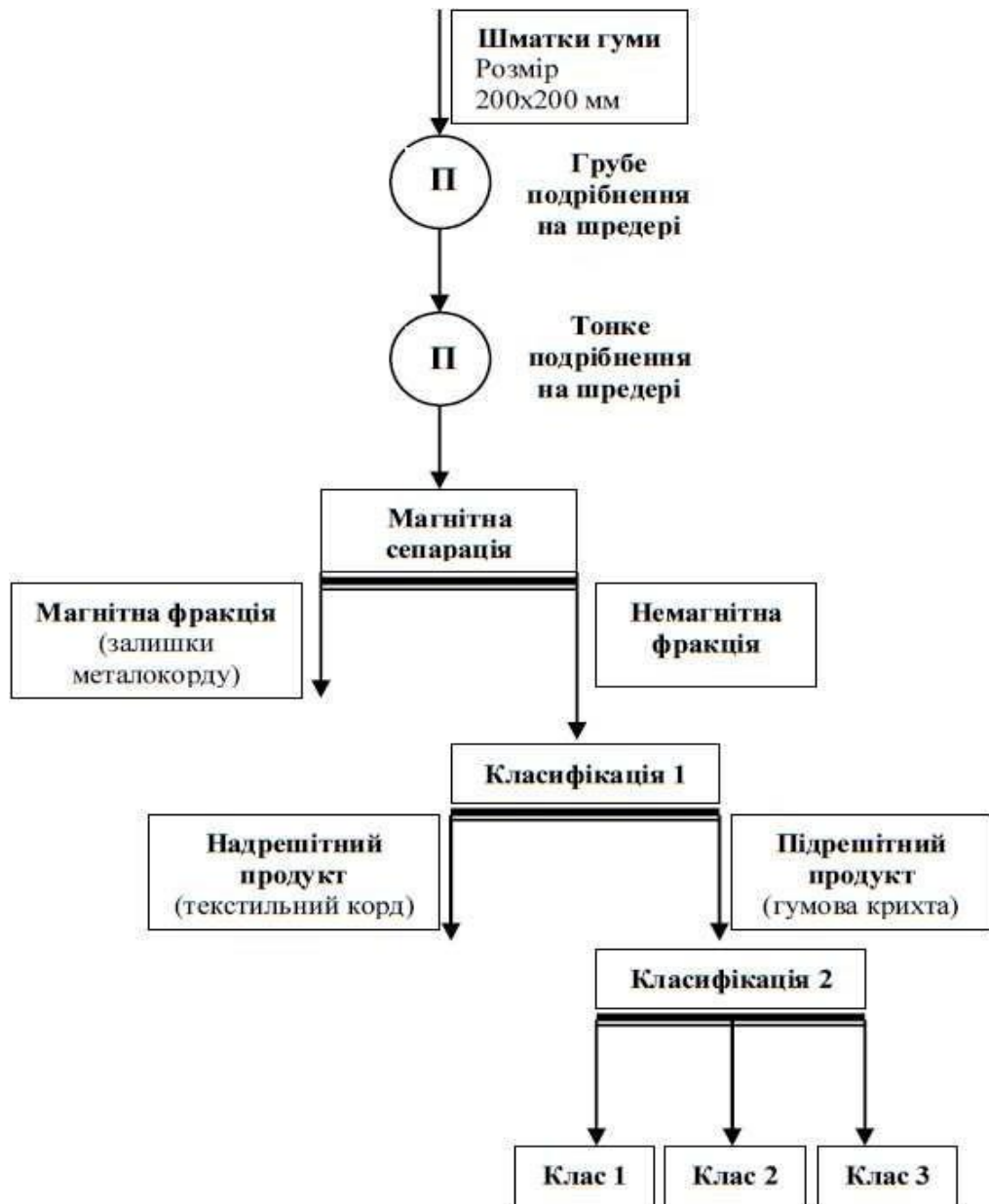


Рис. 5.1. Технологічна схема пункту глибокої переробки зношених автомобільних шин (залишки металокорду, текстильний корд і класи гумової крихти 1, 2 та 3 є товарними продуктами)

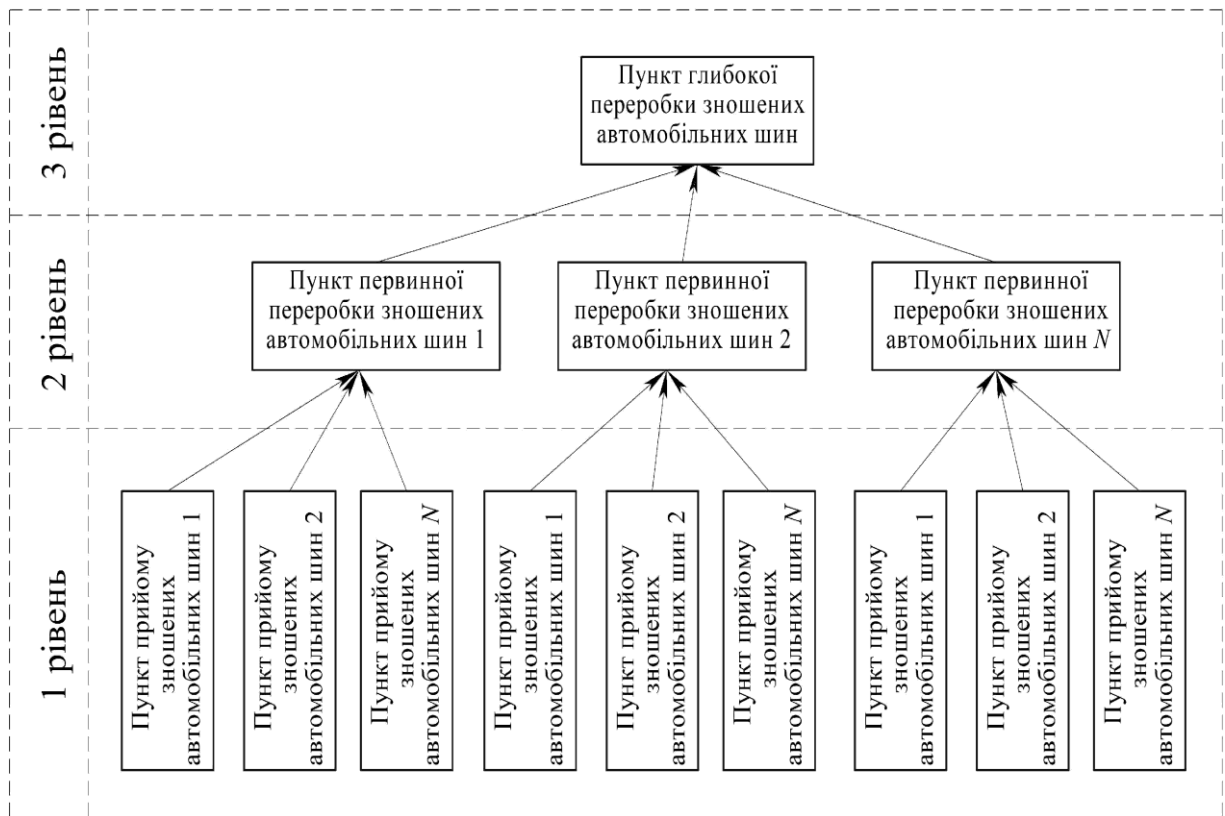


Рис.5.2. Організаційна структура збору та утилізації зношених автомобільних шин у Житомирській області