

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Сучасна технологія переробки гумотехнічних виробів

Виконав:
студент Мандрика О. Ю.

Керівник:
доцент, к.т.н., Васькін Р.А.

Залікова книжка
№ 22510360

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____  _____

Консультант з охорони праці:
старший викладач Фалько В.В.

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Мандриці Олександрю Юрійовичу

1. Тема проекту (роботи) Сучасна технологія переробки гумотехнічних виробів затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р №1315-VI
Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 20 грудня 2023 року _____
2. Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база щодо методів переробки гумотехнічних виробів; кількісний склад відходів гумотехнічних виробів; хімічний склад відходів гумотехнічних виробів.
3. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) проблеми переробки гумотехнічних виробів; найбільш оптимальні методи переробки гумотехнічних виробів; оцінки економічної ефективності проекту з переробки автомобільних шин, оцінка ефективності його застосування.
Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень) порівняльний аналіз поводження з шинними відходами у різних країнах; схема переробки гуми на крихту; основні продукти переробки зношених шин; схема виробництва регенерату термомеханічним методом; переваги та недоліки переробки зношених шин у крихту; переваги та недоліки переробки зношених шин методом НВЧ-Піролізу; переваги та недоліки переробки шин методом піролізу; переваги та недоліки переробки шин методом газифікації; порівняльний аналіз різних методів переробки зношених шин; характеристика готової продукції; зацікавлені сторони проекту; ризики проекту з переробки шин методом піролізу; добова потужність виробництва при 1 зміні; річна потужність виробництва.

4. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2023 р.	
2	Робота над першим розділом роботи	Вересень 2023 р.	
3	Аналіз доцільності і необхідності утилізації гумотехнічних виробів	Жовтень 2023 р.	
4	Характеристика існуючих засобів утилізації гумотехнічних виробів	Листопад 2023 р.	
5	Загальна характеристика проекту створення виробництва з переробки шин	Листопад 2023 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях»	27.11.23	
7	Робота над економічною частиною	05.12.23	
8	Оформлення роботи	16.12.23	

5. Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студент _____

О. Ю. Мандрика

Керівник проекту _____

Р. А. Васькін

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 56 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 74 с., у тому числі 15 таблиц, 2 рисунків, список використаних джерел на 6 сторінках.

Мета роботи – визначити оптимальний метод та еколого-економічну ефективність проекту з переробки гумотехнічних виробів.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: провести літературний огляд за досліджуваною тематикою; вивчити проблеми переробки гумотехнічних виробів; проаналізувати існуючі засоби переробки гумотехнічних виробів; обґрунтувати вибір найбільш оптимального методу переробки переробки гумотехнічних виробів; виконати розрахунки щодо оцінки економічної ефективності проекту з переробки автомобільних шин; виконати розрахунки з оцінки інтегральної еколого-економічної ефективності проекту.

Об'єкт дослідження – відходи гумотехнічних виробів.

Предмет дослідження – екологічні та економічні аспекти переробки гумотехнічних виробів.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є діалектичний метод наукового пізнання, системний підхід, методи економічного аналізу – порівняння, методи оцінки економічної ефективності проектів, методи оцінки екологічної ефективності.

Ключові слова: ГУМОТЕХНІЧНІ ВИРОБИ, ЗАСОБИ ПЕРЕРОБКИ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН, ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЛІЗУ.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Літературний огляд за досліджуваною тематикою.....	8
1.1 Сучасний стан і проблеми переробки та використання гумотехнічних виробів	8
1.2 Екологічна та економічна доцільність і необхідність утилізації гумотехнічних виробів (зношених автомобільних шин).....	10
1.3 Характеристика існуючих засобів утилізації зношених автомобільних шин.....	12
Розділ 2. Аналіз сучасних технологій утилізації зношених автомобільних шин.....	21
2.1 Порівняльний аналіз існуючих технологій переробки автомобільних шин.....	21
2.2 Характеристика технологічного процесу переробки шин методом піролізу.....	34
2.3 Екологічний вплив процесу переробки шин методом піролізу.....	37
Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування проекту створення виробництва з переробки автомобільних шин.....	39
3.1 Загальна характеристика проекту створення виробництва з переробки шин.....	39
3.2 Техніко-організаційні аспекти створення нового виробництва.....	44
Розділ 4. Економічна частина.....	49
4.1 Економічна ефективність проекту з переробки автомобільних шин.....	49
4.2 Оцінка екологічно-економічної ефективності проекту з переробки автомобільних шин.....	50
Розділ 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	54
5.1 Шкідливі та небезпечні фактори під час переробки гумотехнічних виробів.....	54
5.2 Розрахунок параметрів мікроклімату виробничого приміщення, в якому знаходиться обладнання з переробки гумотехнічних виробів. Розрахунок повітрообміну.....	57
Висновки.....	68
Перелік джерел посилання.....	69

Підп. і дата						ТС 22510360												
Інв.№ дубл.																		
Взаєм.інв.№																		
Підп. і дата																		
Інв.№ подл.																		
	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Сучасна технологія переробки гумотехнічних виробів						Літ.	Аркуш	Аркушів				
																	5	74
	Розроб.	Мандрика														СумДУ, ф-т ТеСЕТ		
	Перев.	Васькін														гр. ТС.м-22		
	Н.Контр	Батальцев																
	Затв.	Пляцук																

ВСТУП

Актуальність теми дослідження визначена тим, що розвиток промисловості стимулює підвищення рівня життя людей, підвищується вибір товарів, пропонованих споживачам, з'являються нові технології виробництва, відбувається зростання ринку в усіх напрямках, як і якості товарів, і у кількості.

Збільшення кількості виробленої продукції спричиняє збільшення відходів виробництва. Гостро стоїть проблема надлишок відходів виробництва в Україні. У зв'язку з тим, що Україна має широкі території, то, переважне напрям у галузі поводження з відходами – це переробка, а поховання і складування, як санкціоноване, і немає. На сміттєзвалищах можна знайти різні види продукції, харчові відходи, скло, текстиль, відходи полімерного виробництва тощо. Аналізуючи склад сміття, що знаходиться на звалищах, на окрему увагу заслуговують продукт переробки нафти і газу – полімерна продукція. Пластикові пакети, різні пакувальні матеріали та тари, предмети побуту, гумотехнічні вироби та багато іншого.

Одним із найбільш шкідливих для екології суб'єктів, які забруднюють довкілля, є гумотехнічні вироби (ГТВ). Перелік продукції, що виробляється з гуми, великий: ізоляція для проводів, рукавички, елементи побуту, взуття і, звичайно, шини. Зі зростанням автомобільної промисловості зростає потреба у споживанні автомобільних шин.

Актуальність роботи зумовлена значним зростанням відходів гумотехнічних виробів в Україні та необхідністю їх переробки найбільш екологічним засобом. Автомобільні шини складуються на сміттєзвалищах, сміттєприймачах, лежать уздовж доріг, при цьому відсоток перероблених шин не перевищує 20–25%. Тому дослідження, спрямовані на пошуки вирішення цих проблем, є актуальними і важливими для підвищення екологічної безпеки.

Мета роботи – визначити оптимальний метод та еколого-економічну ефективність проекту з переробки гумотехнічних виробів.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

6

тиском. Цей спосіб набув найбільшого поширення у багатьох видах промисловості [19].

Одними з найпоширеніших виробів із гуми є шини. Склад сучасних гум є сумішшю з різних компонентів: присадок, наповнювачів, пластифікаторів та інших спеціалізованих добавок. Точний кількісний та якісний склад гуми для шин певної марки є комерційною таємницею, проте можна визначити базовий набір складових:

- каучук (натуральний чи синтетичний), як основа гумової суміші.

Зміст каучуку сягає ~50% від загального обсягу;

- технічний вуглець чи промислова сажа. Даний компонент є пігментом, що надає чорний колір шині, а також забезпечує необхідну міцність, стійкість кінцевого продукту до зношування та циклічної зміни температур.

Вміст вуглецю сягає ~30% від загального обсягу;

- сполуки кремнію. Підвищують показник зчеплення шини із вологим покриттям. Зміст кремнію доходить ~10% від загального обсягу;

- органічні смоли та олії. Виступають допоміжними складниками підвищення м'якості і еластичності готового виробу. Загальний вміст смол і олій сягає ~15% загального обсягу [30].

Шина є складним конструктивним елементом, який має у своєму складі велику кількість дискретних складових, які створюють готовий продукт. Конструкція шини є наступними основними елементами:

- корд. Представляє собою прогумований шар тканини з текстильних, полімерних або металевих ниток;

- протектор. Зовнішня частина покришки, що контактує з дорожньою поверхнею, що представляє і масивний шар гуми з рельєфним малюнком, наклеєним поверх основного каркаса;

- брекер. Шари корду, які зміцнюють взаємозв'язок між протектором та каркасом [31].

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

9

вуглецю, ціаністими сполуками, діоксидами. Оскільки гума високостійка до впливу чинників довкілля, накопичення великих обсягів відпрацьованих покришок створює серйозну екологічну проблему. Вирішити її допоможуть сучасні та інноваційні технології переробки відпрацьованих шин. Попри існування безлічі методів переробки. В основному це пов'язано зі значними матеріальними витратами та організацією додаткових виробництв, які важко зробити досить ефективними через складність процесів, що протікають.

За оцінками фахівців щороку у світі виходять із вжитку понад 10 млн. тонн покришок.

Обсяги відпрацьованих шин збільшуватимуться зі зростанням вантажного та автомобільного транспорту. Обсяг продажів легкових та легких комерційних автомобілів у 2021 році становив 1,4 млн одиниць. У 2020 році показник склав 1,5 млн. одиниць, а до 2025 року – очікується збільшення до 2 млн. одиниць [27]. За прогнозами фахівців, обсяг продажів автомобілів лише зростатиме. Приріст автомобільного парку оцінюється лише на рівні 3–7 % щорічно. І як наслідок збільшуватиметься кількість відпрацьованих шин.

В Україні утилізація шин є серйозною екологічною та економічною проблемою. Відпрацьовані шини складаються на сміттєзвалищах, сміттєприймачах, викидаються у ліс, накопичуються вздовж доріг. При цьому відбувається відчуження земель, забруднення ґрунту та води. Зношені шини вогнебезпечні, у разі займання погасити їх досить важко, а при горінні у повітря викидаються шкідливі продукти горіння, що належать до I та II класу небезпеки. З тонни відпрацьованих шин в атмосферу виділяється близько 270 кг сажі та 450 кг токсичних газів, а також канцерогени. Клас небезпеки шин, що відпрацьовали, - IV (малонебезпечні) [3]. Шини практично не схильні до біологічного розкладання. Час розкладання гумової шини становить понад сто років.

Водночас зношені автомобільні шини містять у собі цінну сировину: каучук, метал та текстильний корд. Ці матеріали в процесі експлуатації

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

11

переважно не змінюють початкові властивості. На основі переробки шин можна отримувати нові продукти, що застосовуються у різних виробничих сферах. Переробка зношених шин має важливе соціально-економічне значення.

У багатьох розвинених країнах більшість відпрацьованих шин переробляється. Наприклад, у США відсоток переробки шин, що вийшли з ладу, досягає 88,5 %.

Крім очевидної необхідності утилізації шин з погляду екології, відпрацьована шина несе у собі економічну вигоду. Виходячи зі складу матеріалів, використаних у виробництві автомобільних шин, можна зробити висновок, що вони мають енергетичний потенціал. Продукти переробки шин користуються попитом на ринку починаючи з другої половини ХХ століття.

1.3 Характеристика існуючих засобів утилізації зношених автомобільних шин

Обсяг накопичених у світі відходів у вигляді шин наближається до 100 млн. тонн. Залежно від країни, відсоток переробки шин варіюється в широких межах. Так, середній світовий досвід переробки (включаючи експорт) вбирається у 20-25%. Ця цифра складається виходячи з того, що в розвинених країнах завдяки підтримці держави рівень перероблених шин наближається до 100%. В основному відношення до такого високого рівня мають країни Європи.

У таблиці 1.1 наочно продемонстровано дані щодо рівня та способу переробки шин у різних країнах.

Як видно з таблиці 1.1 на момент проведення даного аналізу, у європейських країнах практично всі відпрацьовані шини піддаються переробці. Незважаючи на те, що в Англії на сміттєзвалище вивозиться практично 5% шин, що перевищує нульові показники інших європейських країн, у Великій Британії ще 20 років тому в експлуатацію було введено завод з переробки шин потужністю 50 тис. тонн на рік. У процесі переробки виходить 3-4 тисячі тонн

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

12

легкого дистилляту, 20 тисяч тонн рідкого палива, 17 тисяч тонн твердого палива та 5-7 тисяч тонн металу. Вартість заводу становила 12 мільйонів доларів. Найбільш популярним способом переробки відпрацьованих шин у Європі є термічна обробка шин. У лідерах за цим напрямом знаходяться Румунія та Польща, де термічній обробці піддається близько 70–90% зношених шин. Незважаючи на те, що термічні способи обробки пов'язані зі шкідливими викидами, з метою дотримання європейських екологічних норм дані підприємства приділяють особливу увагу газоочисному обладнанню. За даними [32] в Естонії в крихту переробляється 100% шин, у Данії 97%, у Фінляндії 82%. Варто відзначити той факт, що плату за утилізацію вже закладено в початкову вартість шин.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз поводження з шинними відходами у різних країнах

Країна	Відпрацьовані шини, тис. (на рік)	Кількість вивезених на звалище, %	Використовується для отримання енергії, %	Відновлення протектора, %	Отримання гумової крихти, %	Експорт, %	Інше, %
Німеччина	582	0	36,4	12,9	34,5	14,4	1,7
Англія	527	4,6	35,5	7,4	39,5	5,5	7,6
Італія	421	0	55,6	6,7	28,5	4,0	5,2
Франція	457	0	49,7	7,7	27,4	10,9	4,4
США	4039	12,1	47,6	н/д	32,1	2,5	н/д
Японія	1000	7,8	64,3	5,6	10,5	11,5	0,3

У США 12,1% шин вивозиться на спеціалізовані звалища, при цьому решта піддається переробці. Враховуючи той факт, що загальний обсяг утворених зношених шин з різних джерел досягає 3,5-4 млн. тонн. на рік, то можна зробити висновок, що приблизно 3,5 млн. тонн піддається переробці. На тлі інших представлених країн у відсотковому співвідношенні з переробки США поступається, однак, необхідно враховувати, що вихідна кількість

Підп. і дата	
Інв.№ докл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510360	Арк
						13

відпрацьованих шин у Америки значно вища. Отже, можна зробити висновок, що США на момент 2019 року займає лідируючі позиції в кількості шин, що переробляються. Компанія Energy Research International Inc за допомогою своєї установки в США може переробляти до 1 млн (приблизно 10 тисяч тонн) легкових шин на рік [12].

Оскільки Японія сильно залежить від імпорту сировини та палива за останні 9 років (з 2010 до 20122 року) рівень переробки шин знаходиться на високому рівні. Внаслідок того, Японія ініціювала роботу в цій галузі, вже у 2014 році ступінь переробки склав 92% [18].

Методи утилізації та переробки зношених шин глобально поділяються на дві основні категорії: фізико-механічні та термічні способи переробки. До фізико-механічних способів переробки відносять дроблення шин у крихту, відновлення до вторинного використання, дроблення вибухом та бародеструкцію. До термічних способів відноситься спалювання шин, газифікацію, НВЧ-Піроліз та Класичний піроліз.

Найпоширеніший спосіб переробки зношених шин нині – дроблення шини на крихту. Суть цього способу розглянута нижче (рис. 1.1), з прикладу підприємства «Корд-екс», м. Перм. По стрічковому транспортеру шина переміщається до преса для різання. Далі фрагментовані шматки гуми подаються до завантажувальних пристроїв високого тиску. У цій установці гума проходить етап екструзії на шматки 20–80 мм. Потім суміш гуми, тканини та металокорду подається в апарат очищення брикетів, де відбувається їх поділ. У магнітному сепараторі відокремлюється металокорд, який надходить у контейнер. У дробарці залишки металу подрібнюються до 10 мм, і далі вся суміш подається до кордовідділювача, де гумова крихта проходить сепарацію на дві фракції: до 3 мм і від 3 до 10мм. Текстильний корд надходить у контейнер. Додаткове уловлювання металу з гумової крихти фракції 3-10 мм відбувається у магнітному сепараторі, захоплений метал потрапляє у контейнер. Після магнітного сепаратора гумова крихта прямує в бункер-накопичувач, звідки потрапляє в

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

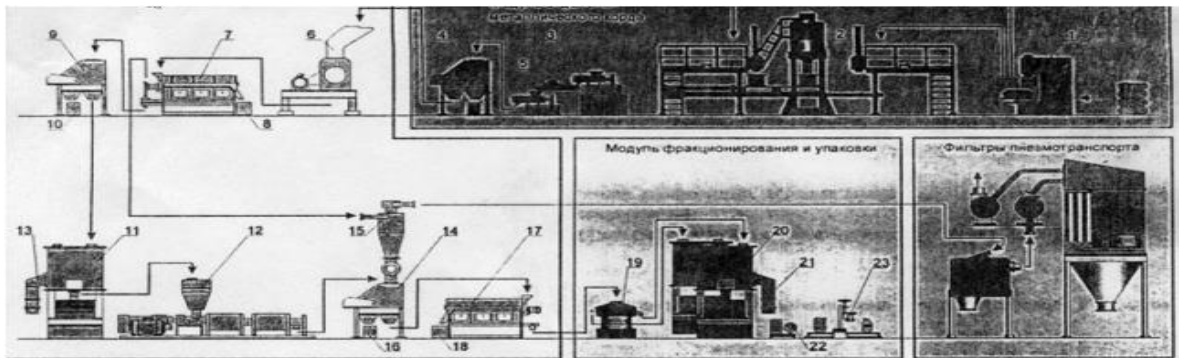
14

екструдер подрібнювач. У випадку, якщо гумова крихта більше 3 мм необхідна для реалізації, вона направляється в накопичувач через дозатор.

В іншому випадку далі подрібнені продукти направляються в магнітний сепаратор, куди з циклону надходить крихта розміром менше 3 мм з-під кордоотделителя. Залишки виділеного металу направляються в контейнер, а гумова крихта із сумішшю текстилю транспортером направляється в кордоотделитель. Текстильний корд надходить у контейнер, а гумова крихта прямує на вібросито. Вібросито необхідно, щоб розділити крихту, що вийшла, на 3 фракції:

- I. від 0,3 до 10 мм;
- II. від 1,0 до 3,0 (4,0) мм;
- III. понад 3,0 (4,0) мм.

Якщо гумова крихта має фракцію більше 3,0 мм, вона повертається в екструдер-подрібнювач. За допомогою транспортера гумова крихта I та II фракції надходить у бункери накопичувачі, звідки дозаторами переміщається у паперові мішки. Ваги служать для контролю матеріалу, що відвантажується. Заповнені товарною крихтою мішки прошиваються машиною [12].



1- прес стіл, для різання; 2 - завантажувальні пристрої високого тиску; 3 – апарат очищення брикетів; 4 – сепаратор; 5 – контейнер для металокорду; 6 – дробарка; 7 – кордовідділювач; 8 – контейнер для текстилю; 9 – магнітний сепаратор; 10 – контейнер для металу; 11 - бункер накопичувач; 12 - екструдер подрібнювач; 13 – дозатор; 14 – магнітний сепаратор; 15 – циклон; 16 – контейнер для залишків матеріалів; 17 – кордовідділювач; 18 – контейнер для текстильного корду; 19 - вібросито; 20 – накопичувач; 21 - дозатори фракції I та II; 22 - ваги; 23 - прошивні машини.

Рисунок 1.1 – Схема переробки гуми на крихту

Відновлення шин для вторинного використання також застосовується досить часто. У більшості випадків цей процес має на увазі заміну зношеного

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

15

Бародеструкція. Цей метод є вкрай енерговитратним. Суть полягає у подрібненні шин за допомогою гідравлічного преса. З цільної шини гума під високим тиском вичавлюється або віджимається з корда шина. Кінцевим продуктом є гумова крихта, діаметрів до 0,8 мм та металокорд [11]. Отриманий у ході переробки текстильний корд може використовуватися як вихідна сировина для виготовлення тепло і звукоізоляційних матеріалів, тампонування свердловин при бурінні, як армуючий наповнювач при виготовленні композиційних еластомерних матеріалів [16].

Спалювання шин. Використання шин як паливо використовують у цементних печах та на ТЕЦ, проте це не приносить суттєвого прибутку. При виробництві цементу кількість шин, які використовуються як топлива, обмежено. Це з тим, що й використання негативно відбивається як цементу. Внаслідок того, що при спалюванні шин утворюється велика кількість забруднюючих газоподібних речовин, таких, як вуглекислий газ (CO₂), сіркоутримуючі сполуки, велика кількість кіптяви і різних канцерогенних сполук (фенантрен, антрацен і т.д.) [20], то таке виробництво вимагатиме істотних витрат на очищення газів, що відходять, і подальшу утилізацію уловлених шкідливих домішок. Крім цього, при використанні шин як паливо для ТЕЦ вони мають досить низький ККД [16].

Газифікація шин. Одним із способів переробки вуглеводневмісних сполук є процес газифікації, при якому водень і вуглець від вихідного палива (у тому числі зношених шин) з твердої фази переводиться в газу у вигляді монооксиду вуглецю (CO) та молекулярного водню (H₂). Подібний газ є затребуваною та цінною хімічною сировиною для проведення органічного синтезу.

Одним із сучасних методів організації газифікації (високотемпературного процесу) є використання низькотемпературної плазми, де температури досягають 2500–1000 К або 2220–9720 °С. Основні переваги даного методу полягає в наступному:

- високі температури процесу (як наслідок, прискорені хімічні реакції);

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

17

- розширені можливості управління процесом;
- збільшення питомого виходу хімічної енергії;
- знижені концентрації негорючих речовин у синтез-газі [14].

НВЧ-піроліз. Одним із інноваційних та передових методів переробки шин є метод НВЧ-піролізу. НВЧ-Піроліз – це новий напрямок у переробці шин. При дії мікрохвильового поля на матеріал, що обробляється, розподіл енергії відбувається одночасно по всьому об'єму, тому нагрівання матеріалу відбувається значно швидше, ніж при звичайному піролізі (який відбувається при конвекційному нагріванні). Внаслідок того, що сам механізм нагрівання матеріалу в полі НВЧ принципово відрізняється від звичайного нагріву, значно відрізняється склад газоподібних і рідких продуктів. Так як нагрівання відбувається одночасно по всьому об'єму, ця технологія дозволяє скоротити час і збільшити глибину переробки в порівнянні з традиційним піролізом. Піроліз із застосуванням енергії НВЧ-поля нагріває матеріал до необхідної температури деструкції одночасно по всьому об'єму, на відміну конвекційного способу, при якому нагрівання походить від поверхні (зовнішньої частини) всередину маси. При правильному доборі параметрів НВЧ-установки мікрохвильовий піроліз дозволяє за мінімальних витрат енергії і часу практично безвідходно переробляти будь-які гумотехнічні вироби. Також, цей спосіб піролізу більш екологічний, порівняно з традиційними термічними способами переробки, де нагрівання гуми здійснюється спалюванням частиною газів, що утворюються в ході піролізу, та інших горючих матеріалів [21].

Однак, незважаючи на дані плюси, у цієї технології є суттєві особливості, які обмежують її застосування:

- по-перше, у процесі НВЧ-Піролізу шин утворюються вуглеводні, які заново легко полімеризуються у високомолекулярні смолисті сполуки. При підборі оптимальних режимів можна досягти продукту з мінімальним вмістом високомолекулярних вуглеводнів і сіркомістких сполук, але практика показує,

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

18

що для цього будуть потрібні додаткові добавки у вигляді гідроксиду калію (KOH) [22];

– по-друге, метод НВЧ-Піролізу на практиці застосовувався лише в лабораторних умовах. Використання даної технології у промислових масштабах обмежується тим, що випромінювач надвисоких частот вимагає суттєвих капітальних вкладень, порівняно з класичною піччю для піролізу. У Росії дані випробування проводилися на експериментальній лабораторній НВЧ-установці. Подрібнений матеріал (габаритами 5x5 мм) завантажували в кювету і піддавали піролізу під впливом НВЧ-випромінювання частотою 2.45 ГГц потужністю 1 кВт. Під впливом НВЧ-випромінювання маса нагрівалася до 450-500°З, внаслідок чого відбувалася термічна деструкція [21]. Високі витрати означають збільшену собівартість продукції. Також сама технологія вимагає поглиблених знань на стику фізики та хімії, що утруднює підбір компетентних кадрів.

Технологію НВЧ-Піролізу можна використовувати для отримання хімічних продуктів піролізу, але для того, щоб впровадити цю технологію в промислових масштабах необхідно знизити вартість готових продуктів і проводити додаткові дослідження.

Класичний піроліз шляхом конвекційного нагрівання. Ця технологія полягає в тому, що відпрацьовані автомобільні шини завантажуються в реторту і герметично закриваються. Далі відбувається нагрів завантажених матеріалів без доступу повітря. На відміну від НВЧ-піролізу нагрівання відбувається не так рівномірно, проте обладнання для технології конвекційного нагріву коштує значно дешевше. Для початку процесу деструкції підігрів тигля - ємності з відпрацьованими автомобільними шинами здійснюється від зовнішнього джерела. Згодом, як тільки почнеться процес деструкції молекулярних ланцюжків, газ, який утворюватиметься в ході піролізу, підігріватиме тиглі практично виключаючи потребу у постійній подачі тепла ззовні.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

19

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

2.1 Порівняльний аналіз існуючих технологій переробки автомобільних шин

Незалежно від способів утилізації зношених автомобільних шин та різних гумотехнічних виробів, підприємці та вчені, які займаються цим питанням, прагнуть отримувати продукцію, яка може реалізуватися на ринку. У таблиці 2.1 наведено основні продукти переробки зношених шин, які успішно реалізуються на ринку. Для проведення аналізу технологій переробки зношених автомобільних шин розглянемо основні продукти, що виходять у ході переробки.

Таблиця 2.1 – Основні продукти переробки зношених шин

№	Продукт переробки	Коротка характеристика зовнішнього вигляду
1	Гумова крихта	<p>Подрібнений матеріал вулканізованих резинотехнічних виробів. Розмір часток варіюється від 0,02 до 3 мм залежно від виробничих параметрів.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Зовнішній вигляд гумової крихти</p>

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

21

№	Продукт переробки	Коротка характеристика зовнішнього вигляду
2	Рідкі вуглеводневі суміші	<p>Являє собою синтетичну нафту, яка схожа за своїм складом із природною, проте не є ідентичною їй. Залежно від вибраних технологічних режимів можна отримувати різний фракційний склад рідкого продукту.</p>  <p>Зовнішній вигляд рідких вуглеводневих сумішей</p>
3	Піролізний газ	Безбарвний газ складається з вуглеводнів із довжиною ланцюга до C4-C5.
4	Технічний вуглець	<p>Дрібний чорний порошок з розміром частинок менше 1 мм в діаметрі.</p>  <p>Технічний вуглець</p>

Регенерат відпрацьованих автомобільних шин – це пластичний продукт переробки гуми, здатний до повторної вулканізації. Процес отримання регенерату включає підготовку сировини, регенерування та механічну обробку. Під час підготовки сировини гуму відокремлюють від сторонніх включень, таких як текстильні матеріали та метали. Потім гуму подрібнюють у крихту розміром ~0,5 мм. Регенерацію подрібненої крихти проводять при дії температури, хімічних реагентів та механічному впливі у присутності активаторів регенерації та пом'якшувачів. Операція регенерації спрямована на руйнування

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

вулканізованої раніше сітки та утворення нових зв'язків. Застосування регенерату в гумових сумішах сприяє більш швидкому поглинанню порошкоподібних інгредієнтів, що вводяться в гумову суміш, економить каучук, наповнювачі, пластифікатори і здешевлює загальну собівартість продукції. Застосовується при виробництві гумового взуття, спортивного інвентарю, різних гумотехнічних виробів та автомобільних шин. Залежно від виробленого виробу обмежується кількість регенерату, що додається під час технологічного процесу.

Опис процесу регенерації. Перед регенерацією гумові відходи подрібнюють у крихту, відокремлюють текстильну тканину та метал, після чого крихту змішують з добавками-пом'якшувачами та активаторами процесу девулканізації, що сприяють переходу гуми у пластичний стан. Як пом'якшувачі при девулканізації використовують органічні продукти (соснові, газогенераторні та сланцеві смоли, каніфоль, технічні олії та ін) з температурою кипіння вище 300°C, що значно перевищує температуру процесу девулканізації.

У таблиці 2.2 проведено порівняння переваг та недоліків застосування регенерату. Роль пом'якшувачів полягає в тому, що їх молекули проникають між молекулами каучуку в гумі, викликаючи її набухання внаслідок збільшення міжмолекулярних відстаней та послаблення міжмолекулярних сил тяжіння, що скорочує ймовірність процесів структурування каучуку. Пом'якшувачі, крім того, утворюють один із компонентів регенерату, збільшуючи його пластичність. Їхня доза становить 10-30% (в окремих випадках до 50%) від маси гуми. Як активатори (агенти окисної деструкції) процесу девулканізації використовують дисульфід пента-хлортіофенолу, дисульфід трихлортіофенолу, їх цинкові солі та інші хімічні пластифікатори. Застосування цих сполук дозволяє значно (на 40-50%) скоротити час девулканізації та знизити її температуру. Додають їх 0,15-3,0%, залежно від складу гуми.

Процес девулканізації є основною стадією виробництва регенерату. Подрібнену гуму нагрівають з добавками протягом певного часу при підвищеній температурі (до 190°C). При цьому одночасно відбувається 2 процеси:

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

23

деструкція та вулканізація каучуку, під час чого його просторова структура частково руйнується.

Продукт, що отримується в результаті девулканізації - девулканізатор, має у своїй структурі велику кількість ненасичених подвійних зв'язків, що пояснює здатність до вулканізації приготовленого на його основі регенерату. Незалежно від методу регенерації гумові вироби (в основному автомобільні покришки) спочатку проходять підготовчі операції, в цілому однакові для всіх методів: їх сортують за видами, типами та вмістом каучуку, звільняють від металу на борторізальних верстатах, розрубують механічними ножицями на 2-4 частини. , подрібнюють на шинорізах на півкільця шириною 10-40 мм, які дроблять у гумову крихту послідовною переробкою на дробильних та розмелювальних вальцях (використовують також молоткові дробарки та дискові млини), агрегованих з віброситами. Одержувана гумова крихта (частки розміром 1-2 мм) із вмістом текстильних волокон від 2 до 10% (залежно від подальшого методу обробки) є напівпродуктом для виробництва регенерату.

Як приклад, розглянемо регенерацію гуми за водонейтральним методом, де перервне перемішування сприяє кращому набухання гуми в пом'якшувачах. Крім того, при використанні в якості пом'якшувачів смол хвойних порід деревини, водорозчинні кислоти, що містяться в них, руйнують залишки текстильного волокна (аналогічний ефект досягається при додаванні хлоридів цинку і кальцію). Дані операції позитивно позначається як регенерата. За інших рівних, найбільш досконалим методом регенерації гуми є термомеханічний метод, що дозволяє значно прискорити технологічний процес, зробивши його безперервним, та забезпечити зниження собівартості регенерату за рахунок максимальної механізації та автоматизації виробництва.

При виробництві регенерату термомеханічним методом (рисунок 2) знеструмлену до залишкового вмісту волокна 2% гумову крихту безперервно змішують з пом'якшувачами (або пом'якшувачами) і протягом 4-12 хв пропускають через черв'ячний девулканізатор (черв'ячний прес) з подовженим 1

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

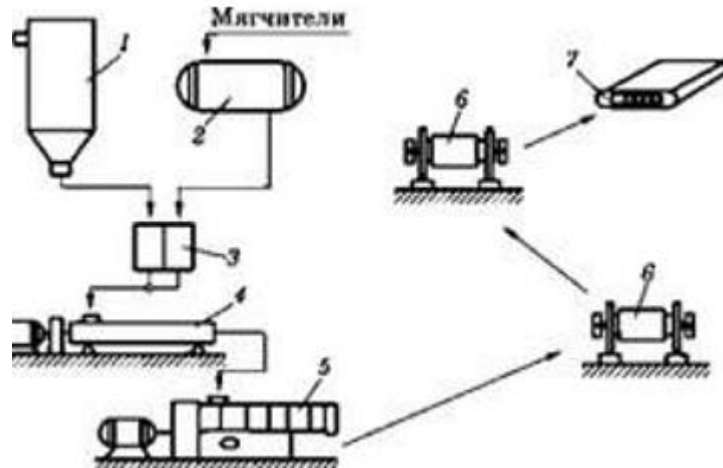
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

24

3. Девулканізат, що виходить з преса, обробляють на рафінувальних вальцях з отриманням регенерату. Регенерат, що виробляється таким способом, більш однорідний і пластичний, ніж регенерат, одержуваний водонейтральним методом [23].



1 - бункер для подрібненої гуми; 2 - ємність для пом'якшувачів; 3 - дозатори; 4 - змішувач; 5 - черв'ячний девулканізатор; 6 - рафінувальні вальці; 7 - продукт.

Рисунок 2.2 – Схема виробництва регенерату термомеханічним методом

Таблиця 2.2 – Переваги та недоліки переробки шин у регенерат

№	Переваги	Недоліки
1	Здатність повторно використовувати отриманий регенерат у виробництві гумотехнічних виробів	При підвищенні концентрації регенерату у вихідній сировині для виробництва гумотехнічних виробів знижується міцність кінцевих продуктів
2	Знижує витрати при повторному використанні як добавки до вихідної сировини	Необхідність високого ступеня однорідності регенерату, для отримання пластичного продукту
3	Не вимагає високотехнологічного обладнання	Необхідність використання додаткових сировини для виробництва
4	Невеликий штат необхідних співробітників (5-6 осіб)	Відходи виробництва такі, як пил від гумової крихти, викиди хімічно реагентів (активаторів вулканізації, пом'якшувачів), шумові та віброзабруднення
5		Необхідність утилізації зношених продуктів, що виробляються з регенератом

Гумова крихта. У параграфі «характеристика існуючих способів утилізації зношених шин» докладно описано метод отримання гумової крихти. Розглянемо

Підп. і дата
Інв.№ дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№ подл.

Таблиця 2.3 – Переваги та недоліки переробки зношених шин у крихту

№	Переваги	Недоліки
1	Великий досвід переробки даним методом як на території України, так і кордоном	Сезонність бізнесу, заснованого на цьому методі
2	Можливість диверсифікації продукції, що випускається	Часті простой обладнання через частого зносу деталей, що піддаються механічному зносу
3	Невеликий штат необхідних співробітників (4–5 осіб)	Велика конкуренція на ринку, щодо інших способів
4	Не висока технологічна складність та специфічність обладнання	Необхідність утилізації зношених продуктів, вироблених з гумової крихти
5	Можливість масштабування виробництва	Неможливість повного уловлювання тонкоподрібнених відходів текстильного корду, свай від якого забруднює екологію

Рідкі вуглеводневі суміші, піролізний газ, технічний вуглець. Всі ці компоненти одержують шляхом термічної або термохімічної обробки зношених автомобільних шин. Розглянемо метод НВЧ- піролізу, де частина виходу рідких вуглеводневих сумішей дорівнює ~50% по масі, при цьому твердий залишок становив близько 41%, а піролізний газ ~9%. За даними [22] до складу газоподібних продуктів НВЧ-піролізу входять водень (H₂), діоксид вуглецю (CO₂), монооксид вуглецю (CO), сірководень (H₂S), а також граничні (C-C₄) та ненасичені (C₂-C₄) вуглеводні. Серед усіх компонентів за вмістом переважає водень (до 60% об.). Отриманий твердий залишок є крихким порошком пористої структури з вмістом вуглецю до 85-90%. За деякими даними, технічний вуглець може містити до 92-99% чистого вуглецю, що допускає його застосування для отримання вуглець-вуглецевих матеріалів (УУМ). УУМ - це новий клас пористих композитних матеріалів, що поєднують переваги як графіту, так і активного вугілля [10]. Очевидною перевагою НВЧ-піролізу над класичним є більш рівномірне нагрівання всього обсягу перероблюваних покриттів. Рівномірне нагрівання забезпечує високу швидкість піролізу та більший вихід рідких та твердих компонентів, які є більш ліквідним товаром на ринку. У зв'язку з тим, що дана технологія в даний час не знайшла свого застосування в промисловому масштабі, необхідно продовжувати дослідження в області НВЧ-

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

27

по рідкому продукту, 18,9-39,5% по технічному вуглецю та 12% по металокорду. При переробці шин методом піролізу необхідно пам'ятати про те, що під час термічного розкладання гуми відбувається виділення небезпечних газів. Для зниження екологічного навантаження на довкілля технологічними процесами передбачаються газоочисники, які забезпечують найбільшу екологічність цього процесу. Як писалося вище, рідкі продукти піролізу застосовні як готове пічне паливо. Крім цього, для отримання чистих компонентів з рідкої вуглеводневої суміші, піролізну рідину можна піддати подальшій обробці та поділу на окремі компоненти на колоні ректифікації. У табл. 2.5 наведено переваги та недоліки переробки відпрацьованих шин методом піролізу.

Таблиця 2.5 – Переваги та недоліки переробки шин методом піролізу

№	Переваги	Недоліки
1	Мінімальне екологічне навантаження на довкілля	Дорожнеча обладнання (але суттєво дешевше обладнання для НВЧ-піролізу)
2	Досвід переробки методом піролізу кордоном	Складність печей
3	Вільний ринок для даного методу переробки	Необхідність очищення тих, хто відходить газів
4	Відсутність необхідності застосування дорогої сировини для підтримки процесу	Низька швидкість процесу
5	Не потрібно наступної утилізації продуктів переробки, на відміну від переробки шин у регенерат або гумову крихту	Вибухонебезпечність виробництва

До термічних способів переробки відноситься і газифікація відпрацьованих шин. На відміну від піролізу, процеси газифікації можна розділити на 2 способи підведення тепла:

а) Автотермічний процес, тобто енергія, необхідна для протікання процесу, утворюється з допомогою згоряння частини сировини;

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

29

б) Алотермічний, тобто енергія тепла підводиться від зовнішніх джерел (подібно до класичного піролізу).

Як було описано вище, одним із сучасних методів організації газифікації є використання низькотемпературної плазми. Наприклад, в [20], повітря, що використовується як плазмоутворююче середовище, містить,

% (мас.): азот (N₂) – 74,43; кисень (O₂) - 22,81; аргон (Ar) -1, 27; діоксид вуглецю (CO₂) – 0,04; воду (H₂O) – 1,45. Для створення високих температур, необхідних для газифікації відпрацьованих шин необхідно витратити велику кількість енергії. У табл. 2.6 наведено переваги та недоліки переробки відпрацьованих шин методом газифікації.

Таблиця 2.6 – Переваги та недоліки переробки шин методом газифікації

№	Переваги	Недоліки
1	Швидкість реакції	Проблема реалізації промислового застосування
2	Мінімальне екологічне навантаження на довкілля під час процесу піролізу	Дорожнеча та складність обладнання для виробництва
3	Більший вихід газоподібного продукту	Необхідність високих температур, як наслідок, високих енерговитрат виробництва
4	Мінімальні витрати енергії (більше ККД виробництва)	Висока собівартість продуктів
5	Не потрібно наступної утилізації продуктів переробки, на відміну від переробки шин у регенерат або гумову крихту	Складність у підбір компетентних кадрів контролю виробництва

Крім описаних та проаналізованих методів переробки, існує можливість відновлення протектора на відпрацьованих шинах. В рамках аналізу існуючих методів переробки відновлення шин не розглядається, так як після виходу відновленої шини з експлуатації їй необхідно буде переробляти на рівні з іншими зношеними шинними відходами.

У таблиці 8 наведено порівняльний аналіз різних методів переробки зношених шин. Як критерії для аналізу були обрані такі позиції:

Підп. і дата
Інв.№ докл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№ подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

30

– необхідність подальшої обробки продуктів переробки для реалізації. За цим критерієм мається на увазі необхідність проведення подальших маніпуляцій з продуктами переробки, щоб їх можна було реалізувати на ринку. Так, при переробці шин у крихту, вона є проміжною ланкою між початком переробки і кінцевим продуктом, наприклад, покриттям для дитячого майданчика. У разі переробки шини в регенерат отримана сировина є складовою при виробництві нових шин, прогумованих покриттів та інших гумотехнічних виробів, але не кінцевим продуктом. При газифікації шин отриманий синтез газ є основою для виробництва органічного синтезу, але також не кінцевим продуктом. При піролізі шин всі отримані продукти: газ, рідке паливо та металокорд можна реалізовувати на ринку, проте при необхідності піролізна рідина та технічний вуглець можуть піддаватися подальшій обробці для отримання більш чистих продуктів. При спалюванні шин вони є сировиною для отримання енергії;

– необхідність утилізації продуктів переробки після закінчення терміну експлуатації. У разі переробки шин у регенерат або гумову крихту, наступні продукти, що реалізуються на ринку мають свій термін придатності. Після закінчення цього терміну придатності виробу з перероблену гуму також необхідно утилізувати;

– досвід промислового застосування. У всіх методів, крім НВЧ-Піролізу, є досвід промислового застосування, що є вагомим негативним фактом при виборі методу переробки зношених шин.

– швидкість переробки. Оцінюючи швидкості переробки у цьому аналізі враховуватимуться чинники сезонності виробництва, для термічних методів – ефективність нагріву, частота поломок устаткування. При даних встановлених параметрах та, виходячи з прочитаної літератури:

а) швидкість переробки шин в регенерат і гуму низька, так як трапляються часті простої обладнання, внаслідок зносу різальних інструментів та іншого обладнання механічного впливу. Крім цього, переробка шин у гуму релевантна тільки в теплу пору року, так як покриття з гумової крихти найчастіше

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

31

використовується на дитячих майданчиках або відкритих футбольних полях, установка яких можлива тільки в теплу пору доби;

б) швидкість переробки шин методом НВЧ-Піролізу висока, оскільки завдяки механізму впливу забезпечується рівномірність розігріву всього обсягу шин, що піддаються утилізації;

в) швидкість переробки класичного піролізу середня, так як при конвекційному нагріванні важко забезпечити рівномірність нагріву, отже, це лімітує стадією переробки;

г) швидкість переробки методом газифікації висока, тому що в даному методі використовуються дуже високі температури (до 10 000°C)

д) критерій швидкості переробки не застосовується до спалювання шин, оскільки в даному випадку шини вже є паливом і з них не одержують продукти переробки.

– фактори екологічного впливу. У цьому аналізі під чинниками екологічного впливу розумітимуться забруднення, які утворюються під час обраного методу переробки.

а) при переробці шин у регенерат утворюється пил від гумової крихти, яку неможливо повністю вловити, і вона негативно впливає на навколишнє середовище (забруднює навколишні водоймища, потрапляє в їжу до диких тварин, що знаходяться в межах виробничої зони і т.д.). Також використовуються при виробництві регенерату органічні смоли, а також неорганічні солі можуть істотно впливати на екологію;

б) у разі переробки шин у гумову крихту, екологічний вплив схожий на переробку шин у регенерат. Пил від виробництва гумової крихти надає основний вплив на довкілля;

в) у випадку з піролізом або газифікацією, основний екологічний вплив, який виникає при виробництві – це утворення шкідливих викидів у вигляді небезпечних газів, таких як CO, H₂S або CO₂. Однак сучасні піролізні установки оснащені ефективними газоочисними установками, тому екологічне

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

32

навантаження від цього методу мінімальне. При грамотному виборі установки одним із небагатьох екологічних впливів буде байпасний факел для скидання зайвого тиску.

г) при спалюванні шин, незважаючи на те, що вони відносяться до IV класу небезпеки, продукти їх горіння є токсичними канцерогенними речовинами, що належать до I-II класу небезпеки. Наприклад, оксиди сірки, ароматичні вуглеводні, конденсовані ароматичні вуглеводні, хлоропохідні та багато інших сполук.

Таблиця 2.6 – Порівняльний аналіз різних методів переробки зношених шин

Критерій	Метод переробки					
	Переробка шин у регенерат	Переробка шин у крихту	НВЧ-Піроліз	Класичний піроліз	Газифікація	Спалювання
Необхідність подальшої обробки продуктів переробки для реалізації	Так	Так	За потреби	За потреби	Так	Ні
Необхідність утилізації продуктів переробки після закінчення терміну експлуатації	Так	Так	Ні	Ні	Ні	Ні
Досвід промислового застосування	Так	Так	Ні	Так	Так	Так
Швидкість переробки (низька, висока, середня)	Низка	Низка	Висока	Середня	Висока	-
Чинники екологічного впливу	Пил від гумової крихти, органічні олії, неорганічні солі	Пил від гумової крихти	Вуглекислий газ	Вуглекислий газ	Вуглекислий газ, монооксид вуглецю	Оксиди сірки, ароматичні вуглеводні, конденсовані ароматичні

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата

У ході проведеного аналізу методів переробки зношених шин, як основний і розрахунковий метод буде обраний Піроліз. По-перше, у багатьох розвинених країнах (Англія, Франція, Німеччина, США, Японія і т.д. [10]) даний метод займає істотну частку серед альтернативних способів. По-друге, продукти піролізу не потребують подальшої переробки, на відміну від гумової крихти чи регенерату. По-третє, рівень сучасних технологій у галузі переробки відходів знаходиться на високому рівні, в деяких країнах переробляється до 100% відпрацьованих шин [13] і 60% припадає на піроліз, що говорить про великий досвід зарубіжних країн у цій сфері, а також про мінімальний екологічний вплив на навколишнє середовище в порівнянні з іншими методами.

2.2 Характеристика технологічного процесу переробки шин методом піролізу

Як приклад для опису технологічного процесу переробки шин методом Піролізу візьмемо установку "Піротекс" виробництва групи компаній "Залізно". Цей вибір пов'язаний з тим, що компанія максимально відкрито демонструє збудований технологічний процес та конструкцію своїх апаратів. Крім цього, під даними [28] у цієї компанії є досвід постачання піролізних установок у більш ніж 20 різних міст, у тому числі і в зарубіжні країни.

Суть процесу піролізу полягає в термічному розкладанні вуглеводневих макроланцюжків на менші фрагменти з метою формування газоподібних (з довжиною ланцюга ~C1-C5), рідких (~C5-C13) та твердих (тобто вуглецю) продуктів. Спочатку сировину для піролізу – відпрацьовані автомобільні шини необхідно просушити, щоб скоротити до мінімуму вміст вологи у вихідній сировині. Це необхідно для того, щоб уникнути побічних реакцій та зменшити кількість хімічно пов'язаної «піролізної води» в кінцевих продуктах, оскільки вона безпосередньо впливає їх якість.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

34

Основним вузлом вустановці є трисекційна піролізна піч, де відбувається реакція термічної деструкції вуглеводневих ланцюжків відпрацьованих шин. Переробки відбувається в такий спосіб. Тиглі завантажуються сировиною (як сировина можна використовувати як цілісні, так і подрібнені шини) і, за допомогою вантажопідйомних механізмів, поміщаються в піч. Для початку протікання процесу піролізу тиглі розігріваються рідкопаливними або газополум'яними пальниками. Підігрів проводиться послідовно, коли перший тигель нагрівається до 200 ° С, у другому тиглі температура буде ~60°С, а третьому 30°С. Такий принцип нагрівання значно економить енергію. Приблизно через 40 хвилин починається реакція піролізу та установка переходить на автономне забезпечення газовим паливом.

Пірогаз підігрітий до 260–560°З тигля, завантаженого гумою, надходить газопроводом через шлюзи в скруббер мокрої очищення, де під дією зрошення охолоджуючого реагенту частково конденсується і остигає. Далі, проходячи через трубу вентури послідовно з'єднану з протиточним насадковим адсорбером, нафтова складова пірогаза остаточно охолоджується і конденсується, перетворюючись на синтетичне паливо. Відцентровий сепаратор служить осушення пірогаза від вологи. Надалі газ використовується підтримки процесу піролізу повному обсязі.

Дана система дозволяє практично повністю витягти рідку складову з пірогаза без втрат. У процесі піролізу під впливом тепла ззовні, на різних відрізках часу в тиглі, де знаходиться гума (автомобільні шини), утворюється різна кількість в об'ємному відношенні пірогаза, який за допомогою газового вентилятора відкачується із зони реакції. Розрідження в тиглі дозволяє регулювати систему датчиків тиску (контрольно-вимірювальні прилади), пов'язану з частотним регулятором, який встановлює належні обороти на газовому вентиляторі. Завдяки оперативності видалення газів із зони реакції загальний обсяг рідкої фракції може досягати 60%. Тривалий час перебування парів піролізної рідини в зоні високих температур може спровокувати реакції

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

35

2.3 Екологічний вплив процесу переробки шин методом піролізу

Виходячи зі складу шин при виробництві, а також проаналізованого технологічного процесу піролізу, можна зробити висновок, що основний вплив на навколишнє середовище в ході проведення піролізу буде виділення вуглекислого газу, при підігріві тиглів.

За даними [18] під час переробки 2 тонн автомобільних шин, вихід газоподібного продукту становить до 0,3 тонн. Отже, при переробці 1 тонни автомобільних шин вихід газоподібного продукту становить 0,15 тонн. Газ, що виділяється під час піролізу, надходить на підігрів тиглів, а також на підтримку горіння байпасного факелу. Виходячи з того, що весь газ, що виділяється в процесі піролізу, спалюється, розрахуємо забруднення атмосфери від 150 кілограм газу.

За даними [10] склад піролізного газу представлений такими компонентами:

- метан (~32,2%);
- етан (~2,5%);
- бутан (~1,4%);
- етилен (~11,2%);
- пентан-гептана суміш (~10%);
- окис вуглецю (~12,2%);
- двоокис вуглецю (~6,8%);
- а також водень та азотовмісні компоненти (~25%).

Виходячи з даних вище, розрахуємо кількість вуглекислого газу, що виділився, і окису вуглецю. Приймемо, що газ та паливна рідина допалюються на 100% (до повного окислення у вуглекислий газ та воду), тоді реакції горіння протікатимуть наступним чином:



Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

37

Таблиця 3.1 – Характеристика готової продукції

№	Продукт	Характеристика	Застосування
1	Технічний вуглець	Технічний вуглець піддається подальшій обробці, а саме флотатції, для знесірювання продукту або реалізується як готовий продукт	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1. Шинна та автомобільна промисловість 2. 2. Виробництво фарб 3. 3. Відновлювальний ремонт для заміни протектора шин 4. 4. Попередня обробка сильно забруднених стічних вод 5. 5. Виготовлення модифікаторів та наповнювачів для асфальтових сумішей
2	Сталь	Специфікації високоякісного скрапу	Пряма переробка
3	Газ	Параметри піролізного газу: - алкани до 40% - Алкени до 20-25% - водень 15-20% - азот до 20% - оксиди вуглецю $\leq 12\%$ [10]	Основне застосування - нагрівання піролізного обладнання, а також у процесах сушіння, компрімування в балони для продажу
4	Піролізна рідина	Параметри піролізної рідини: - температура початку кипіння $\sim 75^\circ \text{C}$; - масова частка сірки $< 1\%$; - теплота згоряння $\sim 39 \text{ МДж/кг}$	Сировина для переробки на НПЗ для отримання бензину, дизельного палива та мазуту, а також реалізація продукту, як пічне паливо

Продукт переробки має великі перспективи подальшого використання. Більш якісна переробка технічного вуглецю дозволить переробляти його в активовані вугілля, що є економічно найбільш доцільним через високу вартість даного продукту на світовому ринку. Також технічний вуглець з високим вмістом чистого вуглецю може застосовуватися як вуглець-вуглецевий матеріал (ВВМ). ВВМ – це новий клас пористих композитних матеріалів, що поєднують переваги як графіту, так і активного вугілля. Розум можна використовувати, як аналог «Карбостилу» - вуглецевого гранульованого матеріалу, який використовується при виробництві високоякісної сталі.

При переробці піролізної рідини на колоні ректифікації можливо розділяти отриманий рідкий продукт на фракції. Реалізувати цю необхідність можна на міні нафтопереробних заводах.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Зацікавлених осіб у реалізації цього проекту можна поділити на три великі групи – владу, бізнес та населення. Кожна з груп під час реалізації такого проекту переслідуватиме свої цілі. Детальний опис взаємних інтересів усіх зацікавлених сторін наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Зацікавлені сторони проекту

Зацікавлена сторона проекту	Інтереси (цілі та завдання)	Очікування	Оцінка впливу
Комітет екології та охорони навколишнього середовища	Забезпечення екологічної безпеки, охорона компонентів природного довкілля, державного регулювання поводження з відходами	Підвищення ресурсоефективності економіки, розвиток «зеленої» енергетики	Висока
Комітет з природних ресурсів, власності та земельних	Охорона природних ресурсів	Раціональне, комплексне використання та відтворення природних ресурсів	Висока
Міністерство природних ресурсів та екології	Реалізація державної політики у сфері поводження з відходами виробництва та споживання	Зниження розміщених на звалищах відходів за рахунок переробки автомобільних шин	Висока
Регіональні оператори	Утилізація відходів	Рішення проблеми утилізації покришок	Середнє
Ініціатори проекту	Зниження негативного впливу на довкілля	Успішна реалізація проекту будівництва заводу, отримання прибутку	Висока
Спонсори проекту	Отримання прибутку	Отримання високого прибутку в результаті реалізації проекту	Висока
Шиномонтажні майстерні	Збут відпрацьованих автомобільних шин	Вирішення проблеми самостійного збуту	Середнє
Підприємства шинної промисловості	Отримання дешевої сировини	Постачання сировини, необхідної для виробництва продукції	Середнє
Підприємства хімічної промисловості	Отримання дешевої сировини	Постачання сировини, необхідної для виробництва продукції	Низьке

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

41

Як видно з таблиці 3.2, кожна з зацікавлених сторін має причини та потреби в реалізації такого проекту з переробки ГТВ, у тому числі відпрацьованих шин.

Незважаючи на високу зацікавленість у цьому проекті, існують обмеження, які необхідно враховувати під час реалізації. На кожній фазі проекту можлива реалізація різних ризиків, тому необхідно передбачити необхідні заходи попередження. Ризик проекту подано у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Ризики проекту з переробки шин методом піролізу

Фаза проекту	Ризики	Наслідки	Заходи попередження
Початкова	Недостатній обсяг початкових інвестицій	Уповільнення виконання проекту порівняно з планом	Залучення додаткових коштів
	Негативний результат з пошуку інвестора	Затримка або скасування реалізації проекту	Розробка якісного бізнес-плану для залучення інвесторів
	Ризик зміни пріоритетів і цілей у розвитку підприємства та втрати підтримки сторони керівництва	Завершення проекту	Узгодження цілей із керівництвом, компромісне вирішення розбіжностей
	Неправильний підбір команди проекту	Зниження кадрової безпеки, відхилення від планових термінів проекту	Залучення до команди кваліфікованих фахівців, які вірять у ідею проекту
Розробка проекту	Неправильна оцінка попиту, конкурентів та цін на продукцію проекту	Неможливість збуту продукції та окупності проекту	Проведення маркетингових досліджень та моніторинг ринку
	Неповнота чи неточність проектної документації	Імовірність не завершення будівництва заводу	Точна розробка та коригування документації
	Ризики помилок планування та проектування	Передбачуваних доходів від проекту буде достатньо для покриття всіх видів витрат	Страхування підприємницьких ризиків

Підп. і дата	
Інв.№ докл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

42

Фаза проекту	Ризики	Наслідки	Заходи попередження
Будівництво	Банкрутство підрядників з проектування та будівництву	Зрив планованих робіт з будівництва заводу	Укладання договорів із надійними компаніями
	Ризики у виробничо-технологічній системі (аварії, відмова обладнання, виробничий шлюб і т.д.)	Зрив планованих робіт з будівництва заводу	Передбачити можливі втрати часу під час будівництва та включити їх у план
	Риск срывов планаробот	Затримка випуску продукції, недоотримання прибутку	Укладання договорів із підрядниками із зазначенням визначених строків, страхування підприємницьких ризиків
Експлуатація	Погіршення можливості отримання сировини та підвищення її вартості	Зрив виробничого циклу підприємства, затримка випуску продукції, невиконання заробітної плати працівникам, недоотримання прибутку	Укладання контрактів із постачальниками на заздалегідь обумовлених умовах, що передбачають відповідальність постачальника за невиконання умов контракту та компенсацію шкоди
	Ризики у виробничо-технологічній системі (аварії, відмова обладнання, виробничий шлюб і т.д.)	Затримка випуску продукції, недоотримання прибутку, шкода здоров'ю та життю людей, іміджу організації	Розробка системи безпеки, планування на підприємстві
	Ризик зривів плану робіт	Затримка випуску продукції, недоотримання прибутку	Ефективне планування на підприємстві, страхування підприємницьких ризиків
	Ризик невідповідності існуючих каналів збуту та вимог до збуту продукції проекту	Неможливість збуту продукції	Укладання контрактів із замовниками на заздалегідь обумовлених умовах

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

	Маркетингові ризики	Зниження попиту на продукцію, що випускається	Проведення постійного моніторингу ринку та реагування на його зміну
	Втрата позицій над ринком.	Закриття підприємства	Безперервне дослідження ринку та конкурентів

Крім ризиків, наведених у таблиці 3.3, на всіх стадіях розвитку проекту можу виникнути такі ризики:

- політичні (зміна політичної ситуації);
- зміна законодавства, нормативно-правової бази;
- відсутність підтримки малого та середнього бізнесу;
- економічні кризи, інфляція;
- економічна обстановка (поява сильної конкуренції);
- екологічні (природно-кліматичні катастрофи та лиха);
- соціальні ризики (страйки, тероризм);
- зміна ринкової кон'юнктури.

Таким чином, при реалізації проекту з переробки гумотехнічних виробів необхідно попереджати та бути готовим до можливих ризиків.

3.2 Техніко-організаційні аспекти створення нового виробництва

При реалізації таких проектів необхідно враховувати особливості виробництва. Внаслідок того, що основною сировиною для підприємства будуть відпрацьовані автомобільні шини, виробництво має враховувати вимоги до збору, обліку, зберігання та переробки відпрацьованих шин. Головний інженер та оператори виробництва повинні мати необхідні компетенції в галузі технічної технології з метою організації технічно грамотного та безпечного виробництва.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Істотним аспектом виробництва є наявність необхідних комунікацій та інфраструктури для реалізації проекту. Габарити робочого цеху мають бути не менше ніж 700 квадратних метрів, з висотою не менше ніж 7 метрів. Діаметр шини, яка підлягає переробці, повинен бути не більше 3 метрів, інакше необхідно розбити шину на фрагменти менших розмірів.

Крім перелічених вище позицій, необхідно враховувати продуктивність установки, яка становить до 3,6 тонн шин на добу.

При даному навантаженні за сировиною передбачається наступний вихід готової продукції:

- по рідкому паливу – 1,3 тонни;
- з технічного вуглецю – 1,6 тонни;
- по металокорду – 0,4 тонни;
- по газу – 0,4 тонни.

Для оцінки реалізації проекту пропонуються такі критерії:

- час виконання проекту;
- екологічність проекту;
- бюджет проекту;
- вихід встановлену виробничу потужність.
- можливість збільшення потужності. Проект вважається успішним, якщо:
- до стадії експлуатації минуло трохи більше 2,3 років;
- внаслідок діяльності підприємства екологічний стан довкілля покращується: зменшуються звалища автомобільних шин; продукти переробки можна використати повторно; внаслідок процесу переробки кількість шкідливих викидів в атмосфері не збільшується;
- проект укладається у рамки заявленого бюджету;
- виробництво фазі експлуатації вийшло задану виробничу потужність;
- після закінчення проекту завод матиме потенціал для розширення.

Одним із основних аспектів успішної реалізації проекту є команда, до якої входять:

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

45

потреба пов'язана з тим, у разі колективної відповідальності велика ймовірність неякісної реалізації одного або декількох напрямів діяльності, що може спричинити незворотні наслідки. Наприклад, непродумана розробка концепції проекту може спричинити незворотні наслідки, які можуть проявити себе на заключній стадії, коли мене буде вже занадто пізно.

Таблиця 3.5 – Матриця відповідальності

Напрямки діяльності	Учасники проекту										
	Менеджер проекту	Команда проекту	Проектувальна організація	Підрядна організація	Незалежні експерти	Ініціатори проекту	Оцінювач	Органи влади	Замовник	Постачальник	Ліцензіар
Розробка концепції проекту	-		-	-	-	1	2	-	2	-	-
Розробка ТЕО проекту	4	3	1	-	-	3	2	-	-	-	-
Експертиза проекту	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Формування команди проекту	1	2	-	-	-	-	-	-	3	-	-
Розробка проектної-кошторисної документації	3	2	1	-	-	-	-	-	4	-	-
Проведення переговорів та заключення контрактів	2	-	2	2	-	-	-	-	1	2	-
Отримання дозволу на будівництво	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
Відведення землі під будівництво	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
Отримання ліцензії на роботу з відходами	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1
Загальнобудівельні роботи	3	3	-	1	-	-	-	-	4	-	-
Будівельно-монтажні роботи	3	3	-	1	-	-	-	-	4	-	-
Закупівля та постачання обладнання	3	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-
Монтаж обладнання	3	3	-	-	-	-	-	-	4	1	-
Здача об'єкту	3	3	-	1	-	-	-	-	2	-	-
Навчання персоналу	4	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-
Експлуатація	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-

Умовні позначення: 1 – перший виконавець; 2 – співвиконавець; 3 – перевірка виконання; 4 – узгодження.

Для здійснення контролю за виконанням обов'язків у рамках зони відповідальності кожного учасника проекту розроблено такі контрольні точки:

– розробка ТЕО проекту;

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

- формування команди проекту;
- укладання контрактів;
- отримання дозволу на будівництво;
- отримання ліцензії на роботу з відходами;
- завершення будівництва заводу;
- монтаж обладнання;
- здавання об'єкта;
- введення в експлуатацію;

Для цілей визначення складу операцій, необхідні реалізації проекту, пропонується застосувати методологію послідовної ієрархічної структури робіт проекту. Ця методологія застосовується для поділу завдань більш дрібні і керовані частини, що дозволяє зробити процес управління проектом значно простіше. Декомпозиція завдань де завдання проекту відбивають їх ставлення друг до друга і до проекту загалом. Ієрархічна структура проекту заснована на графічній природі, яка допомагає передбачити результати, що ґрунтуються на випадкових сценаріях.

Декомпозиція використовується для того, щоб структурувати та розділити проект на легкокеровані компоненти.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	TC 22510360	Арк
						48
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Економічна ефективність проекту з переробки автомобільних шин

Виробнича потужність підприємства є максимально можливим річним обсягом виробництва продукції заданої якості, асортименту та номенклатури виробів за умов повного використання фонду часу роботи та паспортної продуктивності обладнання з урахуванням застосування прогресивної технології та передових методів організації та управління виробництвом. Методика розрахунку виробничої потужності (М) має враховувати специфічні особливості виробництва. У нашому випадку проект має виробництво періодичного типу і річна продуктивність розраховується за формулою:

$$M = n * T$$

де n – виробнича потужність по продукції за зміну, що надається виробником обладнання;

T – кількість днів роботи виробництва (180) з урахуванням планово-ремонтних робіт, вихідних та святкових днів.

Виробнича потужність обладнання представлена в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Добова потужність виробництва при 1 зміні

Продукція	Потужність, т/добу
По рідкому паливі:	1,3
За технічним вуглецю:	1,6
По металокорду:	0,4
По газу:	0,4

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Таблиця 4.2 – Річна потужність виробництва

Роки реалізації проекту	1	2	3	4	5	Всього
Відсоток освоєння виробничої потужності, %	50	80	100	100	100	–
Піролізне паливо, тон.	117	187,20	234,00	234,00	234,00	1 006,20
Тех. вуглець, тон.	144	230,40	288,00	288,00	288,00	1 238,40
Скрап, тон.	36	57,60	72,00	72,00	72,00	309,60

Загальна сума необхідних інвестицій становить 8,3 млн. грн. Вся сума необхідна для виробництва планується з розрахунку власного капіталу без залучення банківських позикових коштів. Під будівництвом будівель та споруд розуміється ремонт цеху, який братиметься в оренду, із встановленням необхідних комунікацій.

4.2 Оцінка екологічно-економічної ефективності проекту з переробки автомобільних шин

Для оцінки еколого-економічної ефективності проекту використовуємо показник інтегральної еколого-економічної ефективності (ІЕЕ), яка може бути визначена як відношення еколого-економічного ефекту проекту (Р) до сукупності всіх витрат на його здійснення та обчислюється за формулою (1) :

$$ІЕЕ = Р/І, \text{ грн./Грн. (1).}$$

Величина інтегрального еколого-економічного ефекту в загальному вигляді може бути визначена за формулою (2), як різниця між вигодами від реалізації

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

50

проекту, додатковими витратами І та Амортизації обладнання (А), які супроводжують його досягнення:

$$P = B - I - A, \text{ грн. (2)}$$

Вигоди від реалізації проекту є сукупністю позитивних результатів як економічного (Вен), так і екологічного характеру (Вел), виражених у вартісному вираженні та розраховуються за формулою (3):

$$B = \text{Вен} + \text{Вел}, \text{ грн. (3)}$$

Вен - економічний ефект від проекту за 5 років (чистий прибуток). Вел – сума платежів підприємств з виробництва шин за екологічний збір та запобігання збиткам ґрунтів за 5 років, розраховується за формулою (4):

$$\text{Вел} = \text{ЕС} + \text{УЩ}, \text{ грн. (4)}$$

Виробники, імпортери товарів зобов'язані забезпечувати утилізацію відходів від використання цих товарів відповідно до нормативів утилізації, імпортери товарів, які не забезпечують самостійну утилізацію відходів від використання товарів, сплачують екологічний збір.

Обчислення у вартісній формі шкоди внаслідок несанкціонованого розміщення відходів виробництва та споживання здійснюється за формулою (5):

$$\text{УЩ} = M * T * \text{Кисх}, \text{ грн. (5)}$$

де М – маса відходів з однаковим класом небезпеки за 5 років, тон.

Тотх – такса для обчислення розміру шкоди, заподіяної ґрунтам як об'єкту навколишнього середовища, при деградації ґрунтів внаслідок несанкціонованого розміщення відходів виробництва та споживання визначається згідно [4], грн./тону.

Приймемо Тотх у разі рівним 5000 грн, оскільки шини ставляться до 4 класу небезпеки.

Кисх – показник залежно від категорії земель та цільового призначення, на якій розташована забруднена ділянка, розраховується відповідно до пункту 8 цієї Методики.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

51

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори під час переробки гумотехнічних виробів

Підприємства з переробки гумотехнічних виробів містять велику кількість небезпечних речовин, а також технічного обладнання [18], які можуть нашкодити людині та навколишньому середовищу [19]. Значне місце професійних захворювань працівників переважно відноситься до захворювань опорно-рухового апарату та периферичної нервової системи. Крім того, через незбалансоване харчування є ризик захворювань шлунково-кишкового тракту. Погіршується стан здоров'я працездатного населення, скорочуються витрати часу на активну роботу, зростає кількість захворювань, інвалідності та навіть передчасної смерті, спричинених професійною діяльністю.

Автори багатьох книг вважають, що показовою рисою сучасної промисловості являється вплив на організм шкідливих факторів низької інтенсивності, що не тільки призводить до виникнення професійних хронічних захворювань, а й призводить до появи неспецифічних симптомів. Багато досліджень показали, що умови роботи на нафтових виробництвах залишаються несприятливими, що суттєво впливає на формування «прихованих» патологій, які можна виявити лише при поглибленому та комплексному обстеженні в лікарні [30].

У виробничому процесі працівники можуть зазнати впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва, через певні дефекти та порушення системи охорони праці в організаційно-технологічному, правовому, соціально-економічному, профілактичному та охоронному плані [51].

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

54

Основним нормативним документом, що регулює правила техніки безпеки при проектуванні, будівництві, ремонті, переобладнанні, виготовленні, монтажі, введенні в експлуатацію та експлуатації суден, що працюють під тиском, є «ДНАОП 0.00-1.07-94» та «Правила будови та безпечної експлуатації суден». Експлуатаційні судна під тиском» (Зміни та доповнення внесені з 11 липня 1997 року).

Вимоги Правил поширюються на:

- барокамери;
- балони зі стиснутими, скрапленими або розчиненими газами під тиском більше за 0,07 МПа;
- цистерни та інші контейнери, що використовуються для транспортування та зберігання газу, рідких або сипучих матеріалів, тиск спорожнення яких перевищує 0,07 МПа;
- цистерни та інші посудини для транспортування та зберігання газів, рідин чи сипучих матеріалів, в яких тиск більше 0,07 МПа створюється для їх спорожнення;
- посудини, що працюють під тиском води з температурою понад 115°C або інших рідин з температурою, що перевищує її температуру кипіння, з тиском 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), без гідростатичного тиску;

– пара або газ під тиском більше 0,07 МПа;

Правила не поширюються на:

- посудини які працюють на суднах і літаках;
- посудини військового спеціального призначення;
- пристрої парового та водяного опалення;
- трубчаті печі;
- посудини АЕС;
- посудини, які виготовлені з труб внутрішнього діаметром не більше 150 мм;

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

56

- посудини ємністю не більше 0,025 кубометрів для науково-дослідних цілей;
- посудини місткістю до 0,025 кубометрів, для яких видобуток тиску у МПа на ємність в м³ становить не більше 0,02.

Проектування посудин, на які поширюються правила, можуть виконуватися організаціями, які мають ліцензію "Держгірпромпагляду". Конструкція посудин повинна створювати надійні умови, працездатність, безпеку та довговічність протягом очікуваного терміну служби у відповідності до паспортних даних, можливість проведення технічних опосвідчень, продування, повного опорожнення, очищення, миття, ремонту і експлуатаційної перевірки металу та з'єднань. Важливою частиною гарантування безпечної експлуатації посудин під тиском є дотримання вимог будівельних матеріалів, технології виготовлення та правил контролю якості. На підставі позитивного висновку експертно-технічного центру організація, яка отримала ліцензію Держгірпромпагляду, може здійснювати виготовлення, переобладнання, ремонт, налагодження та монтаж судна. Всі ці завдання повинні виконуватися за технологією, розробленою підрядником до початку роботи [50].

5.2 Розрахунок параметрів мікроклімату виробничого приміщення, в якому знаходиться обладнання з переробки гумотехнічних виробів

Розрахунок повітрообміну

Для початку необхідно визначити кількість повітря, яку потрібно ввести в приміщення, щоб концентрація парів шкідливих речовин у повітрі не перевищувала гранично допустиму концентрацію (ГДК), розрахувати кратність повітрообміну. Вважаємо, що концентрація парів шкідливих речовин в припливному повітрі, що подається у приміщення, не перевищує 0,1 ГДК. Вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблиці 5.1 та були взяті [48] з документу.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

57

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до розрахунку

Шкідливі речовини	ГДК, мг/м ³	Кількість шкідливих виділень, г/год
Оксид азоту	0,04	0,257
Окис вуглецю	0,2	0,170
Гексан	60/-	0,051
Метан	-/50	0,064
Бутан	200/-	0,243
Об'єм приміщення, м ³	-	250

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

Оксид азоту=0,257/0,4 = 0,62;

Окис вуглецю=0,170/0,2=0,85;

Гексан=0,051/60=0,0009;

Метан=0,064/50=0,0022;

Бутан=0,243/200=0,0012;

$$L_3 = \frac{M}{C_{p.з} - C_{п}}$$

L(Оксид азоту)=257/(0,04-0,004)= 7 138,8;

L(Окис вуглецю)=170/(0,2-0,02)=944,4;

L(Гексан)=510/(60-0,6)=8,9;

L(Метан)=640/(50-0,5)=12,9;

L(Бутан)=243/(200-20)=1,35;

Визначаємо кількість повітря, яке необхідно ввести в приміщення для розбавлення концентрації шкідливих речовин до їх ГДК і кратність повітрообміну.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510360

Арк

58

матеріалами, спостерігати за системою протипожежного захисту та діями працівників у разі виникнення пожежі;

- застосовувати знаки безпеки на місці згідно вимог ДСТУ ISO 6309:2007;
- формулювання заходів щодо дії керівників, робітників і службовців у разі виникнення пожежі, а також евакуаційні заходи. Дотримання цих та інших документів, норм і стандартів дозволяє значно знизити ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій під час виробничого процесу будь-якого підприємства.

Дії працівників у випадку виникнення пожежі, вибуху

Основні причини пожеж: несправності електрообладнання та мереж, порушення технічних регламентів протипожежного захисту, недотримання протипожежних заходів (куріння, відкритий вогонь, використання несправного обладнання тощо), необережне поводження з вогнем. Основні фактори ризику виникнення пожежі: теплове випромінювання, висока температура, токсична дія продуктів згоряння (чадного газу та ін.), зниження видимості при виникненні диму. Основні суттєві фактори вибуху: повітряна ударна хвиля та осколкове поле, утворене осколками зруйнованих об'єктів, технічного обладнання та вибухових пристроїв.

Якщо є небезпека вибуху, лягти на живіт, захистити голову руками, триматися подалі від вікон, скляних дверей, проходів і сходів. У разі вибуху вжити заходів щодо запобігання пожежі та паніки, надати першу допомогу потерпілому.

Кожен працівник при знайденні осередку загоряння або його ознак (задимлення, запах гару, підвищення температури) повинен:

- негайно повідомити назву об'єкта, місце пожежі та своє ім'я за телефоном «101» (пожежна частина);
- вжити заходів щодо евакуації людей, гасіння пожеж та охорони майна

Особи, уповноважені володіти, користуватися або розпоряджатися майном, керівники та посадові особи підприємства, а також офіційно

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

62

призначений персонал, відповідальний за пожежну безпеку, при прибутті на місце пожежі:

– повторити повідомлення про пожежу за телефоном «101», вчасно повідомте керівництво, а наступну службу компанії:

– при загрозі життю негайно організувати рятування та застосувати наявні сили та засоби;

– перевірити роботу автоматичної системи пожежогасіння (повідомити людей про пожежу, гасіння та протидимлення);

– у разі потреби вимикати електропостачання (крім системи пожежогасіння), зупиняти вентиляційну систему в аварійному та прилеглих приміщеннях та вживати інших заходів для запобігання пожежі та задимлення;

– припинити всі роботи в будівлі, крім тих, що пов'язані з протипожежними заходами;

– відповідно до плану евакуації та інструкцій щодо евакуації людей із будівлі вивести працівників, які не задіяні до гасіння пожежі та евакуації, за межі небезпечної зони;

– виконати комплексне керівництво протипожежними діями до прибуття пожежної частини;

– забезпечити дотримання інструкції працівниками, яуі залучені до протипожежних робіт;

– організувати евакуацію та охорону майна одночасно з гасінням пожежі;

– організувати збори пожежних підрозділів та допомагати у виборі найкоротшого протипожежного шляху;

– повідомити пожежні підрозділи, які беруть участь у гасінні пожежі та аварійно-рятувальних роботах, пов'язаних з небезпечними, вибухонебезпечними та хімічно небезпечними речовинами, які зберігаються на об'єкті.

Під час евакуації: швидко пройти через горілі та задимлені місця, затримати дихання та захистити ніс і рот вологою тканиною. Повзаючи або

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

63

згинаючись у задимленому приміщенні, а також у просторі близько підлоги, повітря залишається чистим довше.

Якщо у людини загорівся одяг, необхідно допомогти їй зняти або загасити: накрити ковдрою і міцно притиснути. Якщо надходження повітря обмежено, горіння швидко припиниться. Не дозволяйте людям у палаючому одязі тікати.

Після прибуття пожежної частини керівник підприємства або особа, яка його змінює:

- повідомити начальнику пожежної охорони проектно-технічні характеристики об'єкта, прилеглих будівель і споруд;
- організувати сили і засоби для участі у здійсненні заходів щодо гасіння пожежі та запобігання її розвитку;
- після ліквідації пожежі було прийнято рішення про подальшу роботу об'єкта та повідомлено евакуйованих працівників та студентів.

Вимоги до використання вогнегасника:

- пінні вогнегасники призначені для гасіння різних речовин і матеріалів (деревини, паперу, фарби, палива), крім електрообладнання, що знаходиться під напругою. вогнегасний склад – розчин піноутворювача;
- вуглекислотні вогнегасники призначені для гасіння пожеж різних горючих матеріалів, крім тих, що горять без контакту з повітрям, а також для гасіння електрообладнання напругою до 1000В.

Вогнегасний засіб – вуглекислий газ. При запуску вуглекислотного вогнегасника необхідно навести розтруб на предмет, що горить, відкрити пломбу, витягнути оглядовий пристрій, натиснути на важіль і навести форсунку на полум'я. Тримати вогнегасник вертикально або перевертати його не потрібно. Для уникнення обмороження, не торкайтеся голим тілом металевої частини. Під час гасіння електрообладнання, що знаходиться під напругою, не дозволяється розташовувати розтруб на відстань ближче ніж 1 м.

Сухі порошкові вогнегасники застосовуються для гасіння вогню на нафтопродуктах та автомобільному транспорті. Щоб запуснути вогнегасник

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

64

порошковий, розірвіть ущільнення, витягніть зворотний клапан, натисніть на важіль запуску і направте струмінь сухого порошку через сопло до центру горіння.

Внутрішній пожежний гідрант (ПК) призначений для подачі води під час гасіння твердих горючих матеріалів і легкозаймистих рідин. Внутрішній ПК вводять в експлуатацію два працівники: один робітник згортає шланг і тримає пожежний гідрант в готовності для подачі води до вогнища горіння, а інший перевіряє з'єднання пожежного рукава ПК та відкриває вентиль для подачі води.

Азбестова тканина і повсть (кошма) використовуються для гасіння невеликих пожеж будь-яких речовин і матеріалів, які не горять без повітря.

Пісок використовується для механічного збивання полум'я та для ізоляції палаючих або тліючих матеріалів. Використовуйте лопату або совок.

Заходи реагування на випадок хімічної аварії

Небезпека хімічних аварій у людей і тварин полягає у можливості порушення нормальних функцій організму та віддалених генетичних наслідків, а в деяких випадках – при попаданні АХНР в організм людини чи тварини через дихальні шляхи, шкіру, слизові оболонки, рани, і харчування.

При отриманні сигналу про хімічну аварію увімкніть радіо, щоб отримати достовірну інформацію про аварію та рекомендовані дії.

Закрийте вікна та вимкніть побутову техніку.

Для захисту органів дихання використовуйте ватно-марлеві пов'язки або зручні тканинні засоби, змочені у воді, 2-5 % розчині соди (для запобігання хлору), 2 % лимонної або оцтової кислоти (для запобігання аміаку).

Якщо ви не можете залишити заражену зону, щільно закрийте двері, вікна, вентиляційні отвори та димоходи; заклейте їх щілини папером або скотчем.

Не ховайтеся на першому поверсі будинків, підвалах і напівпідвалах.

На залізницях та автомобільних дорогах, пов'язаних із транспортуванням АХНР, небезпечна зона встановлюється в радіусі 200 м від місця аварії. Не заходити в небезпечну зону.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

65

Якщо ви підозрюєте АХНР, припиніть будь-яку фізичну активність, пийте багато води (молока, чаю) і негайно зверніться за медичною допомогою.

Лише після того, як вміст АХНР буде перевірено, людей можна допустити до будинку.

Не пийте водопровідну воду до офіційного висновку про безпеку водопровідної води. Виявивши краплі невідомих речовин на собі взуття та засоби індивідуального захисту необхідно зняти тампоном з паперу, ганчір'я або носовою хусткою.

Після виходу із зараженої зони зніміть верхній одяг і залишайтеся на вулиці, прийміть душ (дезінфікуйте), ретельно промийте очі і прополощіть рот. Випріть забруднений одяг (якщо ні, викиньте його). Ретельно приберіть приміщення.

Дії у випадку руйнуванні будівель, споруд

Повне або часткове обвалення будівлі є надзвичайною ситуацією природного або техногенного характеру. Така ситуація може виникнути через помилки на стадії проектування, через відхилення від проекту в процесі будівництва, порушення правил монтажу, налагодження його компонентів.

Причиною обвалення будівлі часто є вибух, спричинений терористичними актами, неправильна експлуатація блоку, газопроводів, необережне поводження з вогнем, зберігання в будівлі легкозаймистих та вибухонебезпечних матеріалів.

Раптове обвалення будівель може спричинити пожежу, завали, травми та загибель людей, руйнування комунальних та енергетичних мереж. Якщо ви почуєте вибух або виявите, що будівля втрачає стійкість, ви повинні негайно вийти. Вийдіть з кімнати і спустіться сходами, а не ліфтом: він може зупинитися у будь-який момент. Не панікуйте і не тисніть на двері під час евакуації. Зупиніть тих, хто хоче зістрибнути з балкона (починаючи з другого поверху) і зі скляних вікон.

Якщо ви не можете покинути будівлю, знайдіть безпечне місце: отвори у внутрішніх несучих стінах, кути, утворені внутрішніми несучими стінами, під

Підп. і дата
Інв.№ дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№ подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

66

каркасом балкона (вони можуть запобігти падінню предметів і сміття).
Відкрийте двері кімнати, щоб захистити вихід.

Не панікуйте, зберігайте спокій. Тримайте подалі від вікон та електроприладів. Якщо виникла пожежа, спробуйте негайно її загасити. Використовуйте телефони лише для виклику правоохоронців, пожежників, лікарів та рятувальників.

Не використовуйте сірники: при витoku газу існує ризик вибуху. Опинившись на вулиці, не стійте біля будівлі. Дії у випадку перебування під завалом: робіть глибокий вдих, не панікуйте, не впадайте у відчай. Зосередьтеся на найважливіших речах. Вірити у допомогу. По можливості надайте собі першу допомогу. Озирніться, щоб знайти вихід. Спробуйте визначити, де ви знаходитеся і чи є поруч інші люди: слухайте, голосуйте. Слід пам'ятати: людина може довго терпіти спрагу і голод, якщо це не марна трата сил. Шукайте предмети у своїх кишенях або поблизу них, які здатні випромінювати світлові або звукові сигнали: ліхтарики або металеві предмети, які можуть вдаритися в труби або стіни (щоб привернути увагу рятувальників).

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

67

ВИСНОВКИ

1. У результаті теоретичного аналізу спеціальної літератури, визначено, що правильний вибір методу переробки гумотехнічних виробів дозволить отримати з цих відходів як економічну вигоду, а й значно поліпшити екологічну обстановку довкілля. Автомобільні шини є окремим випадком гумотехнічних виробів, і вони мають значний енергетичний потенціал. З урахуванням необхідності вилучення даного енергетичного потенціалу як метод переробки був обраний піроліз.

2. Було досліджено та проаналізовано різні методи переробки гумотехнічних виробів та вивчено проблеми, що виникають при їх переробці. Було проведено оцінку економічної та інтегральної еколого-економічної ефективності проекту.

3. На сьогоднішній день в Україні не вистачає підприємств з переробки шин, оскільки відсоток переробки не перевищує 20%. Існує безліч методів переробки, продукти практично всіх їх вимагають утилізації після відпрацювання свого терміну експлуатації.

4. Піроліз, дозволяє переробити шини, що були у вживанні, в продукти, які не вимагають подальшої утилізації.

5. Проведені розрахунки показали, що за відносно невеликих витрат для реалізації проекту у вартісному вираженні виходить значний екологічний ефект. Тобто, з екологічної точки зору проект є ефективним.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

68

42. Пристрій та види автомобільних шин / techautoport, 2019. URL: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/kolesnye-diski-i-shiny/avtomobilnaya-shina.html>

43. Роянов О. М. Пожежна безпека виробництв / О. М. Роянов. Кафедра пожежної і технічної безпеки об'єктів та технологій Національного університету цивільного захисту України. – Харків. 2016. – 147 с.

44. Савчук В.В. Дослідження способів переробки шин вантажних автомобілів / В.В. Савчук, М.М. Денисова // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науковотехнічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-29 листопада 2018 року — Т. : ТНТУ, 2018 — Том I. — С. 211–213. — (Сучасні технології на транспорті).

45. Сфери застосування гумової крихти // Техноресурси URL: <http://www.stanki-ru.ru/poleznaya-informatsiya/sfery-primeneniya-rezinovoj-kroshki.html>

46. Т.Ф. Тарасова, Д.І. Чапалда Екологічне значення та вирішення проблем переробки зношених автошин // Вісник ОДУ №2 2006, том 2, С. 130–135.

47. Технологія виробництва автомобільних шин / Wheel-info, 2017. URL:

48. Екологія природних ресурсів. Електронний ресурс: <https://oblasti-ekologii.ua/97/22423/1.html>

49. Юр'єв О.А. Розробка та аналіз комплексної системи безпеки будівлі / Р.Я. Сус, О.А. Юр'єв, А.А. Микитишин, О.С. Голотенко, // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року — Т. : ТНТУ, 2019 – Том 2. – С. 98.

50. Яцун А.В., Коновалов П.М., Коновалов Н.П. НВЧ-Піроліз зношених автомобільних шин у присутності гідроксиду калію // Сучасні наукомісткі технології, 2017. – С. 83–87.

Підп. і дата	
Інв.№ дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№ подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510360

Арк

73

