

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

## ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ  
АВТОМОБІЛІВ»

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-61

Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Гриниха Михайло Андрійович

(прізвище ім'я та по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Шевчук Р.С.

(наук. ст., вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(наук. ст., вчене звання, прізвище ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024





Кваліфікаційна робота: 73 с. текст. част., 39 рис, 11 табл., 18 літ. джерел. «Удосконалення технології утилізації автомобілів» Гриниха М.А. Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів і тракторів. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

У кваліфікаційній роботі розглянуті технології утилізації автомобілів та запропонований варіант удосконаленої технологічної схеми переробки лому з використанням сучасного інформаційного методу X-ray сепарації, що дозволило збільшити глибину переробки цієї сировини.

Виконаний аналіз досвіду шредерної технології утилізації автомобілів у розвинених країнах Світу та обґрунтовано необхідність використання цієї технології в Україні.

Розглянуті основні методи видової сепарації що використовують при утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації та особливості утилізації та рециклінгу різних типів сировини.

Запропонована технологічна схема переробки лому кольорових металів та їх сплавів яка ґрунтується на основі сучасного інформаційного методу x-ray сортування матеріалів, яка дозволила зменшити кількість залишку що не переробляється від 34 до 17 %

Розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при експлуатації технологічних ліній з утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1. Утилізація автомобілів у США та Європі .....	7
1.2. Оцінка об'ємів утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації в Україні .....	9
Висновок за розділом.....	17
РОЗДІЛ 2	
ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ .....	18
2.1. Світовий досвід організації утилізації автомобілів, що вийшли з експлуатації .....	18
2.2. Технологічні схеми утилізації автомобілів .....	21
2.3. Процеси та обладнання для утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації.....	26
2.3.1. Пресування автомобільного металобрухту.....	26
2.3.2. Дроблення автомобільного металобрухту.....	28
2.3.3. Видова сепарація відходів металів.....	31
РОЗДІЛ 3	
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ .....	44
3.1. Теоретичні основи X-ray методу сортування металів та їх сплавів .....	44
3.2. Удосконалена технологічна схема переробки кольорових металів та сплавів .....	45
Висновки до розділу.....	49
РОЗДІЛ 4	
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	50
4.1. Результати моделювання роботи підвісного магнітного сепаратора .....	50
РОЗДІЛ 5	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
5.1. Норми і правила з техніки безпеки і виробничої санітарії .....	55
5.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	59
5.3. Організація пожежної безпеки підприємства .....	60
РОЗДІЛ 6	
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

## ВСТУП

Транспортні засоби представляють грошову цінність для організації.

Навіть наприкінці свого життєвого циклу транспортний засіб все ще може зберігати високу ринкову вартість, як правило, вищу, ніж його облікова вартість. У середньому ця ринкова вартість оцінюється близько 10 000 доларів США.

І все ж багато організацій знищують цю фінансову цінність через свою практику утилізації транспортних засобів. Найбільш загальні практики утилізації включають канібалізм, використання частини транспортного засобу для технічного обслуговування та ремонту інших транспортних засобів або дарування своїх транспортних засобів іншим організаціям.

Є кілька причин для утилізації, а саме: транспортний засіб було пошкоджено; він зазнав надмірного зносу; або транспортний засіб більше не потрібен. Але в той час як причини утилізації можуть бути зрозумілими, організація практики утилізації все ще можуть бути складними.

Недостатні критерії утилізації, відсутність знання в офісах країни про те, коли і як утилізувати транспортних засобів або відсутності центрального ринку продажу транспортних засобів може призвести до поганої утилізації автомобіля. Результатом є те, що організація зазвичай продовжує експлуатувати старі транспортні засоби, що негативно впливає на його організаційні витрати, рівень безпеки дорожнього руху та вплив на навколишнє середовище.

Таким чином, удосконалення шредерної технології утилізації автомобілів з використанням X-ray сепарації кольорових металів та їх сплавів, дозволить отримати більш чисті продукти та збільшити глибину переробки.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1 Утилізація автомобілів у США та Європі

Автомобілі, які вийшли з експлуатації, є значною загрозою для навколишнього середовища через її велику кількість, значну масу і наявність в ній токсичних речовин, що чинять негативний вплив на навколишнє природне середовище та здоров'я людей. Сміття, що утворюється при утилізації автотранспортної техніки, є дуже неоднорідним за складом та динамікою утворення, всі відходи за неправильного поводження завдають великої шкоди навколишньому середовищу.

Автомобілі, які відпрацювали свій термін експлуатації, містять велику кількість елементів, що негативно впливають на навколишнє середовище, а саме:

- елементи, що містять свинець (аккумуляторні батареї);
- відпрацьовані оливи і забруднене паливо;
- технічні рідини;
- пластмаси;
- гумові вироби.

Ці елементи забруднюють земельні і водні ресурси, атмосферу. Повноцінна утилізація автомобілів, що вийшли з експлуатації, та їх елементів, пов'язана з розробкою сучасних технологій, що дозволяють досягнути максимально можливого рівня утилізації автомобілів.

Середня кількість автомобільних відходів в світових масштабах наведена в табл. 1. [1].

Таблиця 1.1 – Щорічна середня кількість автомобільних відходів

Вид відходів млн. т/рік	У Західній Європі	У Німеччині	У світі
Пластмаси	2,4	0,25	3,9
Шини	0,32	0,15	1,4
Інші неметалеві матеріали	1,5	0,3	4,7
Робочі рідини	0,05	0,25	0,9

Продовження табл. 1.1

Матеріали, які одержані при ремонті і технічному обслуговуванню АТЗ	1,8	0,2	5,0
Всього	6,07	1,15	15,9

У країнах Західної Європи, середній вік автомобілів, що виходять з експлуатації досягає приблизно 12 – 14 років, США та Японії – трохи менший.

У США, щорічно вибуває з експлуатації близько 14–15 мільйонів авто, загальна вага їх становить близько 20 мільйонів тонн. Більше 200 підприємств спеціалізуються на переробці цих транспортних засобів, вони обладнані шредерами різної продуктивності. Також понад 10 тисяч менших підприємств, які розбирають та демонтують відживлених авто, постачають матеріали цим заводам. Річний виробничий обсяг цієї галузі складає 4 мільярди доларів. Загальний відсоток використання автомобілів, які вийшли з ужитку, складає 82–83 %, а використання чорних та кольорових металів практично досягає 100 %.

Кожного року, близько 15 мільйонів автомобілів, які вийшли з експлуатації, прибувають на утилізацію у Європейських країнах. Наприклад, у Франції розбір та демонтаж таких автомобілів виконують близько 3 тисяч операторів, а подрібнення та розділення здійснюються на 40 шредерних заводах. У Німеччині діє 5 тисяч підприємств, що займаються збиранням авто, які вийшли з експлуатації, та 47 шредерних заводів; 37 шредерних заводів також функціонують у Англії.

У країнах Західної Європи, зокрема в 15 країнах ЄС, експорт старих автомобілів більш продуктивний, ніж у США. Згідно з даними АСЕА (European Automobile Manufacturers Association – Європейська асоціація автомобільних виробників) за 2004 рік у ЄС зняли з реєстрації 11,5 мільйонів старих авто, а на утилізацію надійшло лише 7,8 мільйонів, що становить 68%. [1], [2].



Найнижчі показники зафіксовані в Австрії, Португалії, Німеччині та Італії [1, 2].

Усвідомлюючи те, що в усіх країнах ЄС діє жорстка система контролю за утилізацією авто, не дозволяючи викидати транспортні засоби, що вийшли з експлуатації, можна зробити висновок, що у 2004 році близько 3,8 мільйонів старих автомобілів прибули в Східну Європу, Україну та інші країни, зменшуючи проблеми з навколишньому середовищу, які спостерігаються в розвинених країнах Європи.

## 1.2 Оцінка об'ємів утилізації автомобілів в Україні

До складу вторинної сировини входять 67-72,2% сталі та чавуну, 8–12% пластиків, 6,2–8% кольорових металів та інші матеріали (табл. 1.2). Частка вмісту вторинної сировини, що міститься в автомобілях показано на рис. 1.1. [1].

Таблиця 1.2 – Частка вторинної в автомобілях

Матеріал	Вміст матеріалу (у % від маси)		
	Типовий американський автомобіль	Типовий японський автомобіль	Типовий європейський автомобіль компакт-класу
Сталь і залізо	67	72,2	65
Пластики	8	10,1	12
Скло	2,8	2,8	2,5
Гума	6	3,4	6
Рідини і мастила	6	3,4	2,5
Кольорові метали	8	6,2	8
Інші матеріали (фарба, ізоляція, електропроводка)	4	2,2	4
Загальна вага (кг)	1438	1270	1210

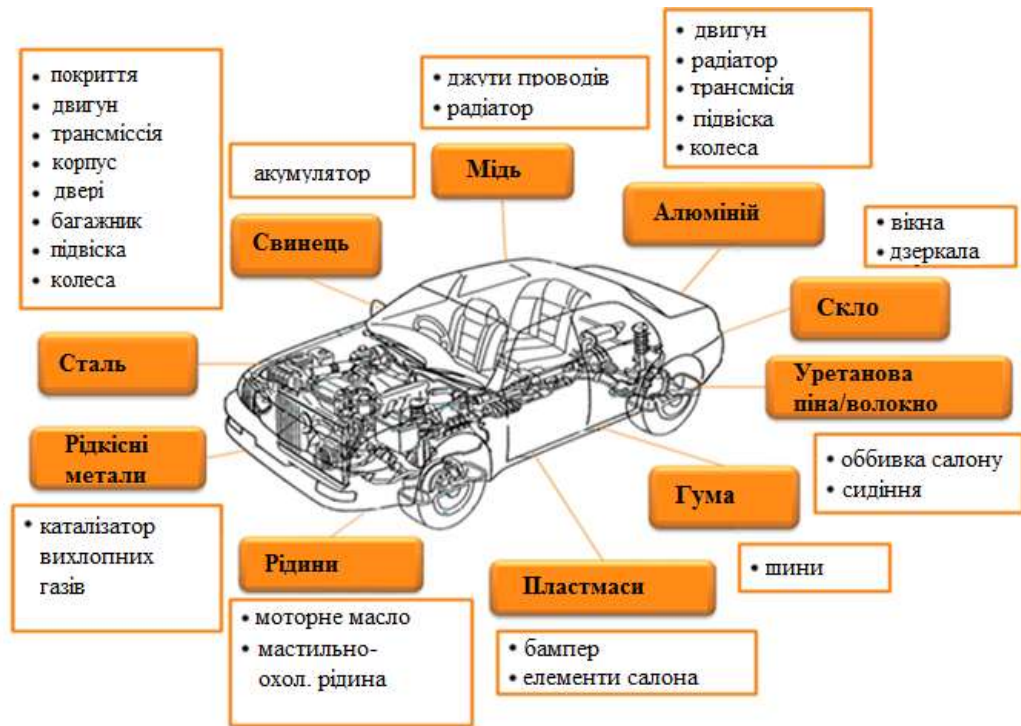


Рисунок 1.1 – Схема розміщення основних сировинних матеріалів що входять до складу автомобіля

Виконати прогноз об'ємів утилізації автомобілів на наступні роки можливо виходячи з аналізу віку сучасного автопарку країни.

Середній вік автомобілів в Україні щорічно зростає. За даними джерела [3] розподіл середнього віку у 2016 році становив 19,6 року (рис. 1.2). Сьогодні ж цей вік за даними з різних джерел уже перевищив 22 роки.

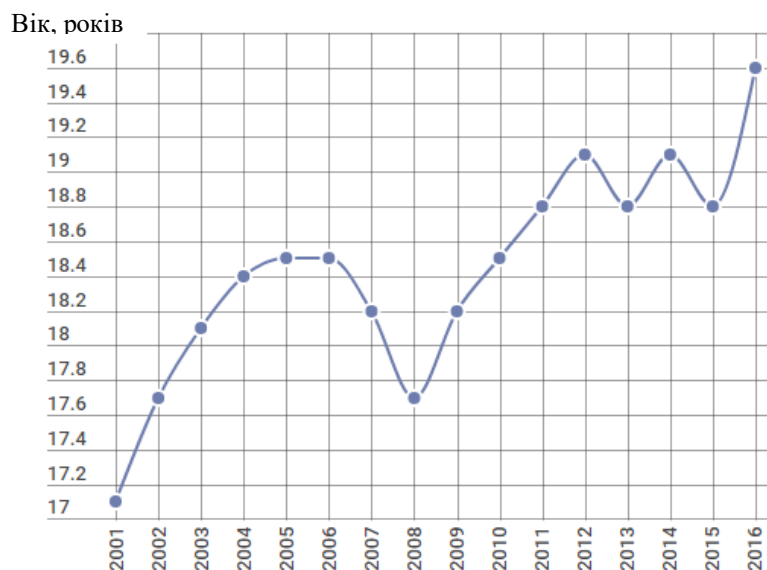


Рисунок 1.2 – Середній вік українського автопарку

Сьогодні в Україні 27% автомобілів мають вік більший 30 років і 47% автомобілів віком від 10 до 30 років. Чим старіший автомобіль, тим більше

шкоди навколишньому природному середовищу він завдає: до ґрунту потрапляють токсичні та шкідливі речовини, такі як свинець, ртуть, машинне масло, залишки паливно-масляних речовин, іржа. Графік розподілу віку українського автопарку зображено на рис. 1.3.

Кількість, тис. од

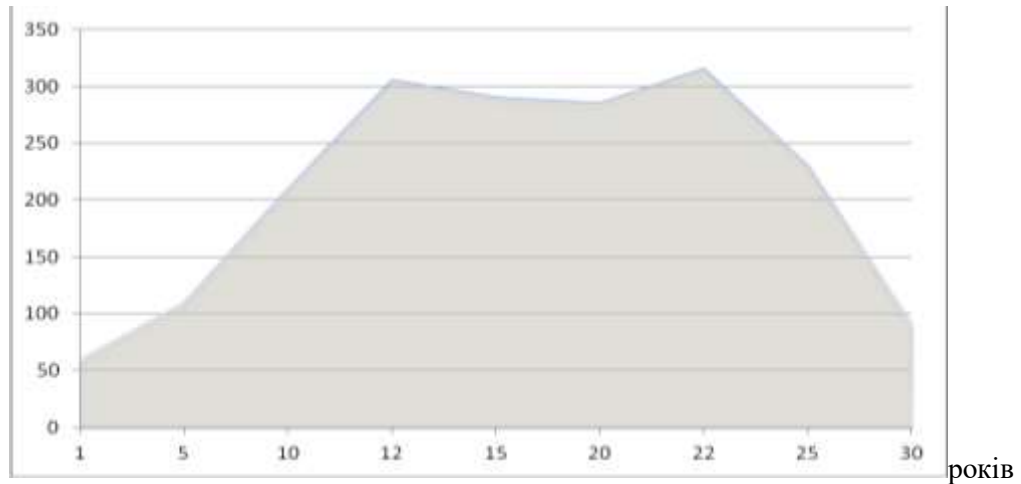


Рисунок 1.3 – Графік розподілу віку українського автопарку

Враховуючи цей розподіл допустимо що невідкладної утилізації потребують автомобілі, що вийшли з експлуатації, вік яких перевищив 30 років. Відповідно до графіка (рис. 1.3) уже сьогодні потрібно утилізувати 90 тисяч автомобілів. Якщо за 5 років активність по утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації не зміниться ця цифра може досягнути 250–300 тис. одиниць. З урахуванням того, що частка автомобілів, які вийшли з експлуатації, що направляють на утилізацію буде щорічно збільшуватися на 5% та розподілу віку автотранспортного парку виконано прогноз кількості автомобілів які потребуватимуть утилізації до 2050 року (рис. 1.4.).

Кількість, тис. одиниць

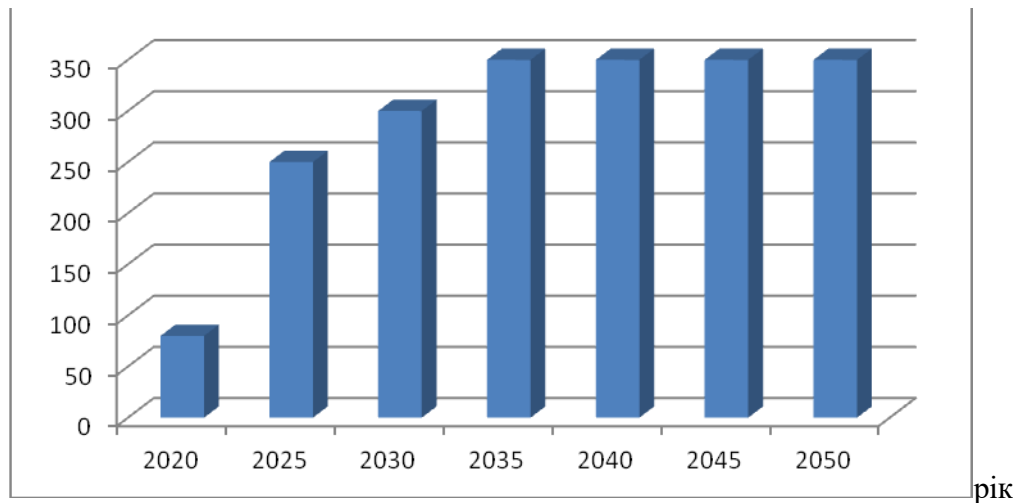


Рисунок 1.4 – Графік прогнозу автомобілів, які потребують утилізації

Приймаємо кількість автомобілів, що будуть іти на утилізацію за середньою технологією рівною половині кількості автомобілів що потребують утилізації (90000 одиниць). Ця кількість була розподілена відповідно до кількості населення по областях України (табл. 1.3) для оцінки продуктивності по утилізації автомобілів

Таблиця 1.3 – Автомобілі які йдуть на утилізацію в Україні на 2022 рік

№	Область	Населення млн. люд.	Автомобілів на утилізацію	
			за рік	за день
	1	2	3	4
1	Рівненська	1,163	1250	5,0
2	Волинська	1,042	1120	4,5
3	Житомирська	1,240	1330	5,3
4	Київська	1,725	1850	7,4
5	м. Київ	2,934	3154	12,6
6	Львівська	2,534	2720	10,9
7	Тернопільська	1,040	1118	4,4
8	Хмельницька	1,278	1374	5,5
9	Закарпатська	1,259	1353	5,4
10	Івано-Франківська	1,382	1486	5,9
11	Чернівецька	0,910	978	3,9
12	Вінницька	1,611	1732	6,9
13	Одеська	2,396	2570	10,3
14	Чернігівська	1,056	1135	4,5
15	Сумська	1,113	1196	4,8
16	Полтавська	1,439	1547	6,2
17	Черкаська	1,231	1324	5,3
18	Кіровоградська	0,965	1037	4,1
19	Миколаївська	1,164	1251	5,0
20	Херсонська	1,062	1142	4,6
21	Запорізька	1,785	1919	7,7

## Продовження табл. 1.3

22	Дніпропетровська	3,230	3473	13,9
23	Харківська	2,701	2905	11,6
24	Луганська	2,167	1450	5,8
25	Донецька	4,199	2350	9,4
26	Автономна республіка Крим	-	-	-
	<b>Всього</b>	<b>42,626</b>	<b>42764</b>	<b>170,9</b>

Відповідно до розрахованого розподілу кількості автомобілів, що планується утилізувати за середньою технологією побудовано діаграма розподілу кількості автомобілів по областях (рис. 1.5) та карту розподілу цих автомобілів по території України (рис. 1.6).

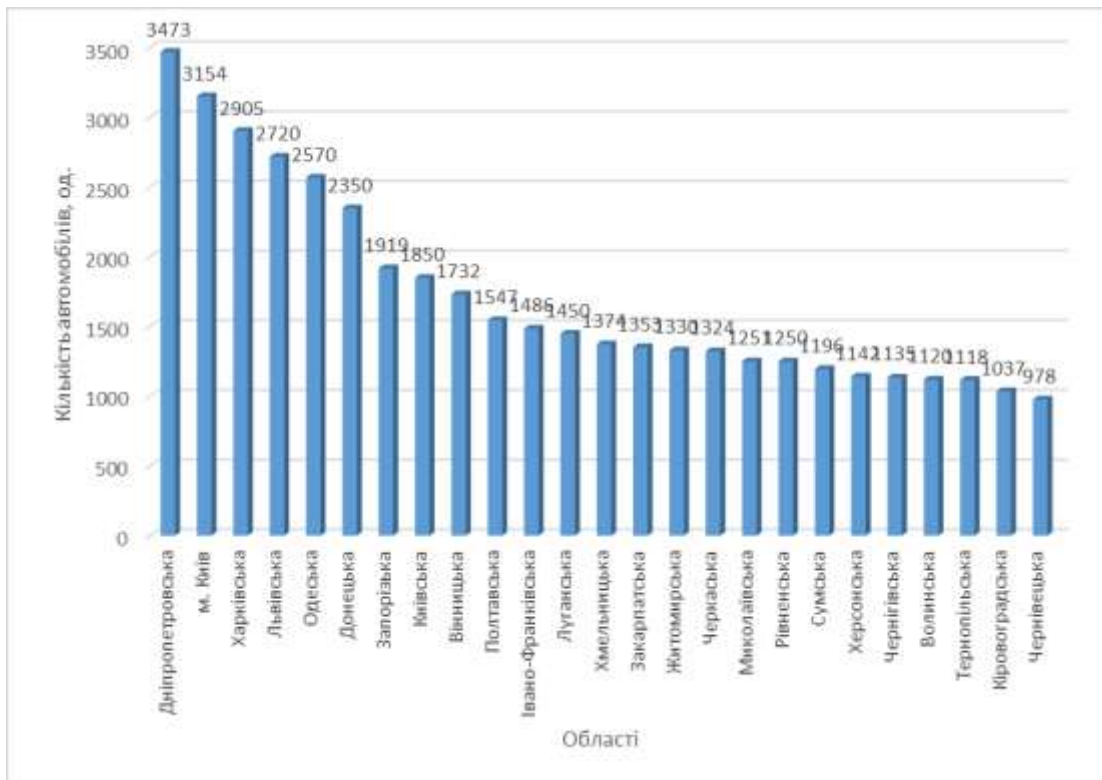


Рисунок 1.5 – Діаграма розподілу кількості автомобілів які йдуть на утилізацію в Україні на 2022 рік

З урахуванням маси середньостатистичного автомобіля 1200 кг та розподілу матеріалів відповідно до табл. 1.2, з утилізованих автомобілів за середньою технологією можна отримати максимальну добову продуктивність по вторинних матеріалах розраховану у табл. 1.4 по кожній області.



Рисунок 1.6 – Карта розподілу кількості автомобілів що планується утилізувати за шредерною технологією по областях України станом на 2022 р.

Таблиця 1.4 – Вміст матеріалів в автомобілях що планується утилізувати за шредерною технологією

Кількість матеріалів в автомобілях по областях	Маса матеріалів в автомобілях за день, кг						
	Сталь і залізо	Плаستي	Скло	Гума	Рідини і мастила	Кольорові метали	Інші матеріали (фарба, ізоляція, електропроводка)
1	2	3	4	5	6	7	8
Рівненська	3932,5	726,0	151,2	363,0	151,2	484,0	242,0
Волинська	3539,2	653,4	136,1	326,7	136,1	435,6	217,8
Житомирська	4168,4	769,5	160,3	384,7	160,3	513,0	256,5
Київська	5820,1	1074,4	223,8	537,2	223,8	716,3	358,1
м. Київ	9909,9	1829,5	381,1	914,7	381,1	1219,6	609,8
Львівська	8572,8	1582,6	329,7	791,3	329,7	1055,1	527,5
Тернопільська	3460,6	638,8	133,1	319,4	133,1	425,9	212,9
Хмельницька	4325,7	798,6	166,3	399,3	166,3	532,4	266,2
Закарпатська	4247,1	784,0	163,3	392,0	163,3	522,7	261,3
Ів.-Франківська	4640,3	856,6	178,4	428,3	178,4	571,1	285,5
Чернівецька	3067,3	566,2	117,9	283,1	117,9	377,5	188,7
Вінницька	5426,8	1001,8	208,7	500,9	208,7	667,9	333,9
Одеська	8100,9	1495,5	311,5	747,7	311,5	997,0	498,5
Чернігівська	3539,2	653,4	136,1	326,7	136,1	435,6	217,8
Сумська	3775,2	696,9	145,2	348,4	145,2	464,6	232,3
Полтавська	4876,3	900,2	187,5	450,1	187,5	600,1	300,0
Черкаська	4168,4	769,5	160,3	384,7	160,3	513,0	256,5
Кіровоградська	3224,6	595,3	124,0	297,6	124,0	396,8	198,4

## Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Миколаївська	3932,5	726,0	151,2	363,0	151,2	484,0	242,0
Херсонська	3617,9	667,9	139,1	333,9	139,1	445,2	222,6
Запорізька	6056,0	1118,0	232,9	559,0	232,9	745,3	372,6
Дніпропетровська	10932,3	2018,2	420,4	1009,1	420,4	1345,5	672,7
Харківська	9123,4	1684,3	350,9	842,1	350,9	1122,8	561,4
Луганська	4561,7	842,1	175,4	421,0	175,4	561,4	280,7
Донецька	7393,1	1364,8	284,3	682,4	284,3	909,9	454,9
Автономна рес- публіка Крим	-	-	-	-	-	-	-
Всього	134412,9	24814,6	5169,7	12407,3	5169,7	16543,1	8271,5

Відповідно до виконаних розрахунків була побудована гістограма розподілу продуктивності по отриманих матеріалах (рис. 1.7).

З розрахунків бачимо, що добова кількість автомобілів, що планується на утилізація становить 171 одиниця по всій території України. Якщо врахувати, що усі автомобілі будуть утилізувати за шредерною технологією то ця кількість зросте удвічі. Середня продуктивність шредерного заводу у США становить 75 тис. автомобілів на рік, це 200-250 автомобілів на добу. Розрахована потреба в утилізаціє автомобілів що вийшли з експлуатації не досягає середньої продуктивності шредерного заводу. Тому в Україні цей високопродуктивний метод поки що не поширений.

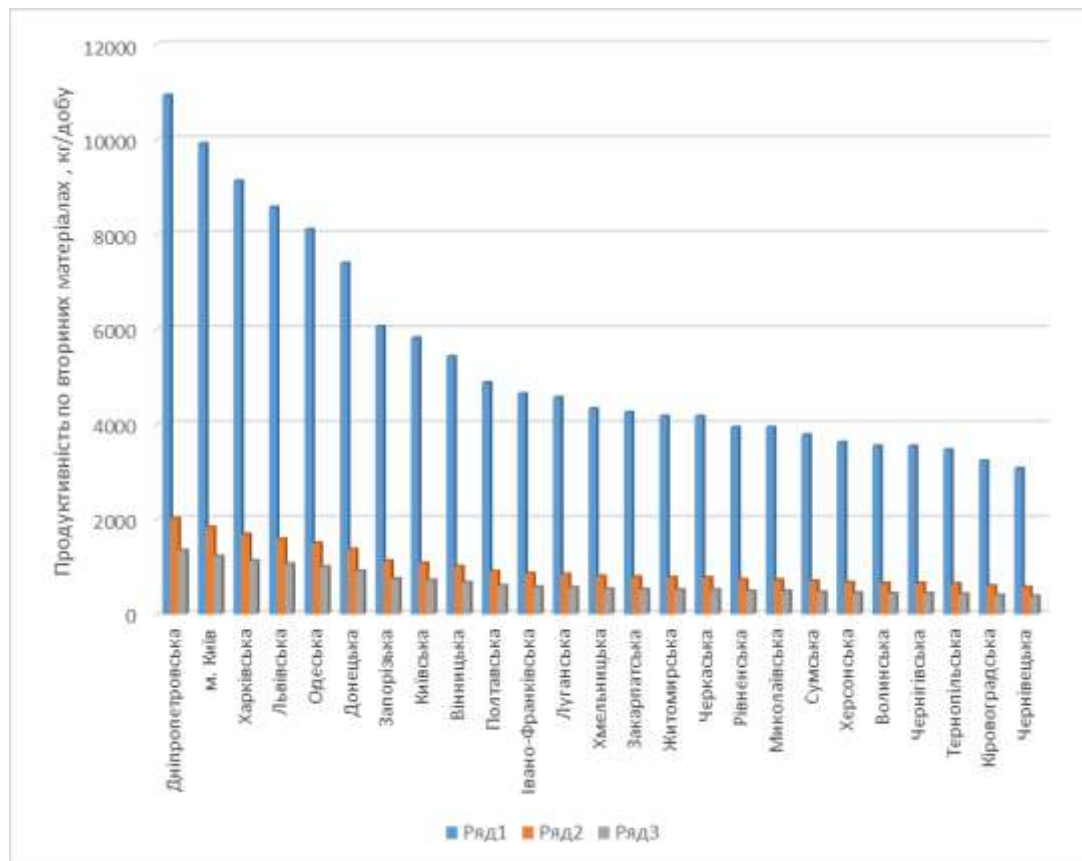


Рисунок 1.7 – Діаграма вмісту матеріалів в автомобілях по Україні

Ряд 1 – сталь і залізо; ряд 2 – пластики; ряд 3 – кольорові метали.

Залишається також питання доставки автомобілів до шредерного заводу, якщо він буде лише один. Автомобілі які вийшли з експлуатації є дешевою сировиною, яку не доцільно транспортувати на великі відстані. Виходом з цієї ситуації є організація звалищ автомобілів що вийшли з експлуатації, що обслуговують 2-3 області та використання мобільної самохідної шредерної установки, яку потрібно буде перевозити між цими звалищами. Але враховуючи, дуже швидке старіння українського автопарку, уже через 5 років без шредерної технології утилізації не обійтися



## **Висновки за розділом**

У результаті аналізу літературних джерел можна зробити наступні висновки.

**Метою роботи** є удосконалення шредерної технології утилізації автомобілів шляхом збільшення ефективності переробки відходів кольорових металів та їх сплавів з використанням X-ray методу їх сепарації.

Задачі дослідження:

1. Дослідити екологічний вплив утилізації автомобілів.
2. Оцінити об'ємів утилізації автомобілів та кількості вторинних ресурсів в Україні
3. Удосконалити шредерну технологія утилізації автомобілів.
4. Розрахувати техніко-економічний аспект утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації.

Об'єкт дослідження – технологія шредерної утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації.

Предмет дослідження – закономірності вилучення металів та пластиків з автомобільного лому отриманого на шредерних установках

Практичне значення.

5. Досліджено екологічний вплив утилізації автомобілів.
6. Оцінено об'ємів утилізації автомобілів та кількості вторинних ресурсів в Україні
7. Вдосконалено шредерну технологія утилізації автомобілів.
8. Розраховано техніко-економічний аспект утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

#### 2.1 Світовий досвід організації утилізації автомобілів

Схема матеріального й фінансового потоків в системі поводження з автомобілями, що вийшли з експлуатації в країнах ЄС наведена на рис. 2.1.

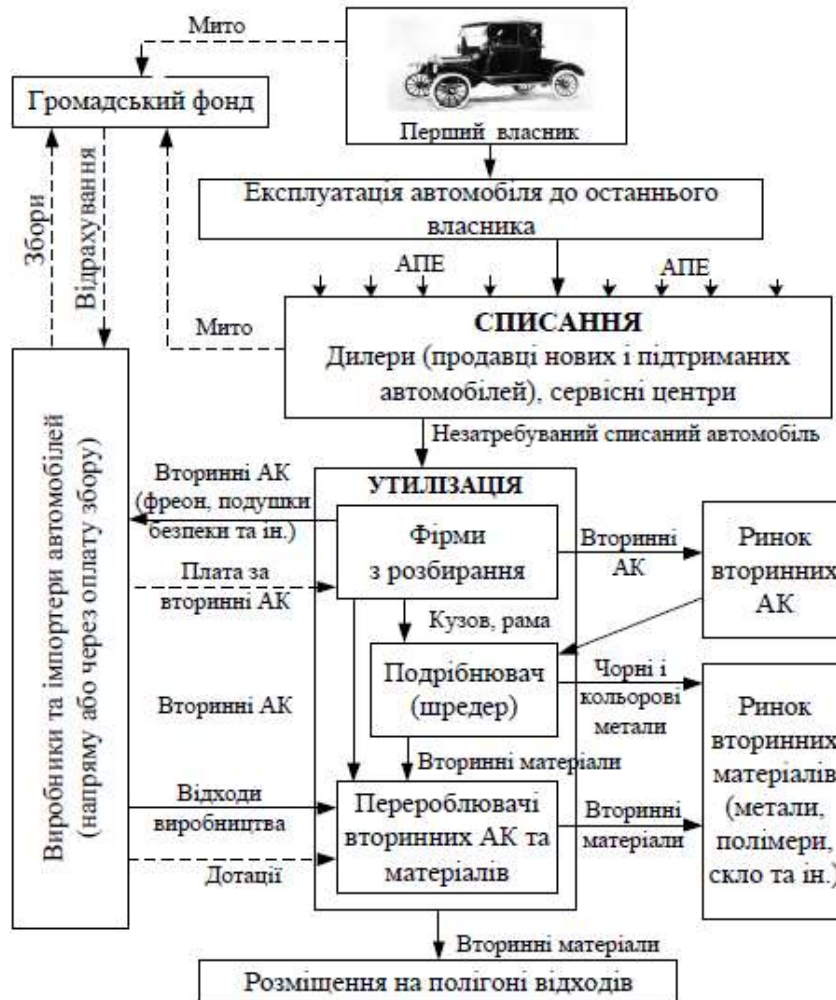


Рис. 2.1. Схема матеріального та фінансового потоків в на протязі життєвого циклу автомобілів в країнах ЄС

Делегати урядів певних європейських країн на конференції у Женеві у 1958 р підписали «Угоду про прийняття єдиних умов офіційного затвердження і про взаємне визнання офіційного затвердження предметів обладнання та частин механічних транспортних засобів», в межах якої було створено орган технічного співробітництва з метою розробки подібних міжнародних правил, які стосуються конструкції транспортних засобів та їх запчастин.

Цим органом була сформована робоча група з конструкції транспортних засобів Комітету з внутрішнього транспорту Європейської екологічної комісії ООН (КВТ ЄЕК ООН). Наради цієї групи проходять в Женеві тричі на рік. У нараді беруть участь практично всі європейські країни, делегати Європейського економічного співтовариства, і неурядові міжнародні організації, діяльність яких пов'язана з виробництвом чи експлуатацією транспортних засобів, які також мають право участі в дискусії.

Європейська Комісія розробила проекти таких законів як «Введення документів про переробку» та «Визначення мінімальних критеріїв для підприємств-переробників автомобілів, «Директива про закінчення життєвого циклу», за якими передбачено, що продовж утилізації автомобілів, починаючи з 2015 року мінімум 85 % ваги повинна забезпечувати авто переробка, і лише 10 % можуть бути термічно переробленими, та тільки 5% допускається захоронити.

Складові стратегії поводження з автомобілями, які підлягають утилізації в розвинених країнах:

- проектування авто і комплектуючих з врахуванням забезпечення доступної та ефективної технології утилізації:

а) технологію утилізації прогнозують у конструкції автомобіля під час розробки;

б) впродовж проектування треба надавати перевагу легкороз'ємним з'єднанням, що полегшує розбирання автомобіля, використовують маркування і кодування вузлів та агрегатів, які спрощують їх подальше використання і утилізацію. Від 2000 р., в країнах ЄС введена обов'язкова єдина система маркування деталей та вузлів автомобілів, які полегшують видову сепарацію та раціональну переробку відходів. Заводи розробляють інструкції щодо розбирання та можливих напрямів утилізації комплектуючих під час проектування та випуску нових марок автомобілів. Законодавці та виробники авто очевидно розуміють, що без маркування, зрозумілих та доступних технологій розбирання неможна гарантувати повернення у виробництво 95 % маси автомобілів, що виробляються;

в) нероз'ємні з'єднання (в тому числі зварювання, гаряча і пресова посадка, склеювання високоміцними клеями) можуть бути застосовані лише там, де це є потрібно для забезпечення міцності автомобіля і його агрегатів;

г) в ході вибору пластмас, перевагу треба надавати термопластичним масам, які легко можуть бути ще раз перероблені, в тому числі, автомобіль Mercedes-Benz C-Class-Estate має 39 деталей, зроблених із пластику, що згодом буде перероблений, і 32 деталі, вироблені з переробленого пластику;

- відновлення комплектуючих, знятих з автомобілів що незначно відрізняється від нових;

- отримання енергії від спалювання горючих відходів, що не направляють на переробку

- захоронення негорючих відходів, що не підлягають переробці;

- повторне використання автомобільних комплектуючих, придатних для подальшої експлуатації;

- перероблення деталей і вузлів автомобілів, що не підлягають економічно ефективному відновленню, у вторинні матеріальні ресурси.

*Етапи авторециклінгу (на прикладі Німеччини):*

*1-й етап.* Підприємством приймає автомобіль на утилізацію, натомість видає сертифікат про утилізацію ТЗ власнику. Щодо пунктів прийому для утилізації, вони повинні бути є в радіусі кожних 50 км [2];

*2-й етап.* Після мийки, автомобіль розміщується в торговому комплексі підприємства, в якому він знаходиться впродовж місяця. Охочі можуть вибрати необхідний агрегат чи окремий вузол, самостійно зняти здійснити оплату. Деякі вузли демонтуються заздалегідь і виставляються для продажу за зниженою ціною підприємством. [2];

*3-й етап.* На третьому етапі, автомобіль надходить на попереднє розбирання: знімають колеса, акумулятор, зливають паливо і експлуатаційні рідини. Після чого ці компоненти проходять мийку та сортування. Залишки нерозібраного автомобіля піддаються остаточному розбиранню: кузов складують в накопичувачі, звідки він надходить в шредер. Після подрібнення продукт також піддається сортуванню.

На першому етапі після подрібнення, найчастіше повітряним струменем видувають легку (неметалічну) фракцію – скло, гума, шкіра, текстиль, дерево і ін.), загальна маса якого може бути понад 250 кг для одного автомобіля. Зі залишків, магнітними сепараторами, вилучають чорний метал, а потім методом важкосередовищної сепарації – кольоровий. Понад 15 % легкої фракції складає скло, а 32 % – гума [2].

## 2.2 Технологічні схеми утилізації автомобілів

На сьогоднішній день, в Україні утилізують автомобілі за технологічною схемою зображеною на рис. 2.2), що включає наступні етапи:

- демонтаж основних вузлів,
- злив експлуатаційних рідин;
- розрізання елементів автомобіля болгаркою і різаками.

На думку фахівців, дана технологічна схема є малопродуктивною, оскільки потребує велику кількість ручної праці та більшості країнах світу не використовується.

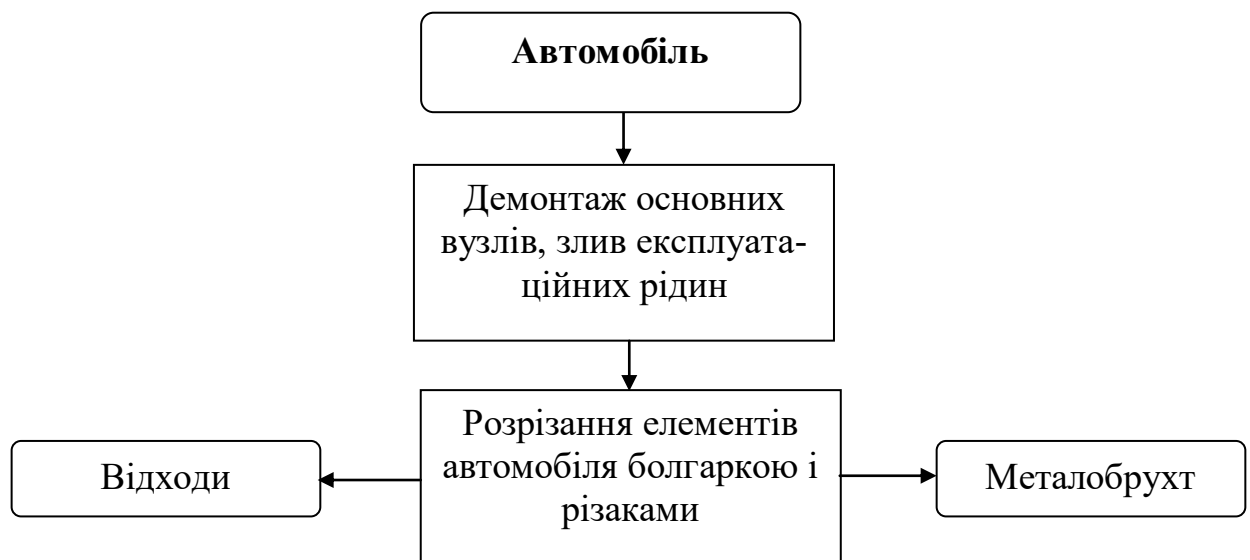


Рисунок 2.2 – Схема утилізації автомобілів в Україні, що використовують сьогодні

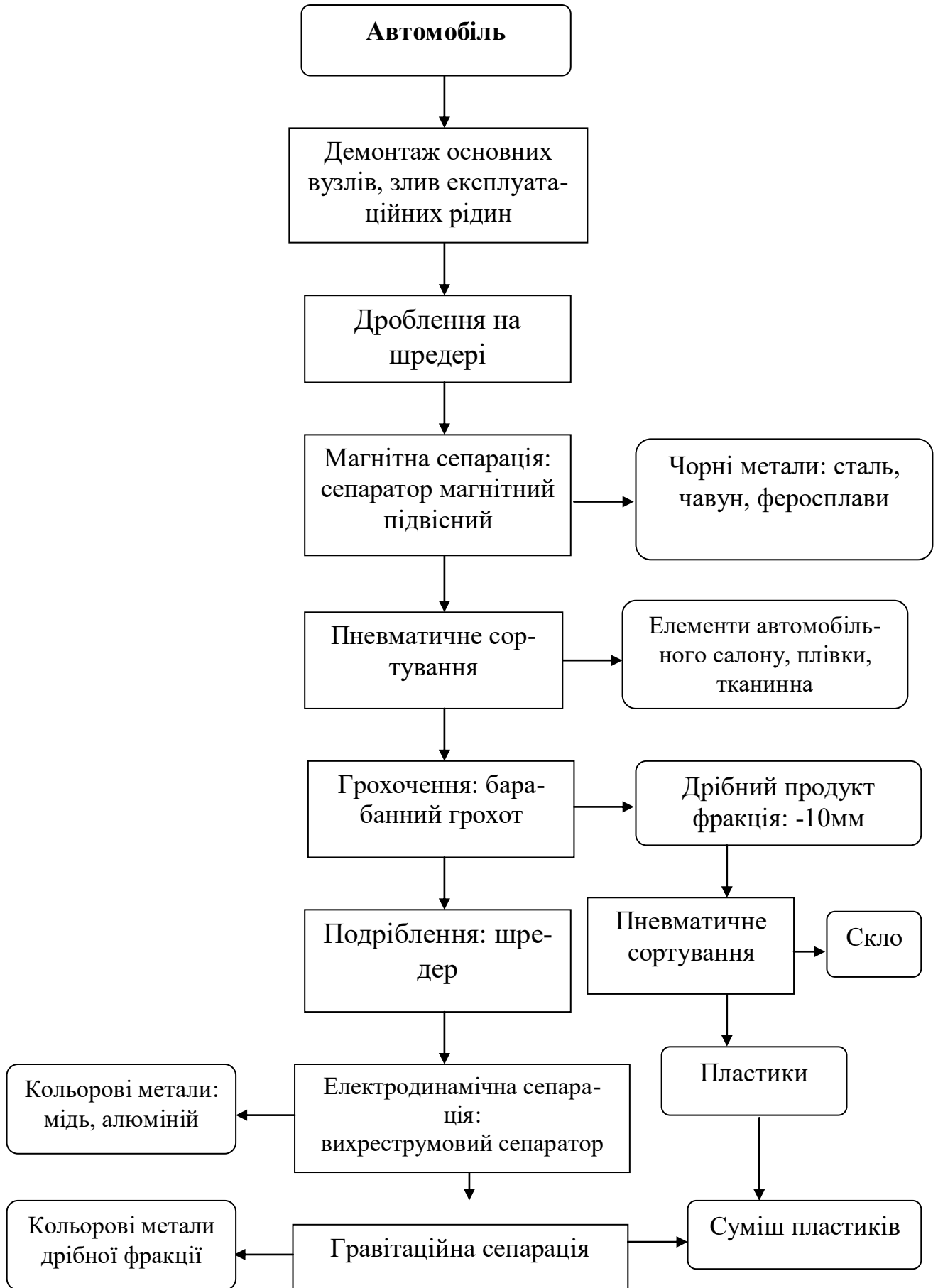


Рисунок 2.3 – Типова технологічна схема утилізації автомобілів у Європі

Більш сучасніша технологічна схема утилізації автомобілів (рис. 2.3) налічує два етапи переробки, які можна умовно поділити на первинний та глибокий, хоча вона також вийшла з експлуатації.

Первинний етап переробки автомобілів передбачає демонтаж основних вузлів та злив експлуатаційних вузлів, лише тоді кузов автомобіля направляють на пресування, або ж направляють на дроблення без пресування.

На другому етапі, за допомогою підвісних магнітних сепараторів вилучають шматки сталі та чавуну великих розмірів. Потім, після пневматичного сортування, за необхідності вилучають легку фракцію на стаціонарних шредерних установках шматки сталі та чавуну, як показано на рис. 2.4 [1].



Рисунок 2.4 – Схема ланцюга обладнання та фото шредерної установки у Європі [1]

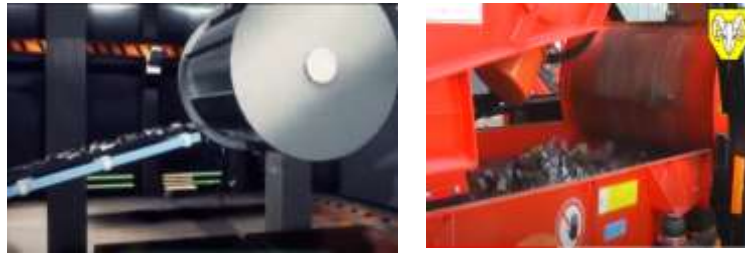


Рис. 2.5. Вилучення великих шматків чорних металів після дроблення автомобілів, що вийшли з експлуатації на шредері за допомогою барабаних магнітних сепараторів [6, 7]

Якщо під час переробки використовують мобільні шредерні установки, пневматичне сортування не виконують (рис. 2.5) [4, 5]. За допомогою магнітних сепараторів барабанного або підвісного типів вилучають лише сталь та чавун (рис. 2.5, 2.6)



Рисунок 2.6 – Вилучення великих шматків чорних металів після дроблення автомобілів, що вийшли з експлуатації на шредері за допомогою барабаних магнітних сепараторів [8]

Суміш пластиків, залежно від їх складу переробляють за різними технологіями. Однією з найбільш поширених технологічних схем, є схема з використанням магнітної та електростатичної сепарації (рис. 2.7).

Технологічна схема включає магнітну сепарацію продукту на барабанному магнітному сепараторі для видалення дрібних частинок магнітних металів, які заважають електростатичній сепарації. Наступною виконують коронну електростатичну сепарацію для видалення дрібних частинок кольорових металів та їх зростків з пластиком, після чого отримують очищену від металів суміш пластиків. Далі суміш пластиків направляють на трибоелектростатичну сепарацію у кілька стадій. Для вилучення однорідних кон-



центратів пластиків на кожен вид продукту потрібно одна або дві стадії трибо-електростатичної сепарації.

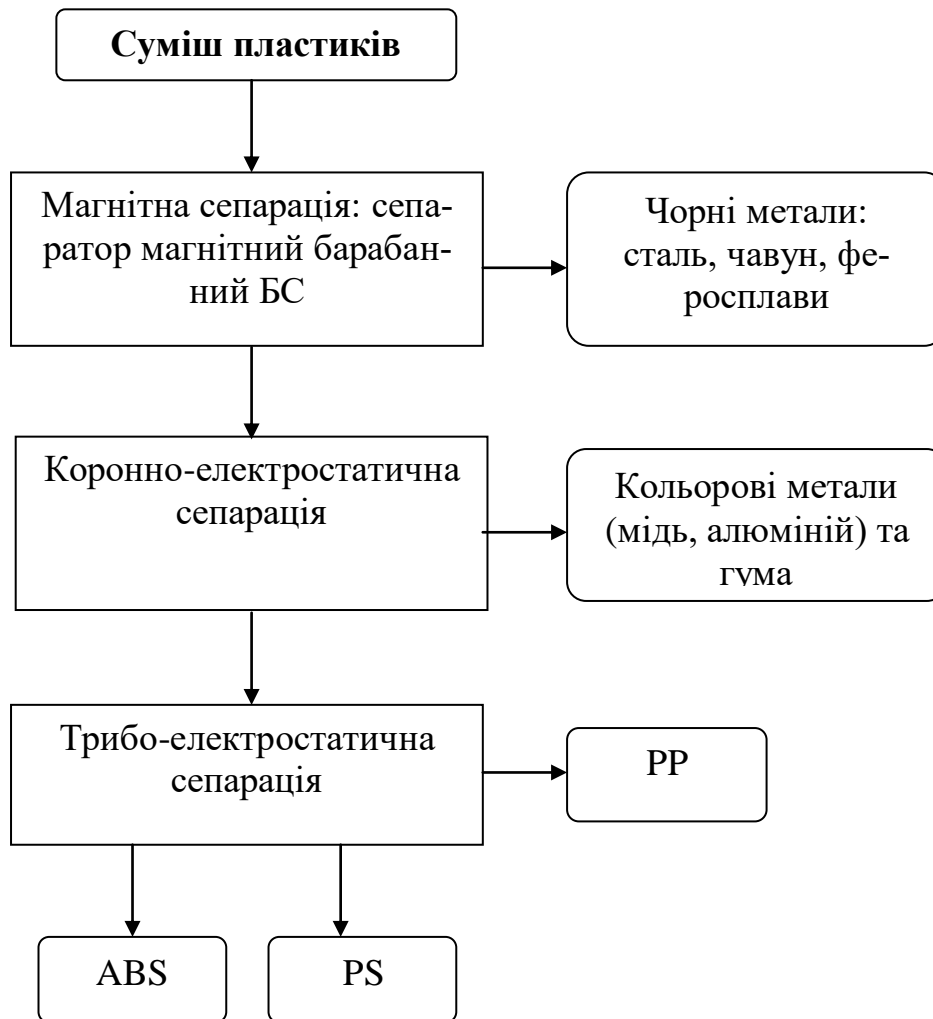


Рис. 2.7. Технологічна схема переробки автомобільних пластиків з використанням електростатичної сепарації

Для удосконалення технологічної схеми утилізації пластиків можна застосувати більш новий метод сортування за ближнім або середнім інфрачервоним спектром, що дозволить збільшити ефективність розділення частинок пластиків з отриманням однорідних концентратів, які можливо застосувати повторно.

## **2.3 Процеси та обладнання для утилізації автомобілів**

### **2.3.1 Пресування автомобільного металобрухту**

Усі процеси утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації можна розділити на підготовчі (пресування, дроблення, розрізання) та основні процеси видової сепарації.

Перед тим як провести подрібнення автомобільного кузова та інших великогабаритних металевих відходів, їх пресують. Для стиснення цього металобрухту застосовують пакетувальні преси. Ці преси працюють у трьох площинах одночасно, створюючи компактні пакети металобрухту. У пресі є камера для пресування з кількома плунжерами, система з гідравлічним механізмом та баком для масла, а також механізм завантаження камери. Пакетування спрощує подальше дроблення металевих кузовів і зменшує втрати металу під час подальшого переплавлення.

Залежно від моделі преса визначаються його робочі характеристики, а саме допустима товщина листа металобрухту і параметри пакетів спресованого брухту.

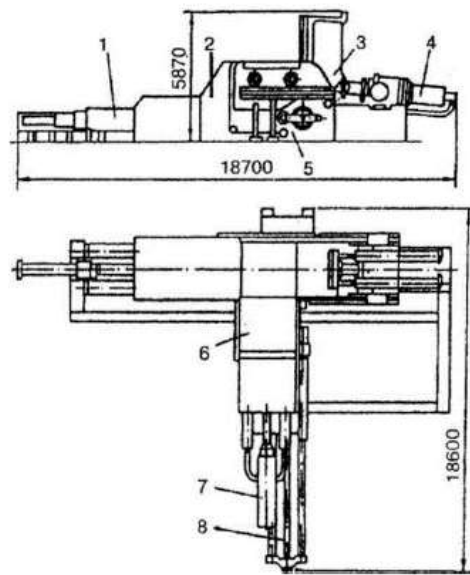
Процес пресування автомобільного металобрухту включає наступні операції:

- завантаження,
- пресування в різних напрямках,
- складування пакетів.

Схема преса Б 1642, що застосовують для пакетування металобрухту наведена на рис. 2.8.

Процес пресування відбувається наступним чином (див. рис. 2.8): металобрухт підіймають краном і завантажують у завантажувальну камеру преса. Потім він переходить у прес-камеру 2, де лом стискається. Кришка 3 закривається за допомогою механізму притиску 4, утворюючи остаточну висоту пакету. Далі, механізм поперечного пресування 1 визначає ширину пакету, після чого механізм поздовжнього пресування 7 формує його довжину. У цей момент тиск у гідросистемі досягає максимуму. Після завершення процесу пресування механізм розвантажувального пристрою 8 активується, і пакет

виштовхується з камери за допомогою механізму 5. Після цього вікно для видачі пакету закривається, і прес готується до наступного циклу роботи.

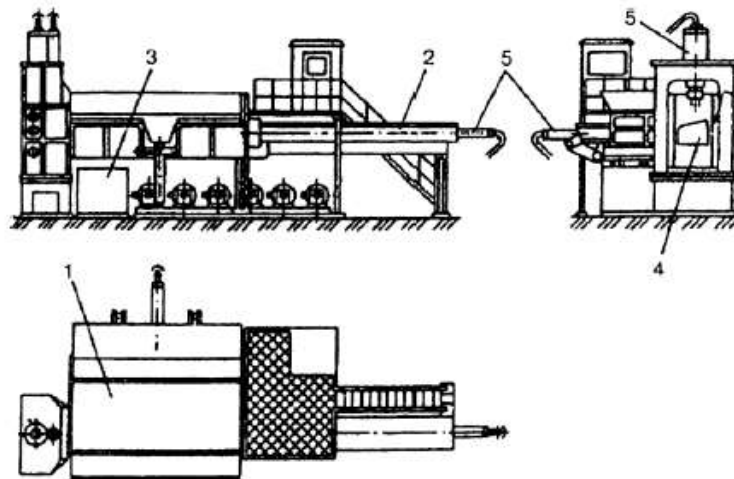


1 – механізм поперечного пресування; 2 – прес-камера; 3 – кришка; 4 – механізм притиску; 5 – виштовхувальний механізм; 6 – завантажувальна камера; 7 – механізм поздовжнього пресування; 8 – механізм розвантажувального пристрою

Рисунок 3.18 – Схема гідравлічного преса Б 1642 для пакетування автомобільного металобрухту [11]

З метою стиснення автомобільних кузовів та інших великогабаритних металевих відходів використовують гідравлічні прес-ножиці (рис. 2.9), які можуть функціонувати як у режимі пресування, так і у режимі різання.

Під час пакетування кузова автомобіля механізм подачі 2 направляє його до завантажувальної камери 1, де формується пакет за шириною. Після цього кузов пресується вертикально. Після утворення пакету за допомогою механізму остаточного пресування він виштовхується з камери за допомогою штемпеля.



1 – завантажувальна камера; 2 – вузол подачі матеріалів; 3 – оливна станція; 4 – ніж; 5 – гідроциліндри

Рисунок 2.9 – Загальний вигляд гідравлічних прес-ножиць

Під час роботи прес-ножиць у режимі різання, поперечна стінка камери, яка виступає як ножова балка, піднімається. Металобрухт за допомогою механізму подачі переміщується під ніж 4. Різання здійснюється механізмом різання, що активується гідроприводом [2, 9].

### 2.3.2 Дроблення автомобільного металобрухту

Дроблення відіграє важливу роль у сортуванні матеріалів, з яких складається кузов утилізованого автомобіля. Навіть після підготовки кузова до утилізації, залишаються вибухонебезпечні суміші олив та палива, що становить певні ризики. Для зменшення цієї небезпеки застосовуються ряд захисних заходів:

- ущільнення кузова перед дробленням;
- подача інертних газів у дробарку;
- попереднє охолодження брухту;
- впорскування води в робочий простір дробарки;
- створення запобіжних клапанів і відсмоктувальних пристроїв.

Схема шредерної установки представлена на рис. 2.10, процес подрібнення відбувається у два етапи.

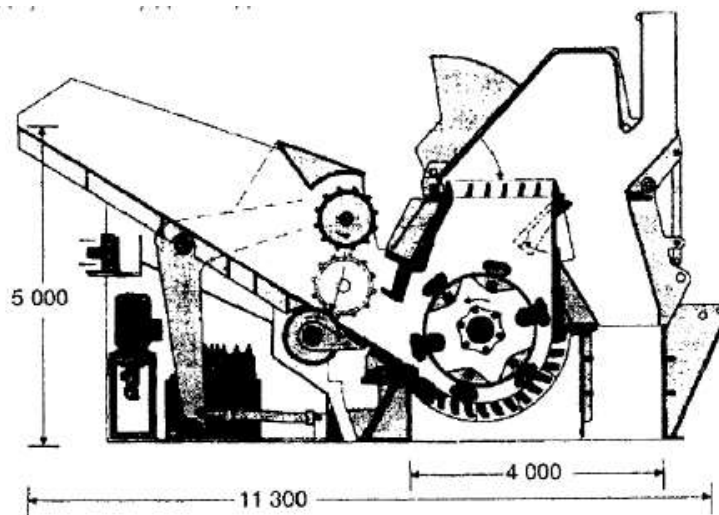


Рисунок 2.10 – Схема шредерної установки.

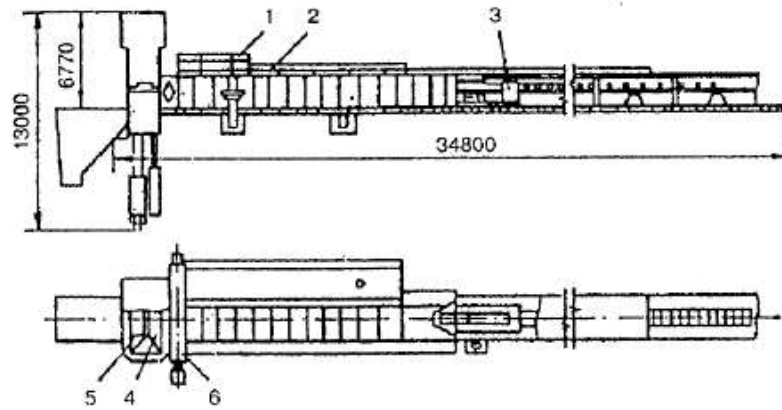
Кузов автомобіля спершу подається по нахиленим лотках у шредер, де спочатку збільшується плоскими валками, які обертаються, а потім потрапляє до молоткової дробарки, де його подрібнюють.

Ротор шредера рухається із швидкістю 600 обертів за хвилину. На ньому розташовані у шаховому порядку 16 молотків, приблизна маса кожного – 100 кг, закріплені на шести осях. Радіус обертання зовнішньої частини молотків складає близько 1 метра. Корпус шредера має змінні зносостійкі плити. Товщина плит у різних місцях становить 50–100 мм. Решітка, відбійні плити та інші елементи шредера виготовлені з високоміцних сталей.

На процес різання впливають наступні властивості та показники:

- міцність матеріалу;
- геометрія і температура металу, що розрізається;
- розміщення виробу по відношенню до ріжучого інструменту;
- форма і стан ріжучого інструменту;
- зазор між ножами;
- швидкість різання;
- конструкція ріжучого обладнання (жорсткість станини, точність напрямних, наявність опори і т.д.);
- величина тертя між металом і ріжучим інструментом.

До більш надійного обладнання для розрізання кузовів автомобілів належать гідравлічні ножиці (рис. 2.11).



1 – кришка; 2 – короб; 3 – механізм подавання; 4 – механізм стиснення;  
5 – механізм різання; 6 – механізм попереднього стиснення

Рисунок 2.11 – Гідравлічні (гільйотинні) ножиці моделі H0340

Гідравлічні ножиці складаються зі станини, завантажувальних та подавальних пристроїв, механізмів стиснення та різання, гідро- і електроприводу.

Ця конструкція ножиць дозволяє різати металобрухт порціями, обсяг яких визначається місткістю завантажувального пристрою. Процес різання включає наступні етапи:

- підготовка;
- завантаження;
- різання.

Звичайно, основною метою ножиць є різання лому, і вони працюють разом з мостовим краном, який має поліпгрейфер або електромагнітну шайбу. Принцип їх роботи такий: лом завантажують у короб 2, який після наповнення повертається за допомогою гідроприводу. Лом переміщується в завантажувальний жолоб, а потім через механізм подачі 3 до ножиць. Механізм подачі регулює величину переміщення лому. Це регулюється з пульта управління. Перед активацією різальних ножиць лом ущільнюється за допомогою механізму стиснення 4, що утримує лом під час різання. Після активації механізму різання 5 нарізаний металобрухт падає в приймальний бункер і пізніше забирається за допомогою крана. У той час, коли це відбувається, завантажувальна коробочка заповнюється наступною порцією металобрухту. Щоб полегшити процес різання, жолоб гідравлічних ножиць має кришку 1 і механізм попереднього стиснення металобрухту 6 [2, 9].

### 2.3.3 Видова сепарація відходів металів

Видову сепарацію проводять за:

- фізичними ознаками (магнітної сприйнятливості, густини, електропровідності і ін.);
- зовнішніми ознаками (кольором, характером шламу і ін.);
- предметними ознаками (найменування деталі);
- маркування деталей;
- результатами хімічного, спектрального, рентгенівського, радіаційного аналізів.

Широко застосовуються методи, засновані на відмінностях в магнітних, електричних та інших фізичних властивостях відходів.

Магнітні методи сепарації

*Магнітні методи сепарації* дозволяють створити потужні сили впливу на матеріали (сталі та чавуни), що перевищують силу гравітації в 100 і більше разів, що полегшує процеси поділу. Ці методи відрізняються високою продуктивністю, екологічною чистотою, простотою конструкції обладнання й низькою собівартістю процесу сепарації.

Технологія магнітної сепарації залежить, перш за все, від морфологічного складу продуктів, розмірів та форми магнітних частинок, та задачі яка ставиться перед магнітними сепараторами.

Основною характеристикою магнітних сепараторів є магнітна індукція в на їх робочій поверхні, від якої і залежить значення магнітної сили що діє на магнітні частинки.

Магнітна сила  $F_m$  що діє на феромагнітні частинки визначається за формулою:

$$F_m = \mu_0 \chi_m V H \text{grad} H_y, \text{ Н} \quad (2.1)$$

де  $\mu_0$  – магнітна стала,  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;  $\chi_m$  – магнітна сприйнятливість тіла;  $V$  – об'єм тіла, м<sup>3</sup>;  $H \text{grad} H_y$  – пондермоторна магнітна сила, А<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $H$  – напруженість магнітного поля (В А/м), значення якого пропорційне магнітній індукції  $B$  (Тл).

Магнітна сприйнятливість феромагнітного тіла  $\chi_m$  визначається за формулою:

$$\chi_m = \frac{1}{N}, \quad (2.2)$$

де  $N$  – коефіцієнт розмагнічування тіла, що був прийнятий за джерелом [10], і залежить від відношення діаметру до довжини для циліндрів. Для ізометричної частинки рівна 0,33, для стержня зі співвідношенням довжини до діаметра рівним 10 – 0,02, для пластинки 200x200x3 мм – 0,01156 [11].

Тобто значення магнітної сили що діє на феромагнітні сталеві та чавунні частинки та шматки металу подрібнених продуктів суттєво залежить від їх форми. На плоскі та циліндричні предмети діє більша магнітна сила, як на ізометричні.

Магнітні сепаратори, призначені для видалення сталевих чавунних і інших феромагнітних предметів з подрібнених продуктів, знайшли широке застосування під час утилізації автомобілів і автокомплектуючих.

Номенклатура магнітних сепараторів, що застосовують для сепарації продуктів утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації достатньо широка. Найбільшого поширення набули:

- підвісні магнітні сепаратори (плити);
- шківні магнітні сепаратори;
- низько та високоградієнтні барабанні магнітні сепаратори.

Для видалення магнітних матеріалів з потоку продуктів дроблення застосовують шківні магнітні сепаратори (рис. 2.12), що встановлюються замість приводного барабана стрічкового конвеєра. Останнім часом найбільшого розповсюдження набули шківні магнітні сепаратори на постійних магнітах, хоча й інколи зустрічаються електромагнітні шківні сепаратори.



Рисунок 2.12 – Фото шківного магнітного сепаратора



Магнітні шківни виготовляють з магнітною індукцією від 0,1 до 0,3 Тл і призначені для вилучення феромагнітних частинок та шматків металу розмірами від 10 до 100 мм. Недоліком їх роботи є порівняно низька чутливість до дрібних частинок та велика частка затягування немагнітних частинок разом з магнітними, коли магнітного матеріалу продукті порівняно багато. Тому шківні магнітні сепаратори на перших стадіях утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації не застосовують.

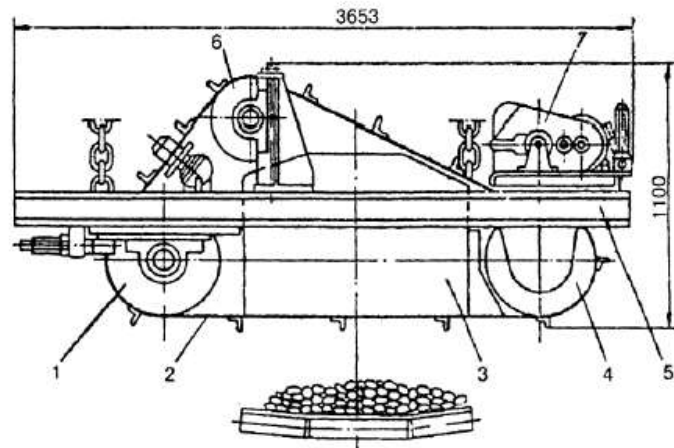
Для більш селективного виділення великих шматків сталі та чавуну з автомобільних шредерних продуктів використовують магнітні сепаратори, що забезпечують вилучення магнітних частинок вгору від аснвного потоку продукту. Такими типами є підвісні магнітні сепаратори та барабанні магнітні сепаратори (рис. 2.5, 2.6 та 2.13).

Підвісні магнітні сепаратори виготовляють з магнітною індукцією на відстані що відповідає висоті підвісу 0,05–0,07 Тл, з постійних магнітів або із застосуванням електромагніту. Є виконання з ручною механічною та автоматичною очисткою робочої зони магнітного сепаратора. При утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації найбільшого розповсюдження набули підвісні магнітні сепаратори з автоматичною очисткою.

Принцип роботи підвісних магнітних сепараторів полягає в притягуванні магнітних частинок до розвантажувальної стрічки, що виносить їх в сторону для розвантаження.

Підвісні магнітні сепаратори (рис. 2.13) працюють в безперервному режимі та здійснюють механічне розвантаження конвеєра від магнітних матеріалів. У конструкцію сепаратора входять опорний 1, основний 4 і натяжний 6 барабани, магнітний блок або електромагніт 3, розвантажувальна стрічка 2 і привід 7. Всі елементи підвісного сепаратора змонтовані на рамі 5. Підвісні магнітні сепаратори встановлюються над стрічковими конвеєрами, якими транспортуються суміші магнітних і немагнітних подрібнених відходів.

Підвісними магнітними сепараторами використовують для видалення шматків металу з розмірами 50–300 мм.



1 – опорний барабан; 2 – розвантажувальна стрічка; 3 – електромагніт;  
4 – основний барабан; 5 – рама; 6 – натяжний барабан; 7 – привід

Рисунок 2.13 – Підвісний електромагнітний сепаратор

Барабанні магнітні сепаратори у технології утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації використовують двох типів: з вилученням магнітних частинок вгору (рис. 2.5) та вилученням магнітних частинок вниз (рис. 2.14). Сепаратори з вилученням магнітних частинок вгору використовують для видалення великих шматків металу, а вилученням вниз – дрібних.

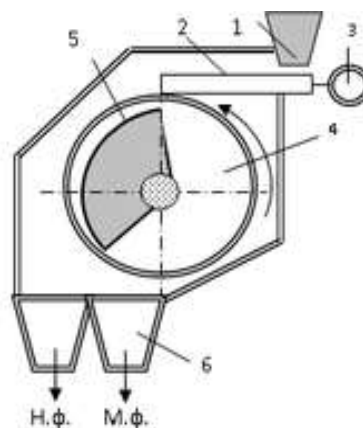


Рисунок 2.14 – Барабанний магнітний сепаратор

Барабанний магнітний сепаратор включає бункер вихідного продукту 1, вібралоток 2 з віброприводом 3, барабан 4, виготовлений у формі порожнистого циліндру, нерухому магнітну систему 5 та приймачі магнітного і немагнітного продуктів 6.

Барабанний магнітний сепаратор працює таким чином: продукт завантажують у бунке, з якого за допомогою віброживильника здійснюють подачу на барабан що обертається. Частинки транспортуються по поверхні барабану.

Магнітні частинки притягуються магнітними силами магнітної системи і за-тягуються вниз барабану і розвантажуються у місці закінчення магнітної сис-теми у приймач магнітного продукту. Немагнітні частинки падають з бараба-ну по природні траєкторії і потрапляють у приймач немагнітного продукту.

Барабанні магнітні сепаратори використовують, в основному для вилу-чення дрібних феромагнітних частинок металу, а також для вилучення пара-магнітних частинок нержавіючої сталі. Виготовляють барабанні магнітні се-паратори з магнітною індукцією від 0,1 до 0,9 Тл. Для вилучення дрібних ча-стинок сталі та чавуну використовують барабанні магнітні сепаратори з маг-нітною індукцією 0,1–0,5 Тл, а для вилучення нержавіючої сталі 0,7–0,9 Тл. Ці магнітні сепаратори також використовують для тонкого очищення плас-тиків від перед їх наступною переробкою.

Електродинамічні (вихрострумові) сепаратори

Електродинамічні (вихрострумові) сепаратори застосовують для вида-лення кольорових металів з подрібнених продуктів після видалення магніт-них металів.

Силою, що сприяє вилученню частинок електропровідних металів у метоловмісний продукт на вихрострумових сепараторах є електродинамічна, яка залежить від електропровідності і густини матеріалу частинок їх форми, частоти зміни полюсів та індукції магнітного поля. Електродинамічну силу визначають за формулою:

$$F_e = mB^2v\left(\frac{l}{s}\right)^2\left(\frac{\sigma}{\rho}\right)^2, \text{ Н}, \quad (2.3)$$

де  $m$  – маса частинки, кг;  $B$  – магнітна індукція, Тл;  $v$  – швидкість бігучого магнітного поля, м/с  $l$  – довжина частинки, м;  $s$  – крок магнітних полюсів, м;  $\sigma$  – електропровідність матеріалу частинки, См/м,  $\rho$  – густина частинки, кг/м<sup>3</sup>.

Значення електродинамічної сили має бути достатнім щоб відштовх-нути електропровідну частинку від робочої поверхні та змінити її траєкто-рію руху. Якщо електропровідна частинка має магнітні властивості, то маг-

нітні сили завжди перевищують електродинамічні, тому видалення магнітних частинок перед електродинамічною сепарацією є важливим.

Сучасні вихрострумові сепаратори здатні вилучати ефективно вилучати електропровідні частинки з розмірами від 3 до 50 мм.

Вихрострумовий сепаратор (рис. 2.15, 2.16) включає корпус, віброжильник для подачі продукту, полімерний барабан і натяжний барабан по яких рухається стрічка.

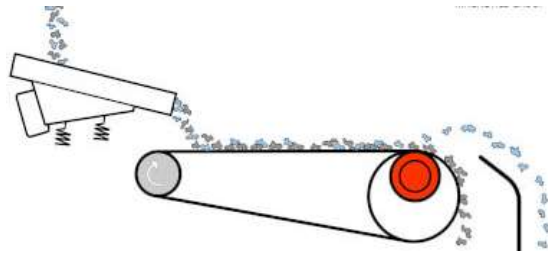


Рисунок 2.15 – Схема вихрострумового сепаратора



Рисунок 2.15 – Загальний вигляд вихрострумового сепаратора

Звукове обладнання часто використовується для поділу відчуттів звуку на окремі частини за допомогою кількох функціональних елементів. Усередині пластикового барабана розміщений магнітний вал, що відхиляється від центру з чергуванням полюсів у напрямку, куди рухається звуковий матеріал. Цей вал має власний привід та може обертатися досить швидко – до 4000 обертів за хвилину.

Стрічка, яка пройшла через пластиковий барабан, рухається завдяки натягувальному барабану, з'єднаному з приводом. Швидкість цієї рухомої стрічки може коливатися від 1 до 3 метрів на секунду. Використовується

спеціальний дільник, який допомагає розділити провідні та непровідні елементи звукового матеріалу, його можна налаштувати залежно від потреб користувача.

Вихрострумний сепаратор працює наступним чином: частинки кольорових металів у продукті подаються на стрічку за допомогою віброживильника. Ця стрічка потрапляє у зону, де діють електродинамічні сили, що призводять до підстрибування електропровідних частинок. Ці частинки відокремлюються й відлітають подалі від поверхні полімерного барабану. Щодо неелектропровідних частинок, вони рухаються по природній траєкторії, враховуючи силу гравітації.

Електродинамічна сила виникає завдяки обертанню магнітного валу з великою швидкістю. Цей процес призводить до розділення продукту на два компоненти: суміш електропровідних кольорових металів та неметалеві матеріали, головним чином пластик, скло та інші.

Система важких суспензій використовує зважені у воді тонкодисперсні частинки важких мінералів або сплавів-обтяжувачів, таких як феросиліцій, пірит, піротин, магнетитові та гематитові концентрати та інші матеріали з розміром до 0,16 мм. Ці речовини використовують як густину для сортування за гравітацією часток матеріалів. Такі суспензії можуть досягати густини до 3000 кг/м<sup>3</sup>.

У цій системі колективна суміш спочатку надходить у ванну через завантажувальний лоток. Ванна складається з двох з'єднаних в нижній частині відділень, що дозволяє провести сепарацію за гравітацією в рідині з певною густиною. Такий метод ефективний для виділення різних матеріалів за їхньою густиною в середовищах з використанням важкої суспензії.

На рис. 2.16 показаний колісний важкосередній сепаратор СК-12.

В одному відділенні системи розташоване елеваторне колесо, яке використовується для вивантаження суспензії, що містить тяжчу фракцію, знизу ванни. Легка фракція вивантажується з верхньої частини ванни. Щоб уникнути розділової перегородки, яка може призвести до розділення фракцій, вони перемішуються у зоні вивантаження.

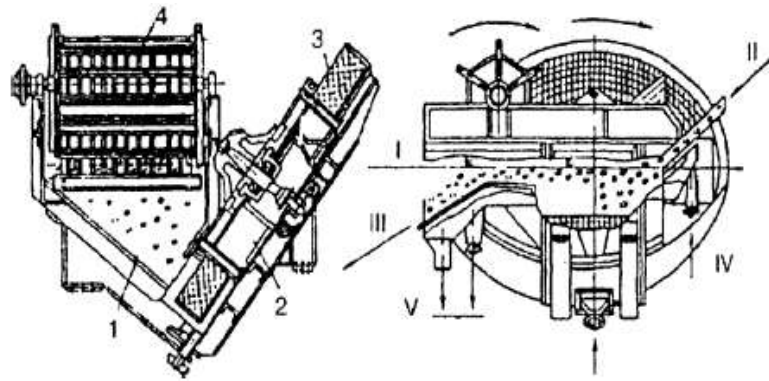
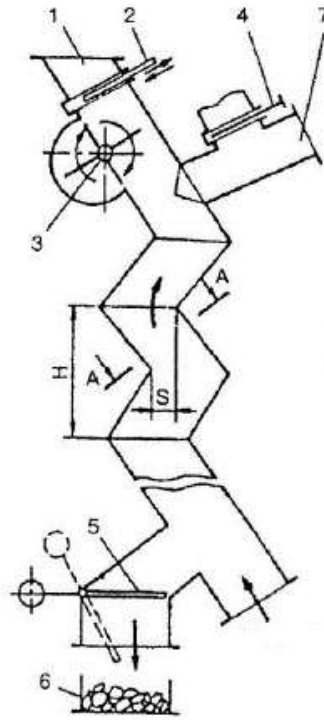


Рисунок 2.16 – Колісний важкосередній сепаратор СК-12

Сепаратор СБС-5 призначений для розділення змішаних відходів на фракції з різною густиною, зокрема на фракції з високим вмістом магнію (густина менше  $2650 \text{ кг/м}^3$ ), з високим вмістом цинку (густина більше  $2850 \text{ кг/м}^3$ ) і міднокремнієві алюмінієві сплави з проміжною густиною. Крім того, у важких середовищах розділяють пластик з різною густиною за допомогою пневматичної сепарації. Цей метод ґрунтується на розділенні частинок за швидкістю їх витання.

Пневматичний сепаратор типу «Зиг-заг» (рис 2.17) використовують для видалення з дробленого продукту неметалевих домішок: фарби, пластмас, текстилю, і інших відходів.

Подрібнений матеріал з приймального бункера 1 через шиберну заслінку 2 транспортується роторним живильником 3 в робочу зону сепаратора. Повітря, що надходить назустріч потоку дробленого матеріалу, захоплює легкі частинки і направляється через патрубок 7 для осадження у циклоні і фільтрі. Для регулювання режиму сепарації передбачений шибер 4 для всмоктування повітря з метою зниження швидкості потоку. Важка фракція збирається на нижньому шибері 5 і періодично вивантажується в короб 6.



1 – приймальний бункер; 2 – шиберна заслінка; 3 – завантажувач роторний; 4 – верхній шибер; 5 – нижній шибер; 6 – короб; 7 – патрубок;  $H$  – висота секції (колони);  $S$  – площа вільного прольоту;  $A$  – напрям руху

Рисунок 2.17 – Зигзагоподібний пневматичний сепаратор

Конструктивні параметри зигзагоподібного сепаратора – число колін, висота  $H$  секції (коліна), її ширина, перетин вільного прольоту  $S$  – визначаються характеристиками відходів, що розділяються.

#### Електростатична сепарація

Розрізняють трибоелектростатичну сепарацію та коронну електростатичну сепарацію

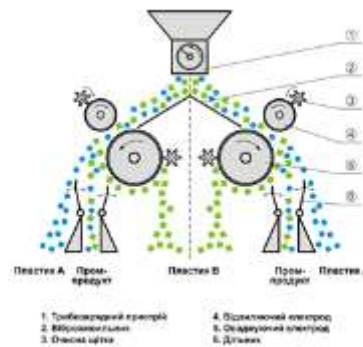
Метод трибо-електростатичної сепарації призначений для сухого розділення сумішей полімерів (термопластів) за електричними властивостями після зарядження їх поверхні внаслідок взаємного тертя частинок між собою у трибо зарядному пристрої.

Найчастіше розділяють такі суміші:










- ПВХ твердий + непровідна гума + ПВХ м'який + EPDM (подрібнений пластиковий віконний профіль),
- ПВХ + ПЕ (подрібнена ізоляція електрокабелю),
- ПЕТ + ПЕ (харчова упаковка, контейнери),

- АБС + ПС (подрібнені автомобільні пластики),

Принцип роботи трибоелектричного сепаратора полягає у наступному:



a)

Продукт, фракція, склад	Чистота продуктів сепарації	
 Подрібнена кабельна ізоляція -8 +4 мм ПВХ - 50%, ПЕ - 50%	 ПС	 ПВХ, чистота - 99,43%
 Подрібнений віконний профіль -10 +0,5 мм ПВХ - 93,34%, EPDM - 6,66%	 ПВХ, EPDM	 ПВХ, чистота - 99,50%
 Подрібнені автомобільні пластики -8 +2 мм ПС - 53%, АБС - 43%, ПП - 4%	 ПС, чистота - 95,17%	 АБС, чистота - 96,7%

б)

Рисунок 2.18 – Схема трибоелектричного сепаратора (a) та результати проведених досліджень на трибоелектричному сепараторі (б) (фото з сайту НВФ «Продекологія» [14])

Метод трибоелектричної сепарації досить ефективний при розділенні двох або трьох компонентних сумішей полімерних матеріалів. Проте не завжди можна отримати бажаний результат за рахунок близьких значень діелектричних характеристик полімерних компонентів суміші, зокрема, вторинних або наповнених полімерних матеріалів.

NIR сортування пластиків

Технологія **NIR-сортування** сепарування подрібнених полімерних матеріалів полягає у ідентифікації типу полімера кожної частинки суміші, ви-



значенні її положення на стрічці конвеєра та наступному пневматичному видаленні частинок певних типів полімерів.

Основою системи ідентифікації у БІЧ-діапазоні (1,1–1,7 мкм) є інфрачервона камера, яка здатна формувати гіперспектральне зображення окремої точки полімерного матеріалу.

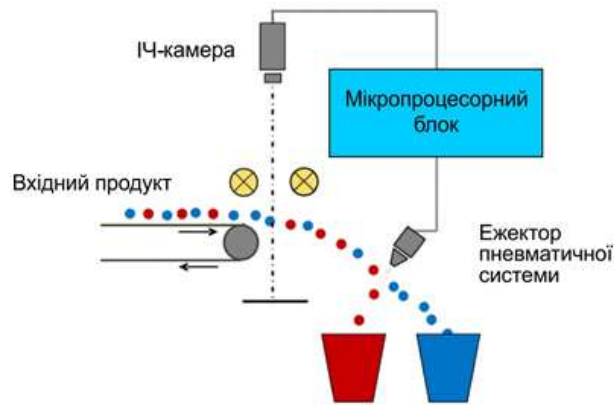


Рисунок 2.19 – Принцип NIR-сепарації

В процесі сепарації визначену область стрічки конвеєра або пластини із сумішшю частинок подрібнених полімерів опромінюють джерелом ІЧ-випромінювання. Відбите інфрачервоне випромінювання потрапляє на сенсор інфрачервоної камери, в якій формуються дані, що передаються на мікропроцесорний блок для побудови гіперспектрального зображення.

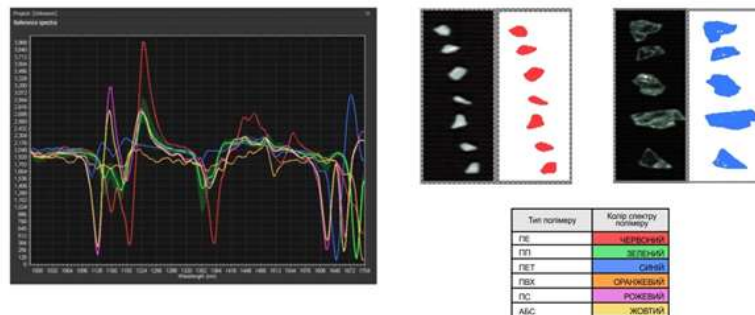


Рисунок 2.20 – ІЧ-спектри та зображення частинок

Гіперспектральне зображення представляє собою масив даних для кожної точки, який містить спектральну інформацію інтенсивностей поглинання хвиль всього БІЧ-діапазону, визначеної області стрічки конвеєра (пластини).

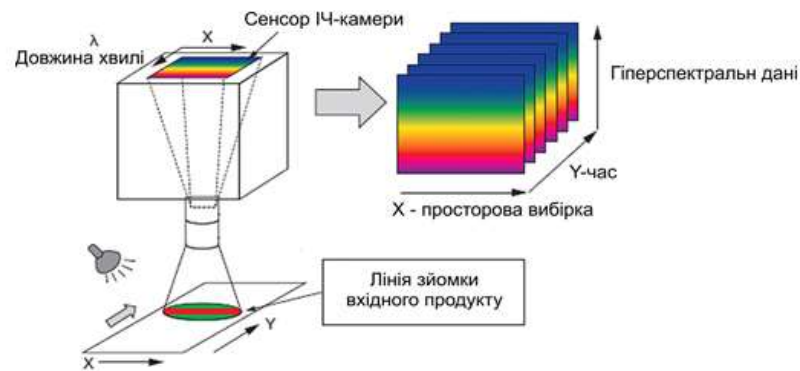


Рисунок 2.21 – Побудова гіперспектрального зображення

Подальший аналіз та сегментація отриманих даних з використанням спеціального програмного забезпечення дозволяє ідентифікувати всі типи полімерів частинок суміші, або віднести частинку до невизначеного типу, і визначити їх положення відносно стрічки конвеєра сепаратора для прийняття рішення про видалення.

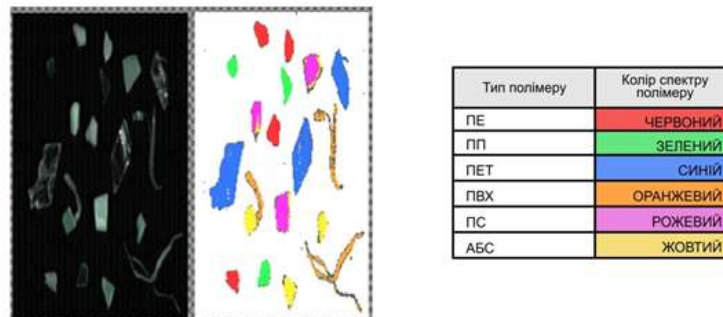


Рисунок 2.22 – Полімерні частинки на стрічці сепаратора

Вхідний продукт у визначеній області опромінюють джерелом ІЧ-випромінювання. Стрічка конвеєра переносить вхідний продукт на лінію зйомки. Інфрачервона камера формує масив даних, на основі яких мікропроцесорний блок будує гіперспектральне зображення потоку вхідного продукту. Для гіперспектрального зображення мікропроцесорний блок, використовуючи сформовані класи на першому етапі визначає тип полімера кожної частинки і розраховує її положення, як кластер сегментованих точок із однаковими усередненими спектральними характеристиками, за виключенням точок із спектральними характеристиками стрічки конвеєра.

Мікропроцесорний блок на основі кластеризації точок потоку вхідного продукту приймає рішення про видалення визначених частинок суміші полімерних матеріалів. Викид повітря визначеними ежекторами пневматичної

системи проводять на частинку, яка підлягає видаленню. В результаті видалення визначених частинок отримується полімерний концентрат або полімерні концентрати з високим вмістом корисного продукту.

Важливим етапом сепарації є підготовка вхідної проби. Полімерні побутові та промислові відходи мають бути подрібнені до фракції 2–25 мм. Однорідність гранулометричного складу забезпечує високий процентний вміст корисного компонента у полімерному концентраті.

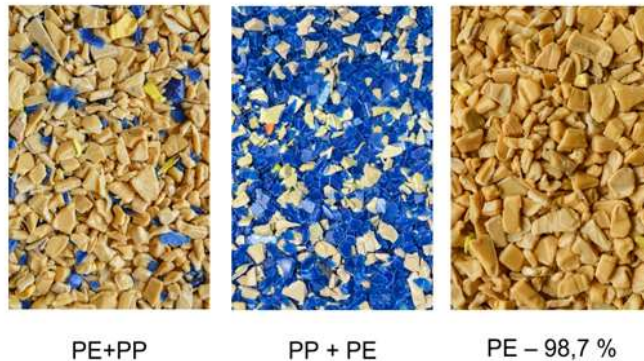


Рисунок 2.23 – Результати тестової сепарації, суміш PE+PP

Використання способу сепарації сумішей подрібнених полімерів в сепараторі з використанням випромінювання БЧ-діапазону дозволяє отримувати полімерні концентрати з високим вмістом корисного компонента за рахунок точної ідентифікації всіх типів полімерів для кожної частинки суміші (рис. 2.23).

## РОЗДІЛ 3

### УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

#### 3.1 Теоретичні основи X-ray методу сортування металів та їх сплавів

X-ray метод сортування металів та їх сплавів – це новітній інформаційний метод сепарації, який базується на основі використання рентгенівського випромінювання, що дає змогу ідентифікувати спектри атомів металів і їх сплавів.

Перед використанням даного методу, продукт розміщується на конвеєрну стрічку, на якій здійснюється рентгенівське опромінювання, в наслідок чого отримують сигнал у вигляді спектрограм кожної частинки.

Після проходження ідентифікації частинки металу або сплаву подається сигнал на відповідну пневматичну форсунку, яка видуває цю частинку з головного потоку продукту. За один раз можна видалити один метал чи групу металів, до прикладу, алюміній і його сплави. Розділовою властивістю X-ray сортування є енергія спектру атомів.

На рис. 3.1. зображена схема сепаратора фірми Redwave (США) [3]

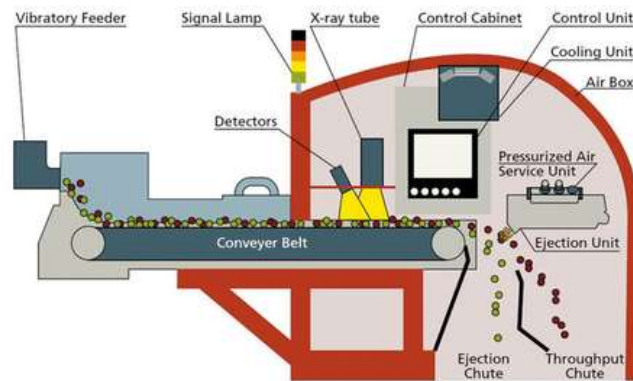


Рисунок 3.1 – Схема роботи x-ray сепаратора фірми Redwave (США) [3]

Результати спектрограми кольорових металів за допомогою X-ray аналізу сортування металів та їх сплавів під час сепарації наведені на рис. 3.2

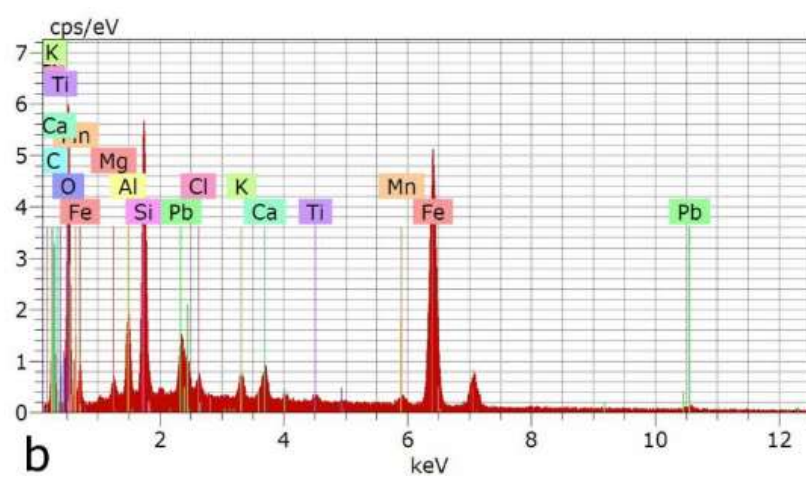


Рисунок 3.2 – Спектрограми кольорових металів X-гау аналізу частинок які отримують при сепарації

За допомогою отриманих X-гау методом результатів, можна здійснити аналіз спектрограм частинок та ідентифікувати та вилучати будь-який кольоровий метал чи сплав з суміші, що знаходиться.

На рис. 3.3 наведені результати X-гау сепарації суміші частинок алюмінію та міді, що знаходились під час утилізації автомобілів.



Суміш Al+Cu



Al концентрат



Cu концентрат

Рисунок 3.3 – Результати досліджень X-гау методу сортування металів та їх сплавів за даними фірми Redwave (США) [3]

### 3.2 Удосконалена технологічна схема переробки кольорових металів та сплавів

Удосконалена технологічна схема переробки автомобільних кольорових металів та сплавів (рис. 3.4) включає такі операції:

1) Дроблення суміші кольорових металів на шредерній установці дрібного подрібнення;

- 2) Класифікацію по крупності 3 мм;
- 3) X-ray сепарацію надрешітного продукту у три прийоми: 1 – вилучення алюмінію та його сплавів; 2 – вилучення сплавів міді (латуней та бронз); 3 – вилучення міді (електродротів що можуть включати ізоляцію).

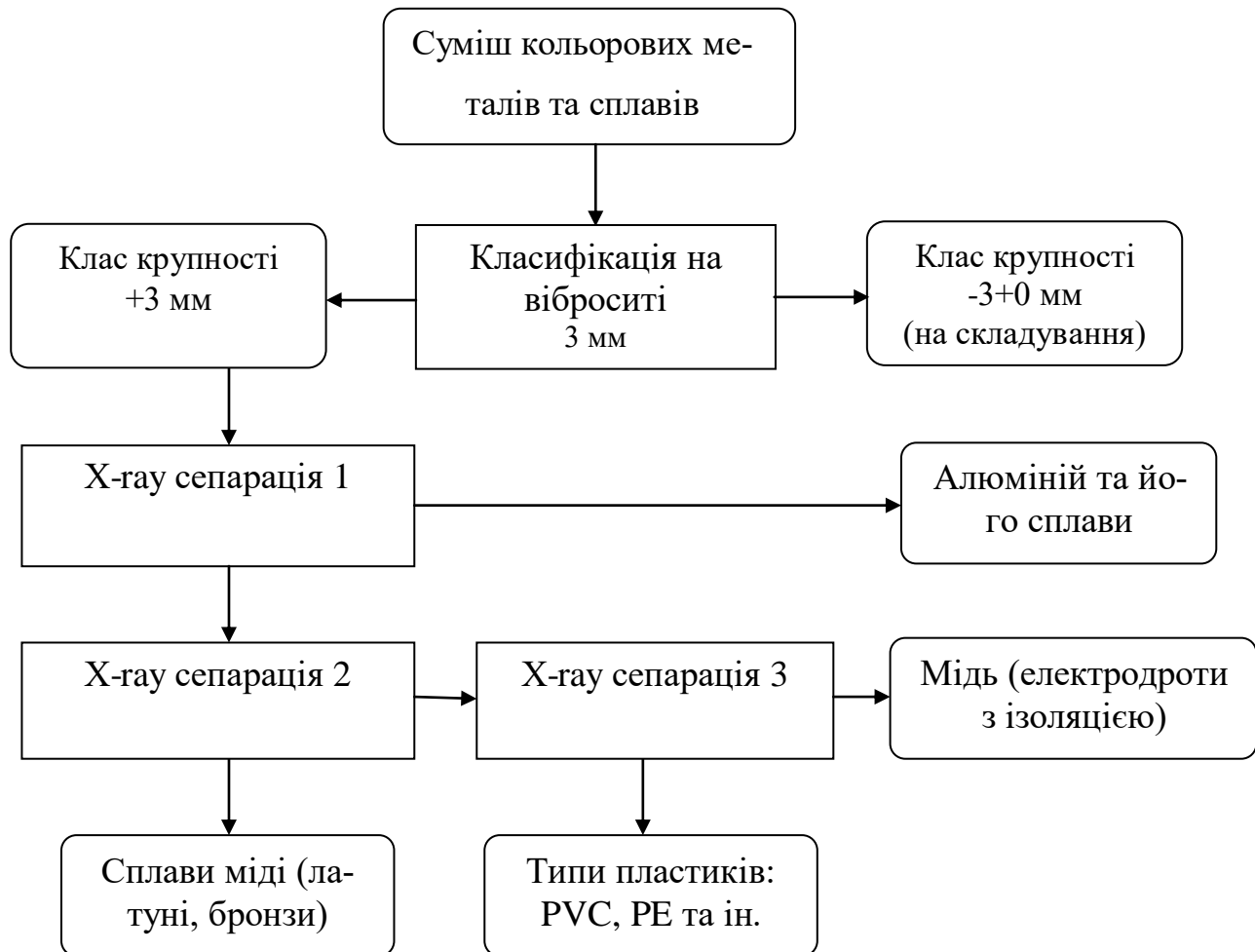


Рисунок 3.4 – Вдосконалена схема утилізації автомобільних пластиків

Запропонована вдосконалена схема дозволяє збільшити повноту переробки автомобільних кольорових металів та їх сплавів, та отримати більш чисті концентрати за рахунок використання X-ray сепарації.

Порівняльні схеми результатів сепарації автомобільних кольорових металів та їх сплавів за існуючою та вдосконаленою технологіями зображено на рис. 3.5. та 3.6

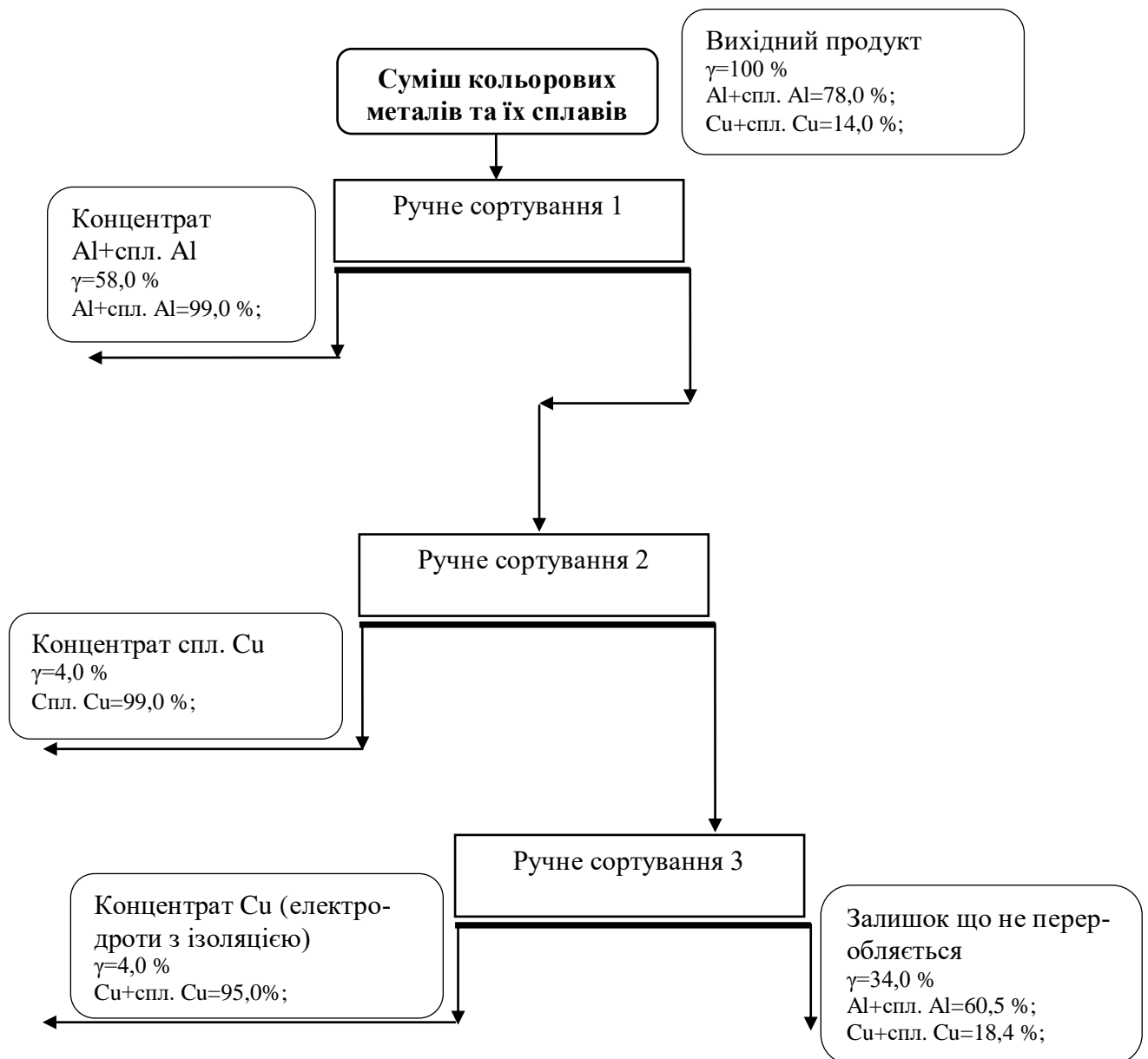


Рисунок 3.5 – Моделювання результатів за існуючою технологічною схемою переробки автомобільних кольорових металів та сплавів

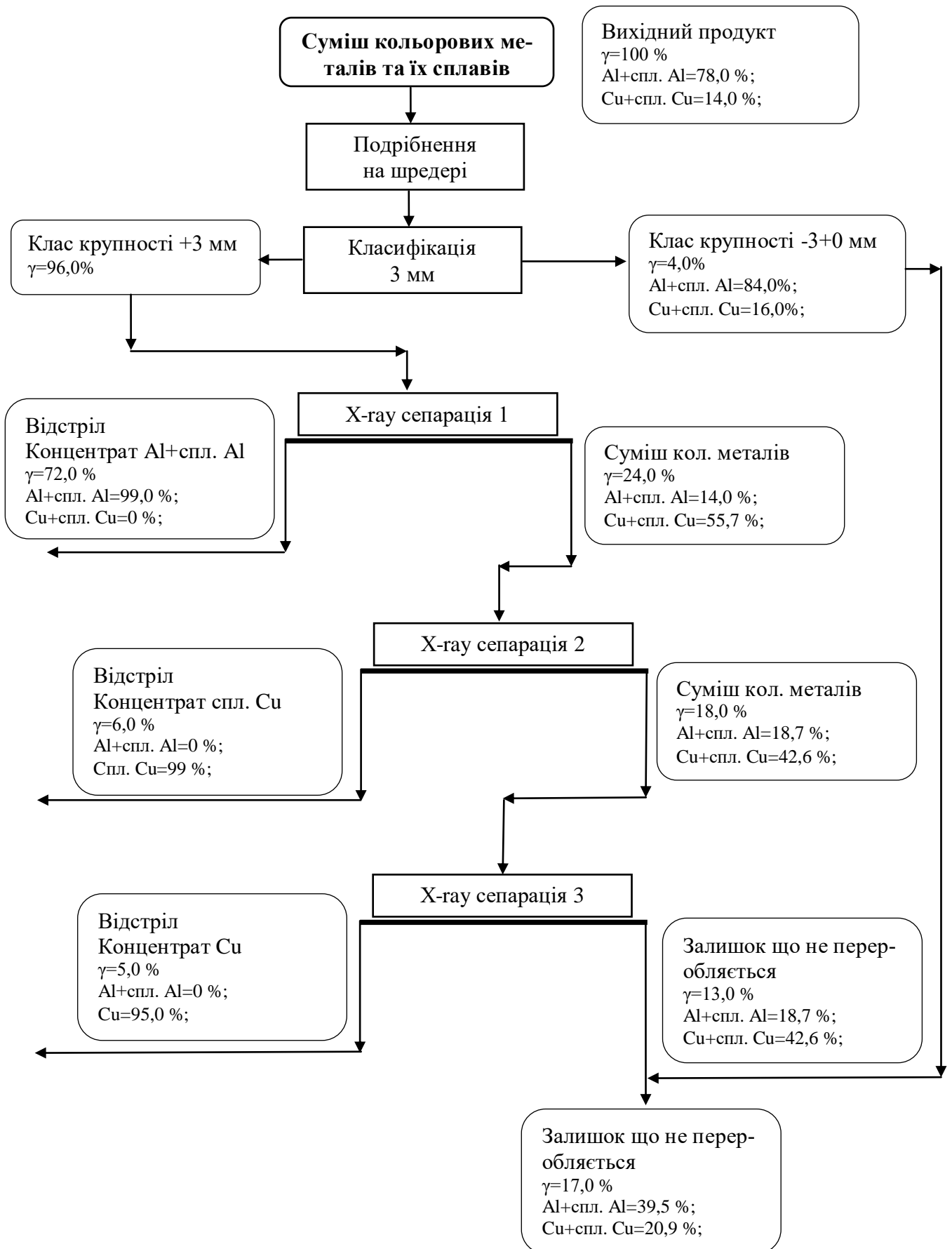


Рисунок 3.6 – Моделювання результатів за удосконаленою технологічною схемою переробки автомобільних кольорових металів та сплавів



Моделювання результатів сепарації було виконане за науково-технічною інформацією опублікованою у відкритих джерелах. Порівняння результатів сепарації кольорових металів та їх сплавів за існуючою технологією з ручним сортуванням та новою технологією з використанням X-ray сепарації наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння результатів сепарації кольорових металів та їх сплавів за існуючою технологією з ручним сортуванням та новою технологією з використанням X-ray сепарації

Назва продукту	Типова технологія на основі ручного сортування				Нова технологія на основі x-ray сепарації			
	Масовий вихід, %	Al+спл. Al, %	Сплви Cu, %	Си, %	Масовий вихід, %	Al+спл. Al, %	Сплви Cu, %	Си, %
Вихідний продукт	100	78	14,0		100	78	14,0	
Концентрат Al+сплави Al	58,0	99,0			72,0	99,0		
Концентрат сплавів Си	4,0		99,0		6,0		99,0	
Концентрат Си	4,0			95,0	5,0			95,0
Залишок що не переробляється	34,0	60,5	18,4		17,0	39,5	20,9	

Отже при використанні X-ray сепарації кольорових металів та їх сплавів можливо більш глибоко переробити суміш кольорових металів та на 17 % зменшити залишок що не переробляється.

### Висновки за розділом

Запропонована методика удосконалення переробки кольорових металів та сплавів під час утилізації автомобілів, дозволяє врахувати опір виходу феромагнітної частинки чорного металу з шару продукту.

## РОЗДІЛ 4

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 4.1 Результати моделювання роботи підвісного магнітного сепаратора

Теперішні автомобілі на 75-80% конструюються з чорних металів, і на 6% з кольорових металів. Через те основною сировиною, яку отримують як наслідок утилізації автомобілів, які вийшли з експлуатації є брухт чорних металів.

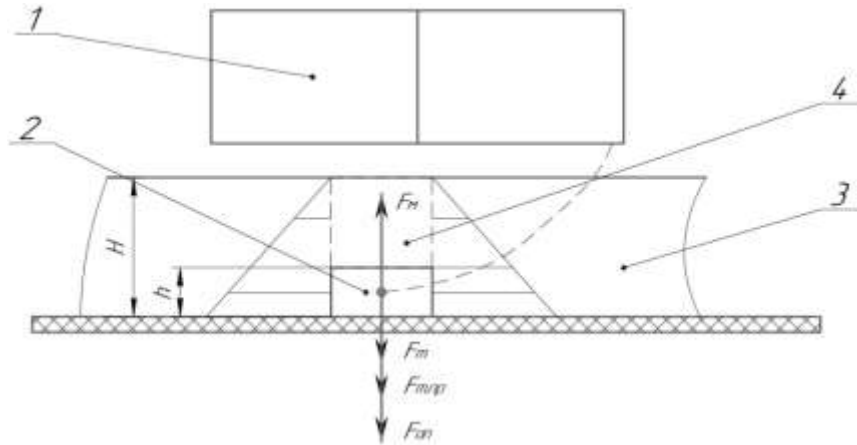
Шредерна технологія утилізації подрібнення авто - після підготовлювальних операцій на шредерній дробарці до величини менше 200 мм, видалення чорних металів магнітною сепарацією, видалення суміші кольорових металів і опісля - переробка суміші скла, пластику та інших матеріалів. З практичного досвіду, неметалевий залишок можна спалити, чи переробити з використанням методів сепарації у важких середовищах, електростатичної, інформаційної сепарації тощо. Головне завдання утилізації - ефективно видалення чорних феромагнітних металів для вирішення якого часто застосовують підвісні магнітні та електромагнітні сепаратори, які кріплять над конвеєрними стрічками, та які розвантажують магнітні предмети автоматично. Шматки чорних металів у процесі подрібнення можуть бути різної форми і розмірів, що значно впливає на результативність магнітної сепарації.

Завдяки технологіям шредерної утилізації автомобілів отримують, переважно, шматки листового металу розмірами 200x200 мм, товщина до 3 мм, що можуть бути зім'яті. До того ж, трапляються шматки циліндричної (болти) та ізометричної форми. Ці шматки видаляють з конвеєрної стрічки за рахунок підвісних електромагнітних сепараторів і магнітних, з постійними магнітами. Швидкість руху конвеєрної стрічки є постійною.

Рівняння руху феромагнітних частинок у магнітному полі підвісного магнітного сепаратора мають вигляд:

$$\begin{aligned} mx'' &= 0 \\ my'' &= F_m - F_m - F_{m,np.} - F_{on} \end{aligned} \quad (4.1)$$

де  $F_m$  – магнітна сила, що діє на феромагнітну частинку, Н;  $F_m$  – сила тяжіння що, діє на частинку, Н;  $F_{m.np.}$  – сила тяжіння продукту або предмету, що знаходиться над феромагнітною частинкою.  $F_{on.}$  – сила опору руху феромагнітної частинки при виході з шару продукту.



1 – магнітний сепаратор; 2 – частинка чорного металу; 3 – шар продукту на конвеєрі; 4 – шар продукту над частинкою чорного металу.

Рисунок 4.1 – Схема дії сил на феромагнітну частинку у магнітному полі

Магнітна сила  $F_m$  визначається за формулою:

$$F_m = \mu_0 \chi_m V H \text{grad} H_y, \text{ Н} \quad (4.2)$$

де  $\mu_0$  – магнітна стала,  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;  $\chi_m$  – магнітна сприйнятливність тіла;  $V$  – об'єм тіла, м<sup>3</sup>;  $H \text{grad} H_y$  – пондермоторна магнітна сила, А<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Магнітна сприйнятливність тіла  $\chi_m$  визначається за формулою

$$\chi_m = \frac{1}{N}, \quad (4.3)$$

де  $N$  – коефіцієнт розмагнічування тіла, що був прийнятий за джерелом [2], і залежить від відношення діаметру до довжини для циліндрів. Для ізометричної частинки рівна 0,33, для стержня зі співвідношенням довжини до діаметра рівним 10 – 0,02, для пластинки 200x200x3 мм – 0,01156.

Сила тяжіння феромагнітної частинки  $F_m$  визначається за формулою

$$F_m = mg, \text{ Н}, \quad (4.4)$$

де  $m$  – маса частинки, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>.

Сила тяжіння продукту, що знаходиться над феромагнітною частинкою визначається за формулою

$$F_{m.np.} = S(H - h)\rho_n g, \text{ Н}, \quad (4.5)$$

де  $S$  – площа феромагнітної частинки,  $\text{м}^2$ ;  $H$  – висота шару продукту,  $\text{м}$ ;  $h$  – висота феромагнітної частинки,  $\text{м}$ ;  $\rho_n$  – насипна густина продукту,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Сила опору руху феромагнітної частинки визначається за формулою

$$F_{on} = \frac{1}{2} \rho_n g H^2 P f k, \text{ Н}, \quad (4.6)$$

де  $P$  – периметр феромагнітної частинки в плані,  $\text{м}$ ;  $f$  – коефіцієнт тертя продукту між шарами;  $k$  – коефіцієнт бокового тиску продукту, який визначається за формулою

$$k = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (4.7)$$

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя продукту, град.

Необхідна умова вилучення феромагнітної частинки чорного металу:

$$H \text{grad} H_y = \frac{mg + S(H - h)\rho_n g + 0,5\rho_n g H^2 P f k}{\mu_0 \chi_m V}, \text{ А}^2/\text{м}^3, \quad (4.8)$$

Підставивши значення у систему рівнянь (1) отримаємо

$$y'' = \frac{\mu_0 \chi_m V H \text{grad} H_y}{m} - g - \frac{x'' = 0}{m} - \frac{S(H - h)\rho_n g}{m} - \frac{\rho_n g H^2 P f k}{2m}, \quad (4.9)$$

Систему рівнянь було розв'язано методом Ейлера модифікованим.

Граничні умови:

$$x_0 = 0; x'_0 = v_{cmp.} = v_{x0}$$

де  $v_{cmp.}$  – швидкість руху стрічки,  $\text{м}/\text{с}$ .

$$y_0 = 0,5h; y'_0 = 0$$

Основною умовою, що дозволяє встановити наявність феромагнітної частинки є дотримання умови  $y = H_n$ , при  $x < L$ ,

де  $H_n$  – висота розміщення сепаратора,  $\text{м}$ ;  $L$  – довжина магнітної зони сепаратора,  $\text{м}$ .

За запропонованою методикою виконано моделювання роботи підвісного двохполюсного магнітного сепаратора на постійних магнітах з довжиною магнітної системи 650 та 850 мм. Отримані результати розрахунків у середовищі Excel зображені на рис. 4.2 та 4.3

Вихідні дані:					
<b>Увага: Змінювати параметри тільки у жовтих комірках</b>			0,67	0,28	
Висота підвісу h, мм	200		0,03	0,28	
Довжина магнітної системи l, мм	640		0,03	0,2	
Швидкість руху стрічки конвеєра v, м/с	0,500		0,67	0,2	
			0,67	0,28	
Висота шару продукту, мм	0		0,03	0	0,625
Густина продукту (насіпна), кг/м <sup>3</sup>	0		0,96	0	
Магнітна стала $\mu_0$ , Н/А <sup>2</sup>	1,26E-006		0,03	0	18,75
Прискорення земного тяжіння g, м/с <sup>2</sup>	9,81		0,96	0	
Предмет	Кулька	Циліндр гор.	Брусок	Циліндр верт.	Гайка
Розміри					M20
Діаметр, мм	55	10		30	33
Довжина, мм		30	200	60	
Ширина, мм			200		
Висота, мм			125		16
Магнітна сприйнятливість тіла $\chi_T$ , м <sup>3</sup> /кг	3,030303	9,19963201	4,01284109	2,42013553	4,2301184
Об'єм тіла V, м <sup>3</sup>	8,707E-05	2,355E-06	0,005	0,00004239	8,077E-06
Густина тіла $\rho_T$ , м <sup>3</sup> /кг	7800	7800	7800	7800	7800
Площа тіла, на яку діє шар продукту (найбільше серед можливих значень), м <sup>2</sup>	0,0023746	0,0003	0,04	0,0007065	0,0008549

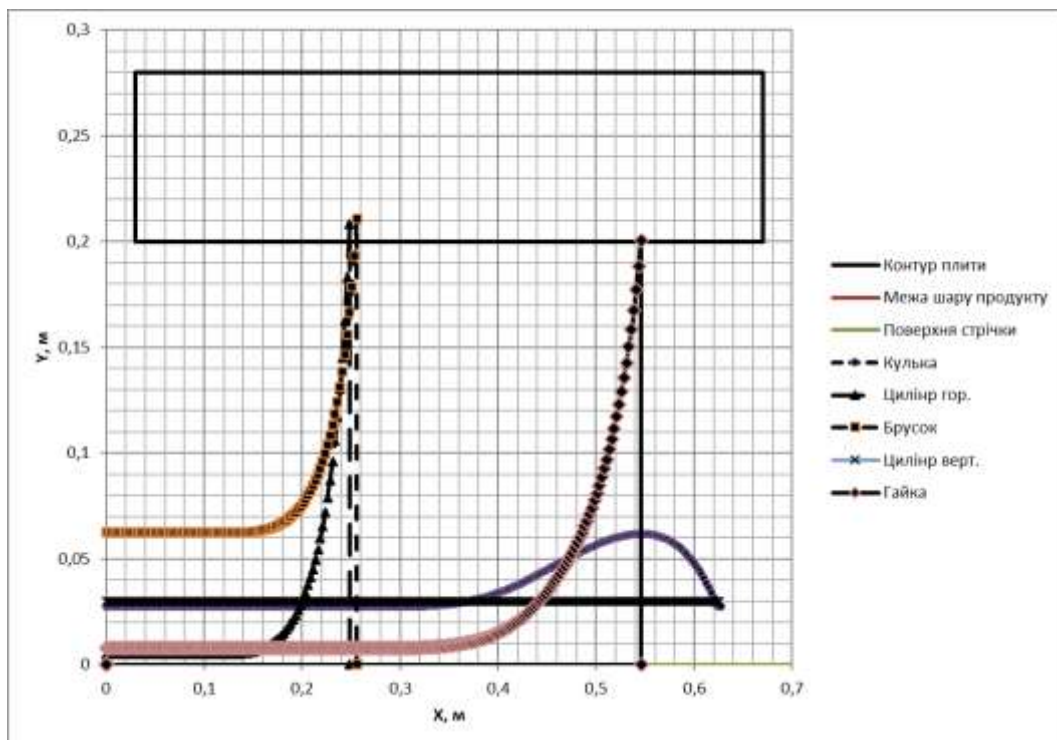


Рисунок 4.2 – Результати моделювання роботи підвісного магнітного сепаратора на постійних магнітах з довжиною робочої зони 650 мм і висотою підвісу 200 мм по вилученню феромагнітних предметів різних розмірів

Вихідні дані:					
<b>Увага: Змінювати параметри тільки у жовтих комірках</b>					
			0,87	0,35	
Висота підвісу h, мм	250		0,03	0,35	
Довжина магнітної системи l, мм	840		0,03	0,25	
Швидкість руху стрічки конвеєра v, м/с	0,800		0,87	0,25	
			0,87	0,35	
Висота шару продукту, мм	0		0	0	
Густина продукту (насіпна), кг/м <sup>3</sup>	0		1,26	0	0,2364
Магнітна стала $\mu_0$ , Н/А <sup>2</sup>	1,26E-006		0	0	0,262
Прискорення земного тяжіння g, м/с <sup>2</sup>	9,81		1,26	0	
Предмет	Кулька	Циліндр гор.	Брусок	Циліндр верт.	Гайка
Розміри					M30
Діаметр, мм	100	15		75	50,9
Довжина, мм		75	80	150	
Ширина, мм			80		
Висота, мм			50		25,6
Магнітна сприйнятливість тіла $\chi_T$ , м <sup>3</sup> /кг	3,030303	17,9147259	4,0128411	2,42013553	4,2301184
Об'єм тіла V, м <sup>3</sup>	0,0005233	1,3247E-05	0,00032	0,00066234	3,109E-05
Густина тіла $\rho_T$ , м <sup>3</sup> /кг	7800	7800	7800	7800	7800
Площа тіла, на яку діє шар продукту (найбільше серед можливих значень), м <sup>2</sup>	0,00785	0,001125	0,0064	0,00441563	0,0020338

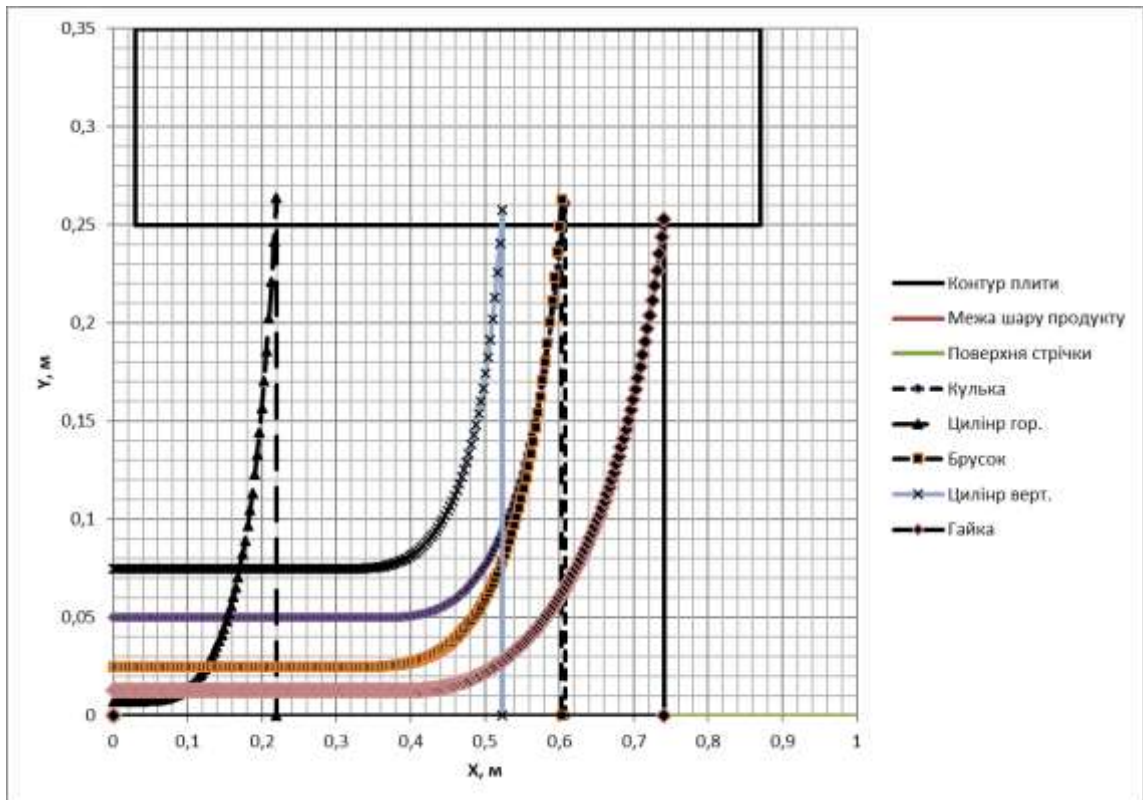


Рисунок 4.3 – Результати моделювання роботи підвісного магнітного сепаратора на постійних магнітах з довжиною робочої зони 850 мм і висотою підвісу 250 мм по вилученню феромагнітних предметів різних розмірів

## Розділ 5

# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Норми і правила з техніки безпеки і виробничої санітарії

Правові норми, об'єднані терміном “охорона праці”, включають в собі норми і правила з техніки безпеки і виробничої санітарії. Відмінність норм з техніки безпеки від норм з виробничої санітарії визначається предметом, на регулювання якого спрямовані ті чи інші норми.

Норми з техніки безпеки містять обов'язкові вимоги, яким повинно відповідати підприємство в цілому, виробничі приміщення, усі види обладнання і технологічні процеси з точки зору безпеки праці, попередження травматизму. Цими нормами передбачається встановлення різних огорожень, захисних пристроїв, проведення профілактичних випробувань, дистанційне управління, видача спеціальних індивідуальних засобів захисту, наприклад поясів, окулярів, екранів тощо.

Норми з виробничої санітарії містять обов'язкові вимоги щодо території підприємства, виробничих і побутових приміщень, робочих місць і технологічних процесів з точки зору гігієни праці і здоров'я працівників з метою попередження професійних захворювань. Вимоги в галузі виробничої санітарії стосуються розмірів, конструктивних елементів виробничих будівель, вентиляції, опалення, водопостачання, каналізації, освітлення побутових приміщень, пунктів харчування, охорони праці тощо. Норми з виробничої санітарії передбачають також професії з шкідливими умовами праці, які повинні забезпечуватись спецмолоком, спецхарчуванням, спецодягом, спецвзуттям та іншими індивідуальними захисними засобами.

Не слід думати, що норми з техніки безпеки і виробничої санітарії є окремими нормативними актами. В державних міжгалузевих і галузевих нормативних актах можуть одночасно міститися й положення з техніки безпеки і норми з виробничої санітарії.

У своїй сукупності нормативні акти про охорону праці - це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано

чинність правових норм, обов'язкових для виконання. Їх прийнято поділяти на державні міжгалузеві і галузеві норми. Постановою Кабінету Міністрів України від 2 березня 1994 р. № 135 “Про порядок опрацювання, прийняття, перегляд та скасування державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів по охороні праці” відповідним центральним органам державного управління доручено розробляти і затверджувати конкретні документи щодо організації нормотворчого процесу, фінансування робіт, визначення базових організацій, які повинні займатися нормотворчою діяльністю з питань охорони праці.

На виконання постанови Кабінету Міністрів України від 2 березня 1994 р. Комітет по нагляду за охороною праці наказом від 16 березня 1994 р. затвердив Положення про опрацювання, прийняття, перегляд та скасування державних міжгалузевих і галузевих нормативних документів “Законодавство України”.

Фінансування охорони праці здійснює власник. На підприємствах, в галузях і на державному рівні у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України, створюються фонди охорони праці. Такі ж фонди можуть створюватися органами місцевого і регіонального самоврядування для потреб регіону.

Фонд охорони праці на підприємстві використовується тільки для виконання заходів, що забезпечують доведення умов і безпеки праці до нормативних вимог або підвищення існуючого рівня охорони праці на виробництві.

Кошти галузевих і державних фондів охорони праці витрачаються на здійснення галузевих і регіональних програм з питань охорони праці, науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт, що виконуються в межах цих програм, на сприяння становленню і розвитку спеціалізованих підприємств та виробництва, творчих колективів, науково-дослідних центрів, експертних груп, на заохочення трудових колективів і окремих осіб, які плідно працюють над розв'язанням проблем охорони праці.

До державного, регіональних і галузевих фондів охорони праці надсилаються поряд з коштами державного чи місцевих бюджетів, відрахуваннями підприємств та іншими надходженнями кошти, одержані від застосування



органами державного нагляду штрафних санкцій до власників, а також кошти від стягнення цими органами штрафу з працівників, винних у порушенні вимог щодо охорони праці. Працівники, на яких накладено штраф, вносять його в касу підприємства за місцем роботи.

У колективному договорі (угоді, трудовому договорі) сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому, ніж передбачений законодавством, їх обов'язки, а також комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійних захворювань і аваріям.

Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби і технологічні процеси, що впроваджуються у виробництво, у стандартах на які є вимоги щодо забезпечення безпеки праці, життя і здоров'я людей, повинні мати сертифікати, що засвідчують безпеку їх використання, видані у встановленому порядку.

Власник, який створив нове підприємство, зобов'язаний одержати від органів державного нагляду за охороною праці дозвіл на початок його роботи.

Забороняється застосування у виробництві шкідливих речовин, на які не розроблені граничне допустимі нормативи (концентрації), методика, засоби метрологічного контролю і які не пройшли токсикологічної експертизи.

У разі надходження на підприємство нових небезпечних речовин або наявності такої кількості небезпечних речовин, яка вимагає вжиття додаткових заходів безпеки, власник зобов'язаний завчасно повідомити про це орган державного нагляду, розробити і узгодити з ним заходи щодо захисту здоров'я та життя працівників, населення та охорони навколишнього природного середовища.

На власника також покладається обов'язок за свої кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників.

Працівники із своїх коштів ніяких витрат на заходи щодо охорони праці не несуть.

Обов'язкові медичні огляди проводяться згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31 березня 1994 р. № 45.

Обов'язковим медичним попереднім та періодичним оглядам підлягають працівники, які приймаються на роботу або працюють у контакті з шкідливими речовинами та несприятливими виробничими чинниками; працівники усіх професій, що додаються до Положення про медичний огляд працівників певних категорій.

Постановою Кабінету Міністрів України від 6 листопада 1997 р. № 1238 уведено обов'язковий профілактичний наркологічний огляд працівників, які під час виконання своїх функціональних обов'язків повинні використовувати певні види сировини, речовини і матеріалів. До таких працівників належать особи, які під час роботи повинні використовувати етиловий спирт; працівники фармацевтичних підприємств, аптечних закладів; анестезіологи та інші медичні працівники закладів охорони здоров'я, які за специфікою роботи повинні використовувати фторотан і ефір; працівники підприємств, які працюють в умовах підвищеного атмосферного тиску; чергові працівники підприємств, які обслуговують, налагоджують, монтують і проводять роботи в електромережах та електроустановках під напругою 127 вольт і більше; працівники підприємств, які провадять роботи, пов'язані з використанням вибухових матеріалів-працівники транспортних засобів усіх видів транспорту тощо.

Метою проведення профілактичного наркологічного огляду громадян є виявлення хворих на алкоголізм, наркоманію та токсикоманію, а також визначення наявності чи відсутності наркологічних протипоказань до виконання функціональних обов'язків і провадження певних видів діяльності.

## 5.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. Аварійна ситуація та нещасні випадки можуть виникнути в разі: падіння предметів, падіння працівника з висоти, ураження електрострумом та інше.

2. В разі виникнення такої ситуації необхідно припинити роботу, опустити колиску, огородити небезпечну зону, не допускати в неї сторонніх осіб, повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

3. Якщо стався нещасний випадок, надавати потерпілому першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу.

4. При виникненні пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння.

5. В усіх випадках виконувати вказівки керівника.

6. Послідовність надання першої допомоги:

- припинити дію на організм факторів, що спричинили нещасний випадок і загрожують здоров'ю чи життю потерпілого (звільнити від дії електричного струму, винести із зараженої зони, загасити одяг, що спалахнув, витягти з води) і оцінити його стан;

- визначити характер і важкість травми, найбільшу загрозу для життя потерпілого, послідовність заходів по його рятуванню;

- вжити необхідних заходів по рятуванню потерпілого в порядку першочерговості (відновити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця, зупинити кровотечу, накладити пов'язку тощо);

- викликати швидку допомогу чи лікаря або вжити заходів для відправки потерпілого в найближчий медичний заклад;

- підтримувати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичної допомоги.

### 5.3 Організація пожежної безпеки підприємства

Відповідальність за дотримання необхідного протипожежного режиму і своєчасне виконання протипожежних заходів покладається на керівника підприємства і начальників цехів (лабораторій, майстерень, складів і т.д.). Керівники підприємства зобов'язані:

- забезпечити повне і своєчасне виконання правил пожежної безпеки і протипожежних вимог будівельних норм і правил при проектуванні, будівництві й експлуатації підвідомчих їм об'єктів;
- організувати на підприємстві пожежну охорону, добровільну пожежну дружину і пожежно-технічну комісію і керувати ними;
- передбачати необхідні асигнування на утримання пожежної охорони, придбання засобів пожежогасіння;
- призначити осіб, відповідальних за пожежну безпеку цехів, лабораторій, виробничих ділянок, баз, складів та інших будівель і споруджень.

Керівникам підприємств надане право накладати дисциплінарні стягнення на порушників правил і вимог пожежної безпеки. У випадку порушення правил і вимог пожежної безпеки керівник підприємства має право порушити питання про залучення винного до кримінальної відповідальності.

Інженерно-технічний персонал, який відповідає за пожежну безпеку на окремих ділянках, зобов'язаний знати пожежну небезпеку технологічного процесу виробництва і точно виконувати правила і вимоги протипожежного режиму, установлені на підприємстві, стежити за справністю приладів опалення, вентиляції, електроустановок, забезпечити справне утримання і постійну готовність до дії наявних засобів пожежогасіння, зв'язку і сигналізації.

На підприємствах відповідними наказами, розпорядженнями чи указами встановлюється порядок проведення протипожежного інструктажу і занять з пожежно-технічного мінімуму з працівниками та службовцями.

Протипожежний інструктаж проводять у два етапи. На першому етапі інструктаж проводить начальник місцевої пожежної охорони, інструктор пожежної профілактики чи начальник караулу. На об'єктах, де відсутня професійна пожежна охорона, інструктаж проводить інженер з охорони праці.

Працівники та службовці, знову прийняті на роботу, можуть бути допущені до роботи тільки після проходження первинного протипожежного інструктажу. Первинний протипожежний інструктаж проводять по напрямку відділу кадрів підприємства, а особа, що проводила інструктаж, робить про це відмітку на напрямку і записує в журнал прізвище, по батькові й інші дані працівника, що проходив інструктаж і приймається на роботу. Первинний інструктаж проводять в індивідуальному чи груповому порядку.

Начальник цеху (ділянки, лабораторії, майстерні) проводить повторний інструктаж знову прийнятого безпосередньо на місці його майбутньої роботи.

Під час проведення повторного інструктажу працівника знайомлять із загальними правилами пожежної безпеки для даної ділянки виробництва, з пожежною небезпекою технологічних установок і т.д. Повторний пожежний інструктаж проводять також з працівниками та службовцями, яких переводять з однієї ділянки на іншу. Крім того, його проводять періодично не рідше одного разу на рік. При проведенні інструктажів необхідно домагатися того, щоб ті, кого інструктують, вміли практично користуватися первинними засобами гасіння пожеж і засобами зв'язку.

На промислових підприємствах або в окремих цехах чи ділянках, технологічний процес яких має підвищену пожежну небезпеку, наприклад, у деревообробних цехах, на складах легкозаймистих рідин і інших вогненебезпечних складах речовин і матеріалів, крім протипожежного інструктажу варто проводити заняття з пожежно-технічного мінімуму з усіма працівниками та службовцями. У програму занять з пожежно-технічного мінімуму варто включати наступні питання: заходи із забезпечення пожежної безпеки підприємства, цеху, лабораторії, засоби пожежогасіння та їхнє застосування при виникненні пожежі. Закінчується пожежно-технічний мінімум прийняттям заліку у працівників та службовців. Особи, що не здали залік, повинні пройти повторний курс навчання.

Для кожного підприємства (цеху, лабораторії, майстерні, складу тощо) на основі Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств

розробляються об'єктова і цехові протипожежні інструкції. В інструкціях повинні бути визначені основні вимоги пожежної безпеки для даного цеху чи ділянки виробництва (з утримання території підприємства, підходів і під'їздів до джерел протипожежного водопостачання, підходів і під'їздів до будівель і споруджень, про порядок руху транспорту по території підприємства, про застосування відкритого вогню і паління і т.д.). У протипожежних інструкціях установлюється також порядок виклику пожежної охорони на випадок виникнення пожежі на підприємстві. Визначається порядок збереження ЛЗР і ГР, обтиральних матеріалів і виробничих відходів. Тут особливо слід звернути увагу на зменшення кількості ЛЗР і ГР у виробничих приміщеннях. Крім того, варто прагнути до заміни пальних розчинників непальними миючими засобами.

Щоб залучити інженерно-технічний персонал та інших працівників до розробки і проведення заходів, спрямованих на зниження пожежної небезпеки технологічних процесів виробництва, на підприємствах створюють пожежно-технічні комісії. Керівник підприємства наказом призначає пожежно-технічну комісію, до складу якої входять: головний інженер (голова), начальник пожежної охорони об'єкта, енергетик, технолог, механік, інженер з охорони праці, будівельник та інші фахівці. Задачі пожежно-технічної комісії - виявлення порушень і недоліків технологічних режимів, які можуть привести до виникнення пожеж, розробка заходів щодо їх усунення, сприяння органам пожежного нагляду в їхній роботі зі створення необхідного протипожежного режиму, організація масово-роз'яснювальної роботи серед персоналу. Для виконання цих задач пожежно-технічні комісії повинні займатися організацією і проведенням пожежно-технічних конференцій, присвячених забезпеченню пожежної безпеки підприємств, окремих ділянок, цехів, складів, брати активну участь в організації і проведенні оглядів на кращий протипожежний стан цехів.

На підприємствах створюються також добровільні пожежні дружини (ДПД), що займаються попередженням пожеж у цехах і на своїх робочих ді-

лянках і бойові розрахунки, які оснащені на випадок пожеж пожежною технікою.

Крім загальнозаводських добровільних пожежних дружин, на великих підприємствах добровільні пожежні дружини утворюються по цехах, а в цехах - за змінами.

Розробка протипожежних заходів і контроль за їх виконанням, організація профілактичного протипожежного режиму на діючих підприємствах, залучення широких кіл громадськості до попередження і гасіння пожеж складають систему Державного пожежного нагляду. Задачі Державного пожежного нагляду визначені “Законом про пожежну безпеку” і контролюються Державним Департаментом пожежної безпеки МНС України.

## РОЗДІЛ 6

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

Розрахунок техніко-економічних показників був виконаний на прикладі двох варіантів переробки суміші кольорових металів та їх сплавів отриманих у шредерній технології утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації продуктивністю 1 т/год:

- технологічна схема з використанням ручного сортування на сортувальному конвеєрі;
- технологічна схема з використанням х-гау сепарації у три стадії.

Ціни на полімерні концентрати кольорових металів приймалися: Алюміній та сплави – 20 грн/т; концентрат латуні та бронзи – 80 грн/т, мідь (електродоти з включеннями ізоляції) – 80 грн/т.

Кошторис капітальних затрат на будівництво технологічних ліній для переробки суміші кольорових металів та їх сплавів наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Кошторис капітальних затрат на будівництво технологічних ліній для переробки суміші кольорових металів та їх сплавів

Назва капітальних витрат	Од.	Базовий варіант			Новий варіант		
		Кількість	Вартість		Кількість	Вартість	
			Одиниці	Всього		Одиниці	Всього
1	2	одиниць	грн.	тис.грн.	6	7	8
1. Основне виробниче обладнання							
1) Сортувальний конвеєр (Q=1 т/год)	шт.	1	424500	424,500	0	0	0,000
2) Шредер тонкого подрібнення (Q=1 т/год) Стадія 1	шт.	0	0	0,000	1	424,5	0,425
3) Грохот 3 мм (Q=1 т/год) Стадія 2	шт.	0	0	0,00	1	283	0,283
4) Х-гау-сепаратор (Q=1 т/год)	шт.	0	0	0,000	1	2830000	2830,000
<b>Всього</b>				<b>424,500</b>			<b>2830,708</b>
2. Обладнання для допоміжних робіт (50% від основного обладнання)				212,25			1415,3538



Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Всього</b>				<b>212,25</b>			<b>1415,35</b>
Всього по об'єктах основного							
виробничого призначення				636,75			4246,06
3. Інше невраховане обладнання (10 %)				63,675			424,606
Всього по п. 1-3				63,675			424,606
4. Монтаж і наладка обладнання (15 %)				9,551			63,691
5. Металоконструкції і труби (10 %)				6,3675			42,461
Всього по п. 1-5				79,594			530,758
6. Будівництво будівель і споруд							
(100 % від вартості обладнання)				636,750			4246,061
Всього по п. 1-6				716,344			4776,819
7. Зовнішні мережі і комунікації							
(7 % від п. 1-6)				50,144			334,377
8. Проектно-дослідницькі роботи							
(6 % від п. 1-6)				42,981			286,609
9. Транспортні затрати (15 % від п. 1-6)				107,452			716,523
10. Охорона природи (8 % від п. 1-6)				57,3075			382,14551
Всього по п. 1-10				974,228			6496,474
11. Інші невраховані капітальні затрати (10 %)				97,423			649,647
Всього по п. 1-11				1071,650			7146,121
12. Проектні роботи та сертифікація				200,000			200,000
Всього капітальних затрат за кошторисом				1271,650			7346,121

На зміні технологічну лінію повинні обслуговувати по базовому варіанту 4 працівники по новому варіанту 2 працівники.

Адміністративно-управлінський персонал налічує дві одиниці: керівник та бухгалтер. Відомість розрахунку фонду заробітної плати виробничих працівників наведена у таблиці 6.2 та адміністративно-управлінського персоналу – у таблиці 4.3. Оскільки кількість персоналу не відрізняється, то фонд заробітної плати однаковий.

Таблиця 6.2 – Відомість розрахунку фонду заробітної плати виробничих робітників

Назва професій	Розряд	К-сть працівників	Година тарифна ставка грн.	Денна тарифна ставка грн.	Число робочих днів за рік	Фонд заробітної плати тис. грн.
<b>Базовий варіант</b>						
Робітники які працюють позмінно	3	4	50,00	400,000	251	401,600
Робітники які зайняті на ремонті та технічному обслуговуванні обладнання	5	1	50,00	400,000	251	100,400
<b>Сума фонду заробітної плати</b>						<b>502,000</b>
<b>Новий варіант</b>						
Робітники які працюють позмінно	3	2	50,00	400,000	251	200,800
Робітники які зайняті на ремонті та технічному обслуговуванні обладнання	5	1	50,00	400,000	251	100,400
<b>Сума фонду заробітної плати</b>						<b>301,200</b>

Таблиця 6.3 – Відомість розрахунку фонду заробітної плати адміністративно-управлінського персоналу

Назва професії	Кількість персоналу	Місячний оклад грн.	Фонд заробітної плати		Кількість персоналу	Фонд заробітної плати	
			Місячний грн.	річний тис. грн.		Місячний грн.	річний тис. грн.
Адміністративно-управлінський персонал	2	15000	30000	360	2	15000	30000
<b>Всього</b>				<b>360</b>			

Кошторис виробничих експлуатаційних витрат на переробку суміші кольорових металів та сплавів у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Кошторис виробничих експлуатаційних витрат на переробку суміші кольорових металів та сплавів

Назва статей витрат	Одиниці вимірювань	Базовий варіант			Новий варіант		
		Кількість одиниць	Вартість		Кількість одиниць	Вартість	
			одиниці грн.	всього тис.грн.		одиниці грн.	всього тис.грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Річна продуктивність лінії	тис. т/ р.	4			4		
1. Сировина та ресурси							
1.1. Суміш кольорових металів та сплавів	т	4000,0	15000,0	60000,0	4000,0	15000,0	60000,0
1.2. Електроенергія	кВт*год	80320	3	241,0	80320	3	241,0
1.3. Упаковка біг-бег	шт	15000,0	50,0	750,0	15000,0	50,0	750,0
Всього за п. 1				60990,96			60991
2. Витрати на експлуатацію та утримання обладнання							
2.1. Витратні матеріали	л	38016	9	342,1	38016	9	342,1
Всього за п. 2				342,144			342,14
Всього за п. 1 та 2				61333,1			61333
3. Основна ЗП виробничих робітників							
3.1. Робітники які працюють позмінно	осіб	4		401,600	2		200,8
3.2. Робітникам, зайняті на ремонті та технічному обслуговуванні обладнання	осіб	1		100,400	1		100,40
Всього за п. 3.1 та 3.2	осіб	5		502,000	3		301,20
3.3. Доплати за перевиконання норм 20% від заробітної плати по п. 3.1 та 3.2 даного кошторису	%	20	5020,00	100,400	20	3012,00	60,240
Всього за п. 3				602,400			361,44
4. Прямі нарахування на заробітну плату відрахування у:							
4.1. Фонд соціального страхування з ТВП	%	1,5	6024,00	9,036	1,5	3614,40	5,422
4.2. Пенсійний фонд	%	33,2	6024,00	199,997	33,2	3614,40	119,90

## Продовження табл. 6.4.

1	2	3	4	5	6	7	8
4.3. Фонд зайнятості	%	1,3	6024,0 0	7,831	1,3	3614,4 0	4,699
4.4. Фонд страхування ВНВВ	%	3,66	6024,0 0	22,048	3,66	3614,4 0	13,229
Всього за ст. 4				238,912			143,4
5. Амортизація основних фондів							
5.1. Виробничого обладнання:							
основне та допоміжне виробниче обладнання	%	12	6367,5	76,410	12	42460, 6	509,6
Всього за п. 5				76,410			509,6
6. Адміністративні витрати							
6.1. Основна заробітна плата:							
апарату управління підприємства	осіб	2		360,000	2		360,
6.2. Виплата виробничих премій, додаткова заробітна плата (від основної зарплати)	%	20	3600,0 0	72,000	20	3600,0 0	72,0
6.3. Прямі нарахування на заробітну заводського персоналу	%	39,66	3600,0 0	142,776	39,66	3600,0 0	142,7
Всього				574,776			574,7
6.4. Податки, збори та інші невраховані витрати (від вище приведених адміністративних витрат)	%	10	5747,7 6	57,478	10	5747,7 6	57,47
Всього адміністративних витрати за п. 6				632,254			632,2
7. Позавиробничі витрати							
7.1. Оплата за контроль якості продукції підприємства	тис. т	15,84	10,0	158,400	15,84	10,0	158,4
Всього за п. 7				158,400			158,4
Всього за кошторисом			63041,48			63138,07	

Таблиця 6.5 – Калькуляція собівартості виробництва концентратів кольорових металів та сплавів

Статті витрат	Базовий варіант		Новий варіант	
	Загальна сума витрат тис.грн.	Собівартість грн./т	Загальна сума витрат тис.грн.	Собівартість грн./т
1. Сировина та ресурси	60990,960	23102,64	60990,96	18370,77
2. Витрати на експлуатацію та утримання обладнання	342,144	129,60	342,144	103,06
3. Основна ЗП виробничих робітників	602,400	228,18	361,440	108,87
4. Обов'язкові нарахування на зарплату	238,912	90,50	143,347	43,18
5. Амортизація основних фондів	76,41	28,94	509,53	153,47
6. Загально виробничі витрати	62250,83	23579,86	62347,42	18779,34
7. Адміністративні витрати	632,254	239,49	632,254	190,44
8. Невиробничі витрати	158,400	60,00	158,400	47,71
<b>Повна собівартість</b>	<b>63041,48</b>	<b>23879,35</b>	<b>63138,07</b>	<b>19017,49</b>

Основні техніко-економічні показники виробництва концентратів кольорових металів та сплавів зведені до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Основні техніко-економічні показники виробництва концентратів кольорових металів та сплавів

Назва показників		Одиниці виміру	Базовий варіант	Новий варіант
1.	Річний обсяг виробництва концентратів кольорових металів та сплавів	тис.т	2,64	3,32
		тис.грн.	47520,00	77024,000
2.	Обсяг реалізованої продукції	тис.т	2,640	3,320
		тис.грн.	47520,00	77024,000
3.	Вартість засобів виробництва:	тис.грн.	839,3	4848,44
	в т.ч. основних фондів	тис.грн.	763,0	4407,67
	нормованих оборотних засобів	тис.грн.	76,3	440,767
4.	Собівартість продукції	грн.	23879,35	19017,49
5.	Загальний прибуток	тис.грн.	-15521,479	13885,928
6.	Рентабельність загальна	%	-24,62	21,99
7.	Ціна продукції	грн./т	18000,00	23200,00
8.	Продуктивність праці	грн./люд.	11880000	19256000,0
9.	Питомі капітальні вкладення	грн/т	289,01	1327,61
10.	Приведені витрати	грн.	23922,70	19216,63
11.	Період окупності капіталовкладень	років	0,21	

При переробці суміші кольорових металів та сплавів за новою технологічною схемою рентабельність складає 21,99 %, а річний економічний ефект, у порівнянні з базовим варіантом, становить 29,4 млн. грн. на рік. Термін окупності інвестицій складає 0,21 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі розглянуті відомі технології утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації та запропонований варіант удосконалення технологічної схеми переробки лому кольорових металів та їх сплавів з використанням сучасного інформаційного методу x-ray сепарації, що дозволило збільшити глибину переробки цієї сировини. Основні результати роботи полягають у наступному:

1. Виконана загальна характеристика автомобільних відходів та їх екологічного впливу на навколишнє природне середовище. Виконаний аналіз досвіду шредерної технології утилізації автомобілів у розвинених країнах Світу та обґрунтовано необхідність використання цієї технології в Україні.

2. Показано, що об'єм утилізації автомобілів в Україні на 2020 рік становитиме понад 60 тис. одиниць і врахуванням сучасної динаміки ввезення вживаних авто до 2035 року зросте до 350 тис. одиниць. Для утилізації такої кількості автомобілів необхідне використання мобільних шредерних установок.

3. Розглянуті етапи проходження по утилізації автомобілів та наведено аналіз вмісту матеріалів із яких складається автомобіль. На 70-80% це чорні метали які можна повторно використати у металургії. Сьогодні в Україні автомобілі що вийшли з експлуатації утилізують шляхом розбирання і розрізання крупних вузлів на частини з використанням великої кількості ручної праці, тому запропоновано використовувати комплексну шредерну технологію що включає дроблення та сортування отриманих матеріалів до необхідної чистоти.

4. Розглянуті основні методи видової сепарації що використовують при утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації та особливості утилізації та рециклінгу різних типів сировини.

5. Досліджено проблеми по утилізації автомобілів. Магнітна сепарація як основа утилізації автомобілів, в сучасному автомобілі 75-80% чорних металів. Запропонована технологічна схема переробки лому кольорових металів та їх сплавів яка ґрунтується на основі сучасного інформаційного методу x-

гау сортування матеріалів, яка дозволила зменшити кількість залишку що не переробляється від 34 до 17 %

6. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при експлуатації технологічних ліній з утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кужель В.П., Калашнюк Ю.В. Шляхи утилізації автомобілів, які відпрацювали свій строк. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/11117/749.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (дата звернення 10.09.2020 р.).
2. Бойченко С. В., Іванченко О. В., Лейда Казимір, Фролов В. Ф., Яковлєва А. В. (за редакцією професора С. В. Бойченка). Екологістика, рециклінг і утилізація транспорту: навчальний посібник. К.: НАУ, 2019. 266 с.
3. Утилізувати старий автомобіль: чому це так складно зробити в Україні. URL: <https://news.finance.ua/ua/news/-/387746/utylizuvaty-staryj-avtomobil-chomu-tse-tak-skladno-zrobyty-v-ukrayini>. (дата звернення 10.09.2020 р.)
4. MMS 150 DK. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=tUci0E9f9X0> (дата звернення 20.09.2020 р.)
5. Стадник О.С., Баглай І.Ю. Особливості вибору підвісних магнітних сепараторів у технології шредерної утилізації автомобілів. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : збірник тез Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції у співпраці з фондом INTERMARIUM (Рівне, 28-29 листопада 2019 р.). Рівне, 2019. С. 152-156.
6. Переработка шин на линии Sagama Pneumatico 500 URL: <https://www.youtube.com/watch?v=-9bFgV1tsI8&t=11s>
7. НВФ «Продекологія». Сепаратор електростатичний. URL: <http://www.prodecolog.com.ua/production/electric-separators/tribo-electric/ebs-t/> (дата звернення 20.09.2023 р.)
8. ЗАКОН УКРАЇНИ Про утилізацію транспортних засобів (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 20-21, С. 719).
9. Постанова КМУ от 26.07.2001 № 915 «Про впровадження системи збирання, заготівлі та утилізацій відходів як вторинної сировини» *Офіційний вісник України*, 2001. С. 2526; 2009. № 39. С. 1309



10. ISO 22628: 2002«Road vehicles – Recyclability and recoverability – Calculation method». URL: <http://www.standards.com.au>. (дата звернення 20.09.2023 р.)

11. Waste tyre/plastic/rubber to oil pyrolysis plant. - Xinxiang Doing Renewable Energy Equipment Co,Ltd. URL: <http://www.china-doing.com/> (дата звернення 20.09.2020 р.)

12. M. Ryms1, K. Januszewicz1, W. Lewandowski1, E. Klugmann-radziemska -Pyrolysis process of whole waste tires as a biomass energy recycling. Ecol Chem Eng s. 2013. 20 (1): p.93-107

13. . В Україні збільшуються обсяги накопичення відходів – Мінприроди URL: [http://www.ukrinform.ua/ukr/news/v\\_ukraini\\_zbilshuyutsya\\_obsyagi\\_nakopic\\_hennya\\_vidhodiv\\_minprirodi\\_1865154](http://www.ukrinform.ua/ukr/news/v_ukraini_zbilshuyutsya_obsyagi_nakopic_hennya_vidhodiv_minprirodi_1865154). (дата звернення 20.09.2023 р.)

14. Екологія автомобільного транспорту: навч. посібник / [Гутаревич Ю.

15. В Україні зросла кількість автомобілів на тисячу осіб. URL: [http://gazeta.ua/articles/avto/\\_v-ukrayini-zrosla-kilkist-avtomobiliv-natisyachunosib/680260](http://gazeta.ua/articles/avto/_v-ukrayini-zrosla-kilkist-avtomobiliv-natisyachunosib/680260) (дата звернення 20.09.2023 р.)

16. Утилізувати старий автомобіль: чому це так складно зробити в Україні. – 2016. - URL: <http://news.finance.ua/ua/news/-/387746/utylizuvaty-staryj-avtomobil-chomutse-tak-skladno-zrobyty-v-ukrayini>. (дата звернення 20.09.2023 р.)

17. Car Recycling Business in Japan. *JETRO Japan Economic Report*. June-July 2006. 13 pp.

Extreme Dangerous Car Crusher Machine in Action, Crush Everything And Crushing Cars Modern Technology /LA Machines. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=bh8j\\_NOOUSE](https://www.youtube.com/watch?v=bh8j_NOOUSE). (дата звернення 20.11.2023).