

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра геології та екології

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри,
к.т.н.
_____ С.М. Панова
«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА
МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

тема:

«Дослідження та розробка ефективних методів утилізації відпрацьованої
автомобільної техніки та електромобілів»

Здобувач(ка):
гр. ЕО-23м
Костюк Іван Васильович

Керівник:
к.т.н., доцент
С.М. Панова

Кривий Ріг
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Кафедра геології та екології

Денна форма навчання
Другий (магістерський) рівень
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, кандидат технічних наук

С.М. Панова

« ___ » _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
КОСТЮК ІВАН ВАСИЛЬОВИЧ**

Тема роботи: «Дослідження та розробка ефективних методів утилізації відпрацьованої автомобільної техніки та електромобілів»

Керівник роботи Панова Світлана Миколаївна
Доцент кафедри геології та екології, кандидат технічних наук

затверджені

наказом Криворізького національного університету від

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	01.02.24-30.04.24	
2	Аналіз законодавчої бази	01.05.24-31.07.24	
3	Систематизація отриманих результатів	01.08.24-30.09.24	
4	Написання пояснювальної записки	01.10.24-15.11.24	

Засвідчую, що у роботі запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань не використовується.

Здобувач(ка) _____ І.В. Костюк

Керівник роботи _____ С.М. Панова

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота містить: 60 ст., 1 табл., 7 рис., 44 літературних джерела.

Мета роботи: розробити схему поводження з відходами від утилізації автомобілів (в тому числі електрокарів).

Об'єкт дослідження: відпрацьовані автомобілі, електромобілі та їх компоненти.

Предмет дослідження: варіанти повторного використання та переробки автомобілів та їх частин.

У першому розділі розглянуто сучасний стан проблеми поводження з автомобілями, які досягли кінцевого терміну експлуатації в країнах Європи та світу, а також в Україні.

Другий розділ присвячений дослідженню способів утилізації відпрацьованих елементів живлення електромобілів, поводженню з відходами електричних блоків та способам їх утилізації. У розділі розроблена та наведена схема комплексної утилізації акумуляторних батарей.

У третьому розділі запропоновано новітні підходи до комплексної переробки відходів що утворюються від будь-яких видів автотранспорту, розроблено схему поводження з автомобільними відходами.

Ключові слова: рециклінг, утилізація, електромобіль, відходи.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН РЕАЛІЗАЦІЇ ПЕРЕРОБКИ АВТОМОБІЛІВ ЩО ДОСЯГЛИ КІНЦЕВОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	7
1.1. Світовий досвід поводження з відпрацьованими автомобілями.....	7
1.2. Утилізація автомобілів в Україні.....	17
РОЗДІЛ 2 ПЕРЕРОБКА ТА РЕЦИКЛІНГ АВТОМОБІЛЬНИХ АКУМУЛЯТОРІВ ТА БАТАРЕЙНИХ БЛОКІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	25
2.1. Типи систем накопичення енергії.	25
2.2. Рециклінг та переробка відпрацьованих елементів живлення.....	27
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СХЕМИ ПЕРЕРОБКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЩО ДОСЯГЛА КІНЦЕВОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	37
3.1. Сучасні рішення та принципи переробки автомобілів.....	37
3.2. Автоматизація розбирання автомобілів.....	40
3.3. Розробка комплексної системи утилізації автомобілів.....	46
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

На виробництво автомобілів споживається багато енергії та ресурсів, ще перш ніж вони потраплять до експлуатації. Виробництво автомобілів залишає гігантський слід, тому що такі матеріали, як сталь, гума, скло, пластик, фарби та багато іншого, повинні бути створені, перш ніж новий транспортний засіб буде готовий до запуску.

Так само кінець терміну експлуатації автомобіля не означає закінчення його впливу на навколишнє середовище. Пластмаси, токсичні акумуляторні кислоти та інші продукти можуть залишатися в навколишньому середовищі. На щастя, сміттєзвалища стають набагато меншими, ніж це було в минулому. Приблизно три чверті сучасного середньостатистичного автомобіля, включаючи більшу частину сталеві рами, можна переробити.

Витрати на виробництво, переробку та утилізацію для навколишнього середовища важко підрахувати кількісно, і вони значною мірою знаходяться поза контролем більшості споживачів. Також правда, що більша частина впливу автомобіля на навколишнє середовище, можливо, від 80 до 90 відсотків, буде зумовлена споживанням палива та викидами забруднювачів повітря та парникових газів, які, на думку кліматологів, спричиняють глобальне потепління.

Все це обумовлює швидке зростання у останні роки ринку електромобілів, яке є обов'язковим для досягнення глобальних цілей щодо скорочення викидів парникових газів, покращення якості повітря в міських центрах і задоволення потреб споживачів, серед яких електромобілі стають все більш популярними. Однак зростання кількості електромобілів створює серйозну проблему для переробників при утилізації відходів наприкінці терміну служби. Тим не менш, відпрацьовані батареї також можуть представляти можливість для заробітку та зменшення шкоди довкіллю, оскільки виробникам потрібен доступ до стратегічних елементів і критичних

матеріалів для ключових компонентів у виробництві електромобілів: перероблені літій-іонні батареї від електромобілів можуть стати цінним вторинним джерелом матеріалів.

Важливим аспектом майбутнього розвитку промисловості та захисту довкілля стає розробка оптимальної схеми поводження з відходами, що утворюються від автотранспорту, у якого добігає кінця термін експлуатації. Для реалізації найбільш збалансованого підходу до утилізації розроблена схема має інтегрувати у собі економічний, екологічний, соціальний, логістичний та інші компоненти.

Мета роботи: розробити схему поводження з відходами від утилізації автомобілів (в тому числі електрокарів).

Завдання роботи:

1. Дослідити компонентний склад відходів, що утворюються при утилізації автомобілів;
2. Визначити основні підходи до поводження з відпрацьованими батареями електрокарів;
3. Вивчити існуючі підходи до утилізації автомобільної техніки;
4. Розробити комплексну універсальну схему управління та поводження з відходами від автотранспорту.

Об'єкт дослідження: відпрацьовані автомобілі, електромобілі та їх компоненти.

Предмет дослідження: варіанти повторного використання та переробки автомобілів та їх частин.

РОЗДІЛ 1

СТАН РЕАЛІЗАЦІЇ ПЕРЕРОБКИ АВТОМОБІЛІВ ЩО ДОСЯГЛИ КІНЦЕВОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

1.1. Світовий досвід поводження з відпрацьованими автомобілями.

Утилізація транспортних засобів означає розбирання старих автомобілів для отримання запчастин. Коли автомобілі перестають бути корисними, ми все одно можемо використовувати деякі їхні частини, тому для цього існує ціла індустрія. Місця, де відбувається процес розбирання авто називаються пунктами утилізації чи авторозбирання. Останнім часом цей процес називають переробкою автомобілів або транспортних засобів. Дана галузь існує вже деякий час, але тепер у цей втягуються навіть виробники автомобілів. Вони використовують дробарки для автомобілів, щоб зменшити розміри старих автомобілів і легше доставити їх на заводи, де їх можна перетворити на нову сталь або інші металічні сплави.

Помітна екологічна вигода виникає під час переробки скла, оскільки тона переробленого скла може заощадити приблизно 10 галонів нафти, яка інакше була б використана для виробництва нового скла. Автомобільні акумулятори проходять аналогічний шлях переробки, причому їх компоненти використовуються для виготовлення нових акумуляторів. Сталь і залізо, отримані з викинутих транспортних засобів, відіграють ключову роль у створенні різноманітних продуктів у різних галузях промисловості, гарантуючи, що матеріали отримують другий шанс на споживання.

Процвітання галузі переробки автомобілів не тільки робить значний внесок в економіку, але й активно бере участь у екологічних заходах, мінімізуючи відходи, зберігаючи ресурси та зменшуючи вплив на навколишнє середовище.

Процес утилізації транспортного засобу надзвичайно складний, оскільки потрібно переробити багато частин і видалити багато небезпечних матеріалів. Коротко кажучи, процес починається з інвентаризації транспортних засобів, що надходять, на наявність придатних до повторного використання запчастин. Певні високоцінні деталі, такі як електронні модулі, генератори, стартери, інформаційно-розважальні системи – навіть повні двигуни чи трансмісії – можуть бути зняті, якщо вони все ще придатні до експлуатації, та можуть бути вигідно продані у стані «як є» або виробнику для відновлення. Цінні рідкоземельні магніти в двигунах електромобілів також підлягають переробці [1].

Цей процес видалення більш цінних деталей з нижчої частини кузова автомобіля традиційно виконується вручну. Оскільки процес є трудомістким, видаляти багато частин часто невиправдано. Звалища самообслуговування вирішують це частково, змушуючи клієнтів самостійно знімати запчастини з транспортних засобів. У цій бізнес-моделі автомобілі часто стоять на спеціальному майданчику від кількох тижнів до кількох місяців, і відвідувачі можуть приносити власні інструменти та знімати будь-які запчастини, які вони хочуть купити. Після того, як транспортний засіб перебував на майданчику протягом достатнього періоду часу, підприємство розпочне процес утилізації та переробки транспортних засобів, що вийшли з експлуатації.

Технологія, яка набирає обертів, — це механічне видалення цих більш цінних частин за допомогою машинних систем утилізації транспортних засобів (VRS). Екскаватор або завантажувач матеріалів, оснащений спеціальним навісним обладнанням, дозволяє швидко та ефективно видаляти ці матеріали. Такий підхід забезпечує збільшення кількості матеріалів, які переробляються, і підвищення вигоди, яку підприємство з розбирання транспортних засобів отримує від транспортних засобів, що вийшли з експлуатації. Інші небезпечні матеріали, такі як ртуть і азид натрію (пропелент, який використовується в подушках безпеки), також можуть бути видалені [2].

Після того, як усі деталі та продукти всередині видалено, корпус автомобіля, що залишився, іноді підлягає подальшій обробці, яка включає видалення випарника кондиціонера, сердечника нагрівача та джгутів проводів. Потім корпус, що залишився, подрібнюють або кубують, щоб зменшити економічні витрати на транспортування навалом до промислового подрібнювача або молоткового млина, де транспортні засоби далі зменшуються до шматків металу розміром з кулак. Скло, пластик і гуму видаляють із суміші, а метал великими об'ємами продають металургійним заводам для переробки. [2].

Переробка сталі зберігає енергію та природні ресурси. Металургійна промисловість заощаджує достатньо енергії, щоб забезпечити електроенергією близько 18 мільйонів домогосподарств протягом року. Переробка металу також використовує приблизно на 74% менше енергії, ніж виготовлення металу. Таким чином, переробники відпрацьованих транспортних засобів щорічно економлять приблизно 85 мільйонів барелів нафти, яка була б використана для виробництва інших частин [3].

Подібним чином завдяки переробці автомобілів 11 мільйонів тон сталі та 800 000 кольорових металів не потрапляють на сміттєзвалища та повертаються до споживачів. До 2003 модельного року деякі транспортні засоби, які були виготовлені, містили ртутні автоматичні перемикачі, які історично використовувалися в системах комфортного освітлення та антиблокувальних системах гальм. Переробники видаляють і переробляють цю ртуть перед подрібненням транспортних засобів, щоб запобігти її витоку в навколишнє середовище. У 2007 році понад 2100 фунтів ртуті було зібрано 6265 переробниками. Споживачі також можуть отримати фінансову вигоду від переробки певних автомобільних деталей, таких як шини та каталітичні нейтралізатори [4].

Середня кількість транспортних засобів, що переробляються щороку.

Переробка транспортних засобів — величезна індустрія. Щороку в середньому мільйони автомобілів переробляються у всьому світі, особливо в США. Ця величезна кількість вказує на важливість переробки автомобілів для зменшення екологічного сліду автомобільної промисловості.

1. Щороку більше 14 мільйонів тон переробленої сталі надходить із утилізованих транспортних засобів. В середньому близько 25% кузова автомобіля виготовлено з переробленої сталі.
2. У всьому світі близько 27 мільйонів автомобілів, які досягли кінця свого терміну служби, переробляються щороку.
3. Загалом із старих автомобілів щорічно переробляється понад 25 мільйонів тон матеріалів.
4. Тільки промисловість переробки автомобілів у Сполучених Штатах і Канаді щороку забезпечує достатньо сталі для виробництва приблизно 13 мільйонів нових автомобілів.
5. Щорічно північноамериканська промисловість переробки автомобілів економить приблизно 85 мільйонів барелів нафти.
6. Міжнародна промисловість автомобільної переробки існує приблизно 75 років.
7. Більшість автопереробників є малими підприємствами, понад 75% усіх компаній з переробки автомобілів мають близько 10 працівників.

Пояснення процесу переробки автомобілів.

Крок 1: Видалення моторних рідин.

Процес утилізації транспортних засобів включає вилучення рідин двигуна. Це охоплює видалення таких речовин, як масло, охолоджуюча рідина та різні інші рідини, наявні в автомобілі. Дуже важливо правильно позбутися цих рідин, щоб переконатися, що вони не завдають шкоди навколишньому середовищу.

Крок 2: Видалення придатних для використання частин.

Далі акуратно знімаються придатні до використання деталі з автомобіля. Ці двигуни, трансмісії та електроніка, можна відновити та використовувати повторно. Переробці підлягають не тільки метали, це також передбачає збереження функціональних компонентів.

Крок 3. Розрізання рами автомобіля.

Далі, після того, як ми вийняли частини, які можемо використати, ми розрізаємо раму автомобіля на менші частини. На цьому етапі транспортний засіб розбивається на основні матеріали, що спрощує роботу та обробку.

Крок 4: Сортування металів.

Після подрібнення потрібно сортувати подрібнені матеріали на дві категорії: чорні метали (які містять залізо) і кольорові метали (які не містять заліза). Ці метали потім розплавляють і очищують, готуючи їх до повторного використання в різних галузях промисловості, зокрема у виробництві нових автомобілів.

Крок 5: Направлення виробникам.

Зрештою, перероблені метали відправляються виробникам. Виробники автомобілів використовують ці матеріали для виробництва нових автомобілів, замикаючи цикл процесу переробки. Цей екологічний підхід зменшує потребу у видобутку нових ресурсів і зменшує вплив виробництва на навколишнє середовище.

Переваги переробки автомобілів.

Переробка автомобілів є важливою для промисловості та екології, оскільки вона допомагає навколишньому середовищу, економить гроші та створює робочі місця.

1. Допомога навколишньому середовищу.

- Ми повторно використовуємо автомобільні матеріали, такі як сталь і пластик, тому нам не потрібно видобувати нові ресурси.
- Переробка автомобілів споживає менше енергії та зменшує забруднення.

- небезпечні автомобільні частини, зокрема акумулятори та рідини, утилізуються безпечно.

2. Грошові переваги.

- Переробка робить автомобілі дешевшими у виробництві, тому нові автомобілі коштують дешевше.
- Переробка створює робочі місця, допомагаючи місцевій економіці.

3. Екологічний аспект.

- Переробка автомобілів корисна для планети, і зменшує антропогенне навантаження на довкілля.
- Забезпечує об'єднання спільнот та заохочує глобальну співпрацю.

4. Навчання та екологічно спрямована діяльність.

- Переробка вчить нас бути екологічно відповідальними.
- Є стимулом для формування екологічного бачення та свідомості.

Коротше кажучи, переробка автомобілів – це розумний крок, який принесе користь усім, а також планеті, яку ми називаємо домом [5].

1.1.1. Індустрія переробки автомобілів у США.

Індустрія переробки автомобілів займає значну позицію в економіці Сполучених Штатів, займаючи 16 місце за величиною сектору та роблячи значний річний внесок у розмірі 25 мільярдів доларів США у національний ВВП. Примітно, що майже 95% знятих з експлуатації транспортних засобів з американських доріг проходять переробку, що представляє солідний відсоток, враховуючи, що приблизно 12 мільйонів транспортних засобів досягають кінця свого експлуатаційного терміну щороку.

Коли мова заходить про утилізацію компонентів транспортних засобів, процес переробки є надзвичайно ефективним, оскільки рівень переробки перевищує 90% для типового автомобіля.

Основні компоненти автомобіля, які підлягають переробці, включають шини, скло, акумулятори, сталь, залізо, колеса, радіатори, трансмісії, гумові шланги, прокладки, автомобільні сидіння, ремені, масляні фільтри та килимки.

У Сполучених Штатах щорічно накопичується приблизно 220 мільйонів використаних шин із загальним рівнем переробки 80%. Перероблені шини часто знаходять своє друге життя в основі тротуарів, сприяючи будівництву нових доріг. Перероблене скло, видобуте з автомобілів, служить сировиною для цілої низки продуктів, включаючи плитку для підлоги, скляні намистини, порцеляну, стільниці та навіть ювелірні вироби.

2 липня 2019 року та протягом наступних 55 днів система знижок на автомобіль, або «Готівка за автомашини», була спробою уряду Сполучених Штатів реалізувати екологічну ініціативу з метою стимулювання продажів автомобілів і покращення середньої економії палива в країні. Багато автомобілів було знищено та перероблено, щоб виконати програму, і навіть деякі екзотичні та ретро автомобілі були утилізовані [6]. Зрештою, оскільки вуглецеві сліди викликають занепокоєння, дехто стверджуватиме, що «Готівка за автомашини» не зменшила вуглецевий слід багатьох власників. Багато вуглекислого газу потрапляє в атмосферу при виробництві нових автомобілів. Підраховано, що якби споживач обміняв автомобіль з витратою палива 1 галон на 18 миль на новий автомобіль з витратою 1 галон на 22 милі, йому знадобилося б п'ять з половиною років типового водіння, щоб компенсувати вуглецевий слід нового автомобіля. Це число збільшується до восьми або дев'яти років для тих, хто експлуатує вантажні автомобілі [7].

Якщо транспортний засіб покинуто на узбіччі або на порожніх ділянках, ліцензовані спеціалісти з демонтажу в Сполучених Штатах можуть отримати його на законних підставах, щоб безпечно перетворення його на повторно використовувані або перероблені товари [3].

1.1.2. Переробка автомобілів у Європейському Союзі.

У 2007 році Європейська комісія прийняла пропозицію щодо директиви, яка спрямована на те, щоб зробити розбирання та переробку транспортних засобів більш безпечними для навколишнього середовища шляхом встановлення чітких цілей щодо переробки автомобілів. Ця пропозиція спонукала багатьох у Європі розглянути вплив на навколишнє середовище транспортних засобів, що вийшли з експлуатації. У вересні 2000 року Європарламент і Рада офіційно прийняли Директиву про відпрацьовані транспортні засоби. Протягом наступного десятиліття буде прийнято більше законодавчих актів з метою роз'яснення правових аспектів, національної практики та рекомендацій [8].

Кілька виробників транспортних засобів співпрацювали над розробкою Міжнародної інформаційної системи про демонтаж та переробку, щоб відповідати юридичним зобов'язанням Директиви щодо транспортних засобів, що вийшли з експлуатації.

У 2018 році Європейська комісія опублікувала дослідження «Assessment of ELV Directive» (Директива щодо кінцевого терміну експлуатації КТЕ) з наголосом на відпрацьованих транспортних засобах невідомого місцезнаходження. Це дослідження демонструє, що щороку місцезнаходження від 3 до 4 мільйонів КТЕ в ЄС невідоме, і що положення в Директиві про КТЕ недостатньо для моніторингу ефективності окремих держав-членів щодо цього аспекту. Дослідження запропонувало та оцінило низку варіантів покращення правових положень Директиви щодо КТЕ.

1.1.3. Стан проблеми утилізації авто у Канаді.

На початку 2019 року уряд Канади розпочав добровільну програму під назвою Retire Your Ride, щоб заохотити автомобілістів по всій країні відмовитися від своїх старих автомобілів, які викидають забруднювачі. Загалом 50 000 автомобілів, вироблених у 1995 році або в попередні роки, були призначені для остаточного вилучення з експлуатації.

Переробники пропонують від 150 до 1000 канадських доларів за автомобілі з оригінальним каталітичним нейтралізатором. Однак деякі склади сміття платять від 250 до 20 000 канадських доларів за непотрібний автомобіль [9]. Ці ціни залежать від вартості металу, місця розташування, марки/моделі автомобіля [10].

1.1.4. Велика Британія.

З 2009 по 2010 рік Сполучене Королівство запровадило систему стимулювання утилізації, яка виплачувала 2000 фунтів стерлінгів готівкою за автомобілі, зареєстровані 31 серпня 1999 року або раніше. Мета такої високої виплати полягала в тому, щоб допомогти власникам старих автомобілів придбати нові, які менше забруднюють довкілля [11].

У Сполученому Королівстві термін «готівка за автомобілі» також стосується покупки автомобілів негайно за готівку в компаніях, що купують автомобілі, без потреби в рекламі. Однак існують законодавчі обмеження щодо рівня оплати, яку можна використати в рамках бізнес-операції для купівлі автомобіля. ЄС встановлює 10 000 євро або еквівалент в іншій валюті, що відображено у Положенні про відмивання грошей.

У Великій Британії більше не можна купувати автомобілі на металобрухт за готівку після введення Закону про торговців металобрухтом у 2013 році [12]. У результаті фірми, що займаються утилізацією автомобілів, більше не можуть платити за автомобілі готівкою. Натомість ці фірми тепер платять банківським переказом.

1.1.5. Австралія.

В Австралії термін «готівка за автомобіль» також є синонімом вивезення автомобіля. Лише у Вікторії компанії повинні отримати LMCT та інші відповідні ліцензії на обробку перед закупівлею транспортних засобів. Потрібен певний час, щоб перевірити історію кожного транспортного засобу, після чого його можна розібрати для знищення та переробки. Послуги

«Готівка за автомобілі» та «Вивезення автомобілів» потрібні для автомобілів, що закінчують термін експлуатації.

В Австралії переробка транспортних засобів здійснюється за допомогою структурованої Національної схеми переробки транспортних засобів, спрямованої на мінімізацію впливу на навколишнє середовище та максимізацію відновлення ресурсів із зношених транспортних засобів (КТЕ). Ця схема передбачає високі цілі переробки з метою відновлення принаймні 95% кожного авто, що досяг КТЕ за вагою. Процес передбачає систематичне очищення для видалення рідин і небезпечних матеріалів з подальшим демонтажем для повторного використання частин і подрібненням для відновлення матеріалів, таких як чорні та кольорові метали, пластик та інші компоненти. Керування автомобільною продукцією відіграє вирішальну роль, покладаючи на виробників та імпортерів відповідальність за екологічний слід їхніх продуктів протягом усього життєвого циклу. Є певні компанії, які надають ефективні та відповідальні послуги з утилізації транспортних засобів в Аделаїді, а також платять готівкою за непотрібний автомобіль [13]. Відповідність нормам забезпечує належне поводження з небезпечними матеріалами та сприяє використанню стійких практик у галузі, сприяючи як збереженню навколишнього середовища, так і економічній діяльності через продаж перероблених матеріалів.

1.1.6. Нова Зеландія.

Автопарк Нової Зеландії збільшився на 61% з 1,5 мільйона в 1986 році до понад 2,4 мільйона до червня 2003 року. До 2015 року він майже досяг 3,9 мільйона. Саме тут з 2014 року зросла кількість утилізації. «Готівка за автомобілі» — це термін, який використовується для вивезення автомобілів/техніки на металобрухт, де підприємства з переробки платять готівкою за старі/розбиті/зламани транспортні засоби залежно від віку та моделі.

1.2. Утилізація автомобілів в Україні.

1.2.1. Варіанти та етапи процесу утилізації.

В Україні процес утилізації автомобілів ще перебуває на стадії розвитку, але існують кілька основних способів та підходів до утилізації транспортних засобів, які стають дедалі популярнішими. Ось основні способи та напрями утилізації автомобілів в Україні:

1. Демонтаж та переробка деталей.

В Україні поширеною практикою є демонтаж автомобілів для повторного використання деталей. Автомобіль розбирають на окремі компоненти, після чого:

- **Металеві частини** (сталь, алюміній, мідь) переплавляються на металургійних підприємствах для подальшого використання у виробництві;
- **Двигун, коробка передач та інші компоненти** можуть бути відновлені та продані як вживані запчастини;
- **Пластикові та гумові деталі** часто відправляють на спеціалізовані підприємства для подрібнення та подальшої переробки.

2. Скупка та утилізація старих автомобілів.

В Україні працюють компанії, що спеціалізуються на скупці старих, аварійних або непридатних для використання автомобілів. Вони зазвичай пропонують автовласникам послугу демонтажу автомобіля, а потім його передають на спеціалізовані підприємства для утилізації.

У таких випадках окремі матеріали й компоненти автомобіля переробляються, а непридатні для переробки відходи утилізуються на спеціалізованих полігонах.

3. Переробка металів.

Основний напрям утилізації автомобілів в Україні — це переробка металів. Виключені з експлуатації автомобілі після демонтажу відправляються на металургійні підприємства, де металеві частини подрібнюються,

сортуються і плавляться для повторного використання в різних промислових галузях;

Метал часто використовують у виробництві нових транспортних засобів або в інших галузях промисловості.

4. Утилізація відходів.

Деякі компоненти автомобіля, наприклад гума, пластмаси та рідини (паливо, мастила, гальмівна рідина), є небезпечними для довкілля. Утилізація таких матеріалів здійснюється на спеціалізованих підприємствах. Вони переробляються або спалюються для отримання енергії, а залишки безпечним чином зберігаються на полігонах.

5. Утилізація електромобілів.

Електромобілі дедалі більше стають масовим сегментом в Україні, утилізація їхніх акумуляторів є особливо важливим завданням. Літій-іонні батареї з електромобілів потребують спеціальних методів утилізації. Українські підприємства починають розробляти технології для рециклінгу таких акумуляторів, зокрема вилучення цінних металів, таких як літій, кобальт і нікель.

6. Державні програми та ініціативи.

В Україні питання утилізації автомобілів ще не настільки систематизоване, як у деяких європейських країнах, але є спроби впроваджувати законодавчі ініціативи для покращення цього процесу. Розробляються програми для створення інфраструктури переробки автомобілів і їхніх компонентів, а також механізми стимулювання для автовласників, які здають старі машини на утилізацію.

7. Екологічні норми та контроль.

На законодавчому рівні ведеться робота з посилення екологічного контролю та вимог щодо утилізації автомобільних відходів. В Україні діють норми щодо поводження з небезпечними відходами, які включають автомобільні рідини та матеріали, які можуть завдати шкоди довкіллю.

Процес утилізації автомобілів в Україні має перспективи для розвитку та вдосконалення. Основні зусилля наразі спрямовані на демонтаж автомобілів для повторного використання деталей та переробку металів. Важливою частиною майбутнього утилізації стане впровадження нових технологій переробки складних матеріалів, зокрема акумулятори електромобілів, та вдосконалення державного регулювання в цій сфері.

1.2.2. Вартість утилізації автомобіля в Україні.

Вартість утилізації автомобіля в Україні може змінюватись залежно від різних факторів, зокрема від типу транспортного засобу, його стану, наявності цінних компонентів для повторного використання, а також від умов роботи утилізаційної компанії. Ось основні моменти, які впливають на ціну утилізації автомобіля:

1. Тип автомобіля.

Вартість утилізації легкового автомобіля, вантажівки чи спеціальної техніки відрізняється. Легкові автомобілі зазвичай дешевші в утилізації, ніж великі транспортні засоби.

2. Стан автомобіля.

Якщо автомобіль перебуває у задовільному стані, це може зменшити вартість утилізації, оскільки деякі деталі можна повторно використати або продати. Якщо автомобіль сильно пошкоджений, наприклад після ДТП або після тривалого простою, витрати можуть бути вищими.

3. Місце утилізації.

У різних регіонах України вартість утилізації може відрізнятись залежно від наявності спеціалізованих підприємств та рівня їхніх послуг. У великих містах, де є розвинена інфраструктура для утилізації, ціна може бути нижчою, ніж у віддалених районах.

4. Послуги з транспортування.

Якщо автомобіль необхідно транспортувати до місця утилізації (наприклад, якщо він не на ходу), додатково можуть стягуватися кошти за евакуатор або інші види транспортування.

5. Законодавчі норми та збори.

В Україні законодавство поки що не передбачає обов'язкових екологічних зборів за утилізацію старих автомобілів (як це є в ЄС). Проте в майбутньому можуть бути запроваджені спеціальні збори для стимулювання власників здавати автомобілі на утилізацію.

б. Можливі доходи від металобрухту.

Автомобіль складається з великої кількості металу, що може бути перероблений. Часто власники можуть отримати певну компенсацію за металобрухт, що покриває або навіть перевищує вартість утилізації. Залежно від ваги автомобіля та поточних цін на металобрухт, власник може отримати кілька тисяч гривень.

Приблизна вартість:

- **Безкоштовна утилізація.** У деяких випадках утилізаційні компанії можуть пропонувати безкоштовну утилізацію автомобіля, якщо вони можуть отримати прибуток від продажу деталей або металобрухту.
- **Платна утилізація.** Якщо автомобіль не має цінних компонентів або перебуває у дуже поганому стані, власник може сплачувати від 2 000 до 10 000 грн за утилізацію, включаючи вивезення й переробку.

1.2.3. Законодавство та процедура утилізації авто в Україні.

У багатьох країнах утилізація старих авто регулюється спеціальними законами. Наприклад, у ЄС існує програма, згідно з якою власники автомобілів зобов'язані забезпечити утилізацію транспортного засобу, якщо його подальше використання загрожує здоров'ю людей або шкодить навколишньому середовищу.

В Україні також діє Закон № 421-7 від 04.07.2013 року «Про утилізацію транспортних засобів», що передбачає такі основні етапи:

1. Власник авто звертається до органів для зняття транспортного засобу з обліку.
2. Автомобіль передається спеціалізованій компанії, яка має ліцензію на утилізацію.
3. Після демонтажу небезпечних компонентів та зливу експлуатаційних рідин авто розбирається на частини для подальшої обробки і переробки.

Цей процес спрямований на зменшення негативного впливу на екологію та забезпечення повторного використання матеріалів.

У сучасному світі все рідше можна зустріти людей, які відмовляються від зручностей, що забезпечує володіння автомобілем. Зі зростанням кількості транспортних засобів скорочується їхній середній термін служби, який в Україні сьогодні становить приблизно 12 років. Після закінчення експлуатації автомобіля власник стикається з необхідністю його утилізації. Це питання не лише естетики, але й екології, адже застарілий транспортний засіб псує вигляд території та виділяє токсичні речовини, що шкодять довкіллю. Утилізація авто вирішує ці проблеми, а власник може отримати грошову компенсацію за вторинну сировину.

В Україні процес утилізації автомобіля передбачає кілька кроків:

1. Власник із паспортом звертається до МВС за місцем реєстрації авто.
2. Подає заяву на зняття автомобіля з обліку у зв'язку з утилізацією.
3. Контактує з компанією, яка спеціалізується на утилізації транспортних засобів.
4. Отримує документ, що підтверджує утилізацію.

Компанії, що займаються утилізацією, повинні мати відповідні сертифікати. Їхні основні обов'язки включають:

- Прийом автомобіля, який вже не експлуатується.
- Злив робочих рідин.
- Демонтаж небезпечних компонентів.
- Вилучення деталей, які можна використовувати для вторинного виробництва або як запчастини.

До обов'язкових для демонтажу компонентів належать: робочі рідини, акумулятори, паливні баки, шини, каталітичні нейтралізатори, подушки безпеки, свинцеві важки, компоненти, що містять ртуть, свинець або фторхлорвуглеводи. Після вилучення цих складових автомобіль розбирають на частини для подальшої обробки.

1.2.4. Утилізація військових автомобілів та іншої техніки.

У зв'язку з веденням на території України бойових дій до екологічних проблем, що існують у державі, додалась також проблема утилізації та знешкодження військової техніки, яка зазнала невіправних ушкоджень, а також боєприпасів та інших продуктів військових дій.

На сьогодні в Кабінету Міністрів України затверджено «Порядок утилізації ракет, боєприпасів і вибухових речовин» № 812 від 7 червня 2006 р. Цей документ регламентує поводження як з бойовими частинами боєприпасів, так і з їх залишками.

Більша частина військової техніки повністю знищується, а деякі одиниці розбираються на запчастини або ремонтуються та знову повертаються на фронт.

Попри заяви окремих українських ЗМІ про високу прибутковість утилізації військової техніки, реальна ситуація є складною та неоднозначною.

Для кращого розуміння процесів у цьому секторі, на нашу думку, слід брати до уваги такі фактори:

1. Скорочення виробництва сталі в Україні. Воєнні дії та загроза бойових дій у ключових металургійних регіонах, розірвані логістичні ланцюги постачання сировини та вивезення продукції призвели до зменшення обсягів виробництва сталі на 31% до 3,6 млн т протягом першого кварталу 2022 року порівняно з тим самим періодом попереднього року.

У таких умовах ринок металобрухту в Україні показує мінімальну активність, яку підтримують лише одне металургійне та кілька ливарних підприємств.

2. Відсутність можливостей для переробки в Україні. Близько 75-80% броньованої військової техніки складається з високолегованих сталей, що мають специфічні вимоги до виробництва і переробки.

До війни переробка такого металобрухту в Україні була обмеженою – вона здійснювалась на одному металургійному заводі або в кількох ливарних цехах оборонних підприємств.

Сьогодні ці підприємства працюють з обмеженнями, що знижує потребу у такому брухті.

Загалом переробка легованих сталей, особливо військового походження, є складним і специфічним процесом. Рентабельність залежить від наявності енергетичних і трудових ресурсів, а також інших чинників. Наразі така діяльність в Україні майже припинилась.

3. Відносно невеликі обсяги військового брухту. За даними досліджень Експертно-наукової Ради УАВтормет, структура утворення металобрухту від можливої утилізації трофейної техніки за вагою включає танки (до 30%), бронетехніку для транспортування піхоти (до 40%), автомобільний транспорт різного призначення (до 15%) та іншу техніку, зокрема авіаційну (до 15%).

Загальний підтверджений обсяг військової техніки та спорядження, яке може бути утилізоване як металобрухт, оцінюється у 18-20 тисяч тон. При цьому значні обсяги цієї техніки знаходяться в різних регіонах України – Сумській, Чернігівській, Миколаївській та інших областях (за даними станом на 26 квітня 2022 року). Ці обсяги є недостатніми для створення окремого переробного підприємства або значного технічного переоснащення наявних ливарних потужностей.

4. Висока вартість металобрухту, отриманого з військової техніки. Знищена військова техніка та металобрухт, отриманий після її утилізації, є різними категоріями матеріалів.

Для перетворення танків, бронемашин або літаків на товарний металобрухт необхідно виконати багато технологічних операцій: перевірку на наявність вибухонебезпечних елементів, санітарну обробку, транспортування

на склад, огляд ремонтними підрозділами ЗСУ, охорону, порізку та сортування.

Логістика також відіграє важливу роль, оскільки значна кількість техніки знаходиться у віддалених та важкодоступних місцях, таких як поля чи ліси. Вартість таких операцій може бути досить високою, іноді перевищуючи собівартість отриманого металобрухту.

За підрахунками Експертно-наукової Ради УАВтормет, вартість брухту після утилізації знищеного танка Т-72 становить близько 5000-5200 грн за тону, БМД-1 – 4500-4800 грн/т, а БТР-80 – 4900-5100 грн/т, за умов простої логістики та наявності технічних ресурсів.

Щоб відновити активність на ринку і забезпечити рентабельність утилізації військової техніки, рекомендуються такі заходи:

- Відновлення державної системи обліку і розподілу металобрухту, зокрема для експорту та переробки на умовах давальницької схеми.
- Створення умов для будівництва нових міні-металургійних заводів або модернізація існуючих потужностей для переробки легованих сталей з метою виробництва продукції військового або подвійного призначення.
- Зміни до законодавства, що регулює операції з металобрухтом, адже чинні норми не сприяють розвитку ринку і не враховують полегшені торгові умови з країнами, що скасували мита для України під час війни.
- Спрощення отримання сертифікатів походження товарів EUR.1 і розширення можливостей експорту легованих сталей, отриманих з військової техніки.
- Співпраця з іноземними компаніями для утилізації військової техніки та переробки легованих сталей з метою розвитку української оборонної промисловості.

Експертно-наукова Рада УАВтормет вже встановила контакт з компаніями з Німеччини, Австрії та інших країн, які мають сучасні технології для ефективного перероблення військового металобрухту у виробництві інноваційної продукції, включаючи військову.

РОЗДІЛ 2

ПЕРЕРОБКА ТА РЕЦИКЛІНГ АВТОМОБІЛЬНИХ АКУМУЛЯТОРІВ ТА БАТАРЕЙНИХ БЛОКІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1. Типи систем накопичення енергії.

Наведені нижче системи накопичення енергії використовуються в повністю електричних транспортних засобах, PHEV і HEV.

1. Літій-іонні акумулятори.

Літій-іонні батареї наразі використовуються в більшості портативних побутових пристроїв, таких як стільникові телефони та ноутбуки, через їх високу енергомісткість на одиницю маси та об'єму порівняно з іншими системами зберігання електроенергії. Вони також мають високе співвідношення потужності до ваги, високу енергоефективність, хороші високотемпературні характеристики, тривалий термін служби та низький саморозряд. Більшість компонентів літій-іонних акумуляторів можна переробити, але вартість відновлення матеріалів залишається проблемою для галузі. Більшість сучасних повністю електричних транспортних засобів і гібридних авто використовують літій-іонні акумулятори, хоча точний хімічний склад часто відрізняється від акумуляторів споживчої електроніки. Дослідження та розробки тривають, щоб зменшити їх відносно високу вартість, подовжити термін їх служби, використовувати менше кобальту та вирішити проблеми безпеки щодо різних умов несправності.

2. Нікель-металгідридні батареї.

Нікель-метал-гідридні батареї, які регулярно використовуються в комп'ютерному та медичному обладнанні, пропонують розумну питому енергію та потужність. Нікель-метал-гідридні батареї мають набагато довший життєвий цикл, ніж свинцево-кислотні, безпечні та стійкі до зловживання. Ці батареї широко використовуються в HEV. Основними проблемами,

пов'язаними з нікель-метал-гідридними батареями, є їх висока вартість, висока швидкість саморозряду, виділення тепла при високих температурах і необхідність контролювати втрати водню.

3. Свинцево-кислотні акумулятори.

Свинцево-кислотні батареї можуть бути розроблені для високої потужності, недорогі, безпечні, придатні для переробки та надійні. Однак низька питома енергія, низька продуктивність при низьких температурах, короткий календар і життєвий цикл перешкоджають їх використанню. Розробляються передові високопотужні свинцево-кислотні батареї, але ці батареї використовуються лише в комерційно доступних транспортних засобах з електроприводом для допоміжних навантажень. Вони також використовуються для функції «стоп-старт» у транспортних засобах з двигуном внутрішнього згорання, щоб уникнути холостого ходу під час зупинок і зменшити споживання палива.

Ультраконденсатори.

Ультраконденсатори зберігають енергію на поверхні розділу між електродом і електролітом під час подачі напруги. Ємність накопичення енергії збільшується зі збільшенням площі поверхні електроліту-електрода. Хоча ультраконденсатори мають низьку щільність енергії, вони мають дуже високу щільність потужності, що означає, що вони можуть видавати велику кількість енергії за короткий час. Ультраконденсатори можуть надавати транспортним засобам додаткову потужність під час прискорення та підйому на пагорб, а також допомагають відновити енергію гальмування. Вони також можуть бути корисними як вторинні накопичувачі енергії в автомобілях з електроприводом, оскільки вони допомагають електрохімічним батареям вирівнювати потужність навантаження.

Процеси переробки включають:

Плавлення: процеси плавлення відновлюють основні елементи або солі. Ці процеси зараз працюють у великих масштабах і можуть приймати різні типи батарей, включаючи літій-іонні та нікель-метал-гідридні. Плавка відбувається

при високих температурах, де органічні матеріали, включаючи електроліт і вугільні аноди, спалюються як паливо або відновник. Цінні метали відновлюють і відправляють на рафінування, щоб продукт був придатний для будь-якого використання. Інші матеріали, включаючи літій, містяться в шлаку, який зараз використовується як добавка в бетон.

Пряме відновлення: З іншого боку, деякі процеси переробки безпосередньо відновлюють матеріали, призначені для акумуляторів. Компоненти відокремлюються різними фізичними та хімічними процесами, і всі активні матеріали та метали можна відновити. Пряме відновлення — це низькотемпературний процес з мінімальними потребами в енергії.

Проміжні процеси: третій тип процесів знаходиться між двома крайнощами. Такі процеси можуть приймати кілька різних типів батарей, на відміну від прямого відновлення, але відновлювати матеріали більш продуктивно та повноцінно, ніж це робить плавка.

2.2. Рециклінг та переробка відпрацьованих елементів живлення.

Рециклінг акумуляторів електромобілів має важливе значення для зменшення впливу зростаючої кількості електромобілів на довкілля, як-от у Франції. Оскільки матеріали для акумуляторів є дефіцитними, а процес їх виготовлення енергоємний, рециклінг дозволяє відновлювати цінні компоненти та зменшити потребу в новій сировині. Ось основні етапи утилізації акумуляторів електромобілів:

1. Типи акумуляторів.

Більшість електромобілів використовують **літій-іонні (Li-ion) акумулятори**, які містять такі матеріали, як літій, кобальт, нікель і марганець (рис. 2.1.). Ці матеріали не тільки цінні, але й небезпечні, тому їх рециклінг є необхідним.

2. Процес рециклінгу.

Процес включає кілька етапів для вилучення та повторного використання цінних металів:

- **Збір і демонтаж:** Акумулятори збирають і доставляють до спеціалізованих центрів переробки, де їх розбирають. Елементи та модулі відокремлюють від корпусу акумуляторної батареї.
- **Подрібнення та сортування:** Акумуляторні елементи подрібнюють на дрібніші частини, які потім сортують за типом матеріалу — метали, пластмаси й хімічні речовини.
- **Термічна обробка або гідрометалургія:** Існує два основних методи:
 - **Пірометалургія (плавлення):** Акумулятори нагрівають до високих температур, щоб відновити метали, такі як кобальт, нікель і мідь.

Згідно з даними AVERE (Національної асоціації розвитку електричної мобільності), станом на серпень 2023 року на дорогах Франції вже не менше ніж 882 531 електромобіль. За 2022 і 2023 роки кількість зареєстрованих електричних автомобілів (пасажирських і комерційних) зросла на 52,4%. Таке масове впровадження електромобілів (ЕМ) є справжнім викликом з точки зору сталого розвитку мобільності. Отже, правильна утилізація та повторне використання акумуляторів електромобілів відіграє важливу роль у значному зменшенні викидів парникових газів. У роботі розглянуто основні аспекти рециклінгу електричних акумуляторів.

Літієві акумулятори електромобілів є своєрідним екологічним парадоксом. Попри те, що вони забезпечують скорочення та зменшення забруднюючих викидів, їх виробництво та утилізація створюють екологічні проблеми. Матеріали, необхідні для їх виготовлення, часто вимагають видобувних процесів, які негативно впливають на планету. Це створює екологічні ризики (забруднення повітря, води та ґрунту), ризики для здоров'я та соціальні виклики в деяких регіонах.

Крім того, без рециклінгу акумулятори електромобілів можуть сприяти забрудненню. Також слід зауважити, що виробництво батарей для електромобілів включає потенційно шкідливі процеси.

Щоб вирішити ці проблеми, сектор переходить до більш екологічних і стійких методів видобутку та виробництва. Зокрема, пріоритетом є рециклінг, щоб зменшити залежність від видобутку.

Термін служби акумулятора електромобіля.

Завдяки останнім технологічним досягненням, довговічність акумуляторів електромобілів значно покращилася, що збільшило їхній термін служби.

Літій-іонні акумулятори, які найчастіше використовуються в електромобілях, здебільшого підлягають рециклінгу й потребують мінімального обслуговування. Термін служби акумулятора електромобіля залежить від інтенсивності та типу його використання. Зазвичай, акумулятор потребує заміни, коли він зберігає лише 70% своєї енергетичної ємності.

Для «типового» акумулятора електромобіля цей експлуатаційний термін в середньому складає від 8 до 10 років. Його термін служби також вимірюється в циклах зарядки/розрядки, що в середньому становить близько 1 250 циклів, за даними виробників.

Акумулятор може більше не бути достатньо ефективним для живлення автомобіля, але це не означає, що він повністю непридатний...

Отже, дуже рідко акумулятор електромобіля досягає кінця свого терміну служби. На відміну від поширеної думки, електродвигуни та інші механічні компоненти зношуються повільніше, ніж двигуни внутрішнього згорання. Саме стан акумулятора є вирішальним для запасу ходу та загальної ефективності електромобіля.

Матеріали для виробництва акумуляторів.

Літій-іонні акумулятори домінують на ринку електромобілів. Окрім літію, вони виготовляються з рідкісних металів, таких як кобальт, нікель і марганець. Ці матеріали є дорогими й потребують великої кількості енергії для

видобутку. Це може призводити до значних екологічних наслідків, тому рециклінг цих матеріалів є особливо важливим.

Повторне використання перед рециклінгом. Акумулятори, які знизили свою ємність до 70%, можуть бути повторно використані перед тим, як їх буде відправлено на рециклінг. Вони зберігають свою цінність і можуть отримати «друге життя». Наприклад:

- Для зберігання енергії в будинках, підприємствах, заводах і навіть для загальної енергетичної мережі.
- Для сприяння інтеграції відновлюваних джерел енергії, наприклад, у системах «стаціонарного зберігання».

Ця система дозволяє зберігати електроенергію в великих масштабах.

Забезпечення стабільності відновлюваної енергії. Використання стаціонарного зберігання енергії допомагає компенсувати нестабільність виробництва відновлюваної енергії. Джерела, такі як вітер і сонячна енергія, є «переривчастими», оскільки їх виробництво змінюється залежно від зовнішніх умов і не може бути постійно гарантованим.

Тому стаціонарне зберігання енергії відіграє ключову роль у постачанні електроенергії під час періодів недостатнього виробництва. Це сприяє ефективнішому використанню ресурсів і є критично важливим для майбутнього, особливо з огляду на мету, поставлену на 2030 рік, коли 40% електроенергії повинно надходити з відновлюваних джерел.

Рециклінг акумуляторів електромобілів можливий і заохочується законодавством, особливо в Європейських країнах. Це допомагає мінімізувати екологічний вплив виробництва акумуляторів.

Європейський Союз запровадив спеціальні директиви, які зобов'язують виробників утилізувати та рециклювати використані акумулятори. Ці регуляції спрямовані на просування циркулярної економіки та зменшення негативного впливу на довкілля.

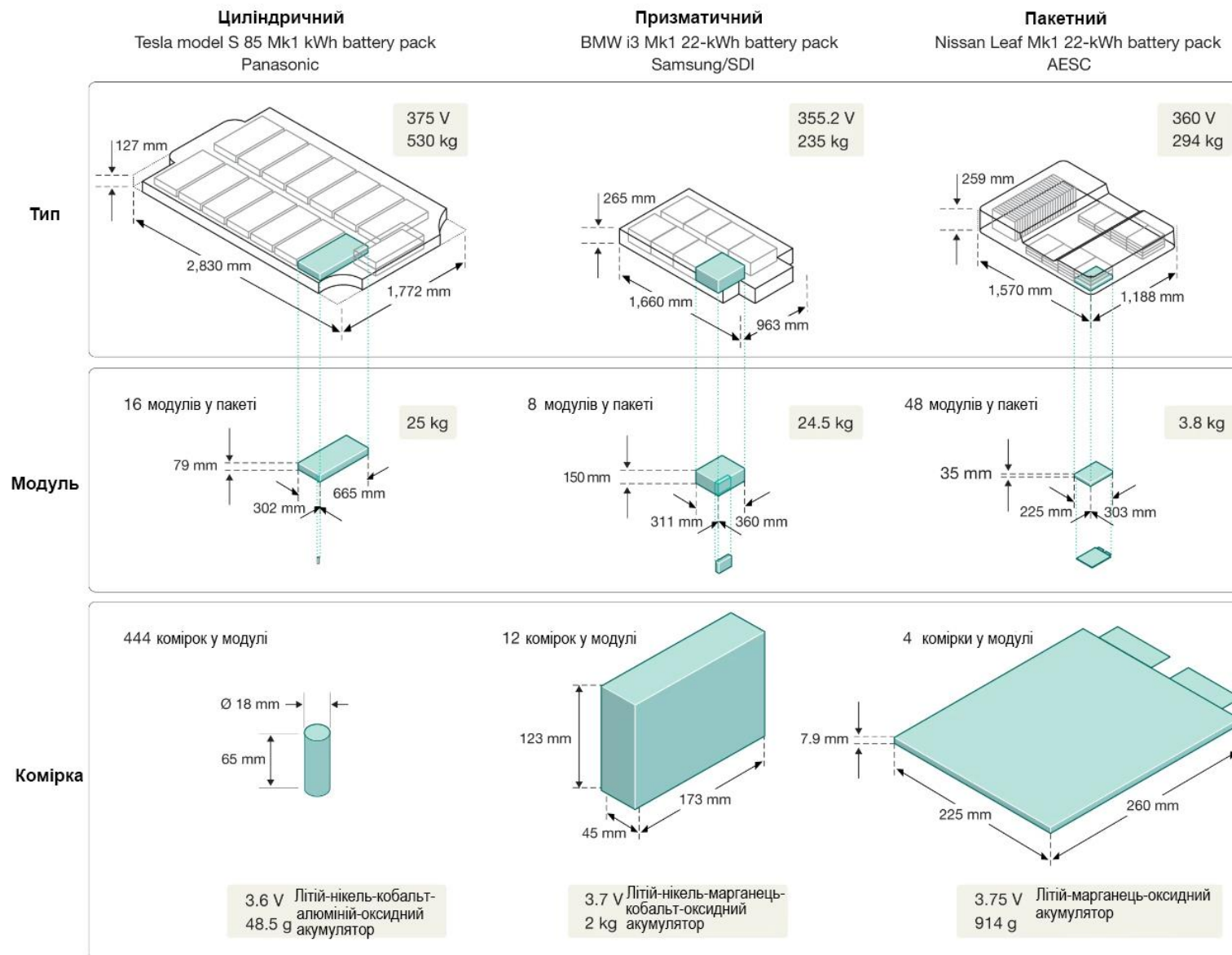


Рис. 2.1.
Конструктивні особливості деяких батарейних блоків [14].

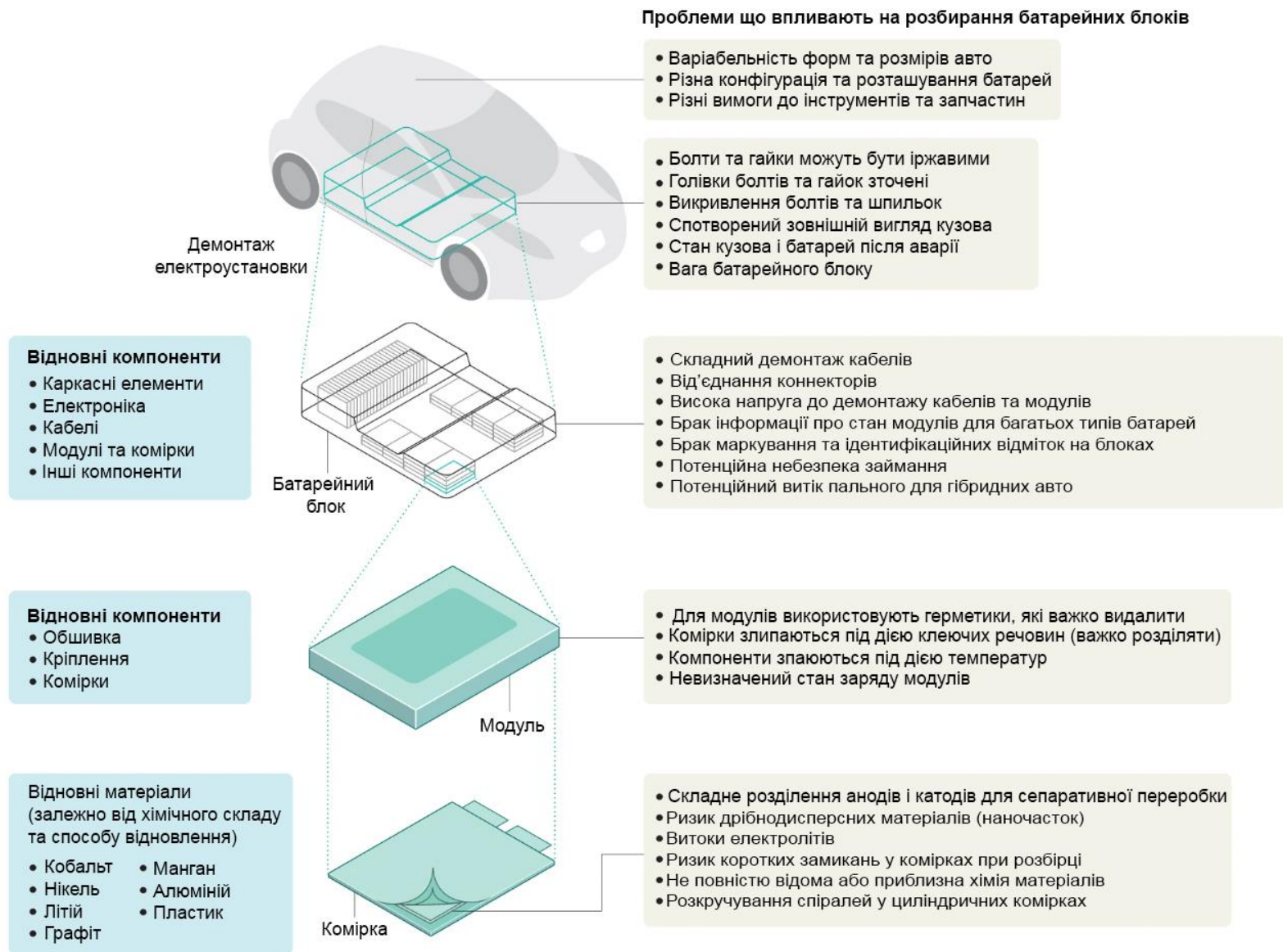


Рис. 2.2. Проблеми деконструкції батарейних блоків автомобілів.

Електромобілі вже давно довели свою користь для довкілля під час їхньої експлуатації. Однак важливо забезпечити, щоб їхній життєвий цикл також завершувався відповідально.

При деконструкції батарейних блоків електромобілів виникає ряд проблем з якими стикаються переробники (рис. 2.2.).

Вимоги Європейського законодавства.

1. **Цифровий паспорт.** Для поліпшення відстежування та контролю впливу акумуляторів електромобілів, у тому числі для автомобілів, велосипедів та самокатів, акумулятори будуть оснащені цифровим паспортом у вигляді QR-коду. Він надаватиме детальну інформацію про ємність, продуктивність і склад акумулятора.

2. **Маркування вуглецевого сліду.** Також буде впроваджено етикетку, яка вказуватиме вуглецевий слід кожного акумулятора, розрахований від моменту видобутку сировини до рециклінгу. Починаючи з 2027 року, акумулятори повинні будуть відповідати певним порогам вуглецевого сліду, щоб їх дозволили продавати в Європі.

Ці заходи спрямовані на те, щоб електромобілі мали екологічно відповідальний життєвий цикл, від виробництва до утилізації.

Екологічніші акумулятори з 2027 року. Європа встановила мінімальні рівні матеріалів, які потрібно відновлювати з відходів акумуляторів для повторного використання:

- 50% для літію до 2027 року та 80% до 2031 року;
- 90% для кобальту, міді, свинцю та нікелю до 2027 року і 95% до 2031 року.

Нові акумулятори повинні будуть містити мінімальний відсоток перероблених матеріалів. Наприклад, через 8 років після набуття чинності законодавством цей показник для літію складе 6%, а через 13 років — 12%.

Оптимізація рециклінгу. Європа також прагне посилити збір використаних акумуляторів. Це вже стосується автомобілів, але норми збору

будуть збільшені для велосипедів та самокатів (51% до 2028 року і 61% до 2031 року).

Отже, виробники електромобілів зобов'язані утилізувати акумулятори своїх транспортних засобів. Цей обов'язок був запроваджений європейською директивою в 2011 році й регулюється статтею №543-130 Екологічного кодексу.

Організації, які або уповноважені місцевими урядами, або створені професійними спільнотами на добровільній основі, займаються утилізацією акумуляторів. Деякі виробники акумуляторів навіть створили власні мережі.

Усі вони зобов'язані:

- Збирати акумулятори за власний рахунок;
- Запроваджувати їх рециклінг;
- Співпрацювати з переробниками, діяльність яких забезпечує мінімум 50% переробки;
- Зареєструватися як виробник (цей статус застосовується до компаній, які першими виводять акумулятор на ринок).

Майбутнє утилізації акумуляторів. Керування поведінням з акумуляторами, що завершили свій життєвий цикл, є надзвичайно важливим.

Якщо акумулятори не можна повторно використовувати, вони потрапляють у систему рециклінгу на спеціалізованих підприємствах.

Ось основні етапи процесу рециклінгу:

1. **Демонтаж акумулятора:** Видаляються пластикові компоненти, які передаються в спеціалізовані галузі для переробки.
2. **Розкриття акумуляторних елементів:** Використовуються дві основні техніки:
 - Просте подрібнення (гідрометалургія).
 - Карбонізація у печах (пірометалургія).
3. **Контроль за викидами:** Димоходи обладнуються фільтрами та датчиками для кількісної оцінки викидів (які залишаються значно нижчими за допустимі норми).

4. **Відновлення металів:** Після обробки отриманий порошок містить багато металів, таких як літій, мідь, олово, кобальт, алюміній тощо.

5. **Створення нових об'єктів:** Метали перетворюються на чисті злитки для виробництва різноманітних нових об'єктів.

Таким чином, рециклінг акумуляторів дозволяє відновити від 70 до 90% загальної ваги акумулятора, залежно від його типу.

Залишкові відходи, здебільшого вогнестійкі пластмаси, зберігаються в бочках на спеціалізованих полігонах.

З розвитком технологій рециклінгу та екодизайну очікується, що невдовзі можна буде відновлювати майже 100% матеріалів.

Важливі моменти, про які слід пам'ятати

Літієві батареї, які використовуються в електромобілях, відіграють ключову роль у зниженні викидів забруднюючих речовин. Вони потребують ефективної переробки наприкінці своєї експлуатації, щоб мінімізувати їхній вплив.

Термін їх експлуатації коливається від 8 до 10 років.

Вони складаються з дорогоцінних металів, але їх важко видобути, тому вимагають ретельної переробки.

Їх кінець життя не є синонімом непотрібності; їх можна відновити або переробити (повторне використання становить кращу альтернативу перед остаточною переробкою).

Виробники зобов'язані переробляти акумулятори від своїх транспортних засобів відповідно до європейських норм.

Європейське законодавство активно заохочує переробку літієвих батарей і встановлює цілі відновлення (принципи циркулярної економіки).

Процес переробки спрямований на відновлення від 70% до 90% від загальної ваги батареї, із перспективою для повного відновлення матеріалу в майбутньому [15].

На основі проведеного аналізу шляхів утилізації літій-іонних батарей електромобілів нами розроблено принципову схему комплексної переробки та рециклінгу батарейних блоків (рис. 2.3.)

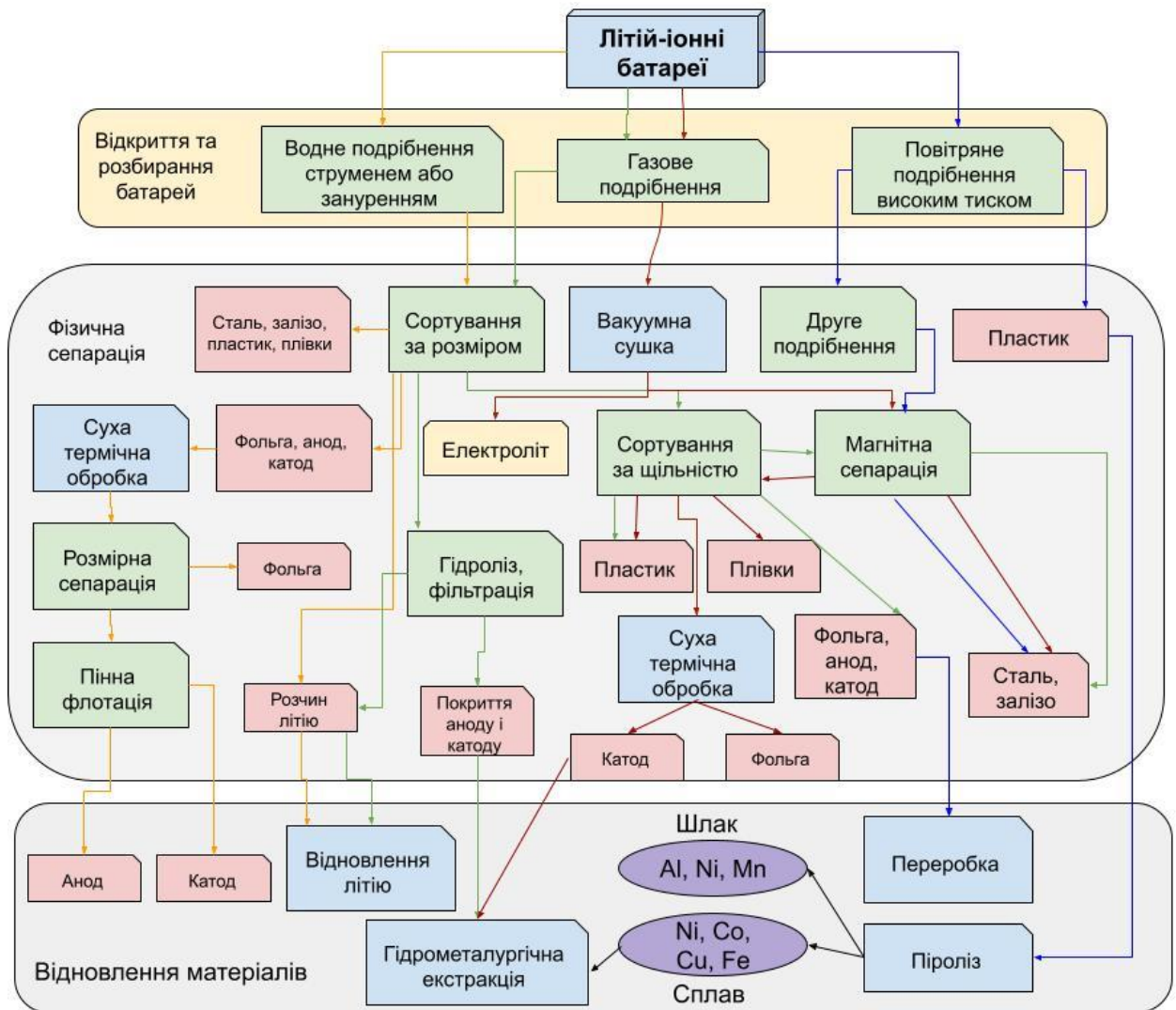


Рис. 2.3. Схема комплексної переробки та рециклінгу батарейних блоків електромобілів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СХЕМИ ПЕРЕРОБКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЩО ДОСЯГЛА КІНЦЕВОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1. Сучасні рішення та принципи переробки автомобілів.

Швидке зростання кількості традиційних транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння збільшило попит на викопне паливо та посилили їх екологічний вплив [16, 17]. Керуючись урядовими заохоченнями та бажанням клієнтів щодо більшої економії палива чистіші види транспорту, дедалі більша кількість транспортних засобів на альтернативному паливі впроваджується в світовий автомобільний транспортний ринок, починаючи від природного газу, паливних елементів і гібридних електричних транспортних засобів до повністю електричних транспортних засобів (рис. 1) [18]. Транспортні засоби з використанням такого альтернативного палива вважаються життєво важливою частиною майбутньої сталої транспортної політики; таким чином, передбачається, що виробництво цих транспортних засобів чекає подальше збільшення. Проте як обсяг, так і вміст відходів, які утворюються в автомобільній сфері є одним із найважливіших джерел продуктів кінцевого терміну експлуатації (КТЕ) [19]. Загальна кількість авто з завершеним терміном експлуатації (АЗТЕ) у ЄС становила 9 мільйонів у 2009 році та у Великобританії 2 млн у 2014 р. [20, 21]. Прогнозується, що утворення АЗТЕ відходів у 2025 році становитиме 29,5 млн. тон [22, 23].

Зазначається, що однією з ключових відмінностей у конструкції електромобілів є значно більша кількість компонентів електричних та електронних компонентів (ЕЕ), які включають управління практично всіма функціональними можливостями транспортних засобів [24]. Отже, ця тенденція призведе до збільшення виробництва друкованих плат і утворення відходів з них, які необхідно переробити та відновити. Крім того, зростає

асортимент необхідних матеріалів які є складовими цих електронних пристроїв, тобто дорогоцінні метали і рідкоземельні елементи.

У середньому з усіх транспортних засобів, що працюють на традиційному та альтернативному паливі, у сучасний стандартний автомобіль середнього розміру вбудовано 15 компонентів ЕЕ але це число може зрости до 48 в розкішному автомобілі, включаючи мікрокомп'ютери та електронний блок керування (ECU) [25-27]. Вони призначені зчитувати та обробляти сигнали від різних датчиків, щоб контролювати роботу підсистем, таких як двигун, подушки безпеки та системи кондиціонування повітря [28]. Також оцінюється, що вартість автомобільних електронних компонентів може становити від 30% до 50% вартість деяких транспортних засобів [27]. Автомобільні електронні компоненти можна розглядати як особливий тип електронних відходів, більшість з яких здійснює вплив на навколишнє середовище спричинений переробкою друкованих плат. Вони складаються зі складних матеріалів, включаючи важкі метали – свинець, хром, кадмій; токсичні речовини – бромовані антипірени; і цінні матеріали – золото, срібло та паладій [29].

Поточної обробки для автомобільних блоків керування не існує, і вони просто залишаються в межах загальних відходів, які відправляються на подрібнення та відновлення матеріалу. Однак цей невідповідний метод переробки призводить до серйозного впливу на навколишнє середовище внаслідок утилізації небезпечних матеріалів і погані економічні показники через втрату цінних матеріалів, які знаходяться в невеликих кількостях, тобто дорогоцінних металів і рідкоземельних елементів.

Ці докази підкреслюють важливість відновлення цих автомобільних електронних компонентів як з точки зору закладеної вартості, так екологічних аспектів.

З огляду на національні і міжнародні законодавчі вимоги, глобальна індустрія переробки авто була створена в різних країнах. Системи прямого управління розроблені в країнах Європи, Китаї, Японії та Кореї. Директива ЄС

2000/53/ЕС щодо АЗТЕ була введена з конкретними цільовими показниками переробки та відновлення. Держави-члени ЄС, наприклад Данія, Нідерланди, Бельгія, Фінляндія по-різному встановили детальні правила дотримання цієї Директиви [30]. У Китаї правила переробки АЗТЕ прийняті в 2001 році з впровадженням системи збору відходів [30]. У Японія у 2005 році був прийнятий Закон про утилізацію АЗТЕ, що сприяло зменшенню залишків від автомобільних шредерів [31]. Крім того, акцію «Відновлення ресурсів електричного та електронного обладнання транспортних засобів» було впроваджено в Кореї в 2008 році [32]. Крім того, керуючись ринковим механізмом, у США створено непряму систему управління для АЗТЕ.

Поточна діяльність з переробки транспортних засобів переважно базується на автоматизованих процесах фрагментації та розділення, які призначені для відновлення основного металевого вмісту (наприклад, сталь, алюміній і мідь), які часто становлять значну частку ваги (>70%) традиційних транспортних засобів [33]. У сучасних транспортних засобах використовується багато передових і легких матеріалів для покращення економії палива та підтримки безпеки і продуктивності, наприклад, високоміцна сталь, алюмінієві сплави, вуглецеве волокно та полімерні композити [34].

У цьому контексті ряд дослідників досліджували низку автоматизованих підходів до розбирання та вдосконалення отримання цінних матеріалів перед остаточною переробкою та процесами очищення автомобілів. Michalos та ін. [35, 36] обговорювали застосування та переваги роботизованих технологій у складанні автомобілів. Duflo та ін. [37] розглянули різні практики розбирання та виділили важливість методів автоматизації, а також систем інструментів і кріплення для досягнення гнучкості та надійності розбирання. У зв'язку з цим низка дослідницьких проєктів пропонує використання роботизованих систем для розбирання електроніки продуктів. Knoth та ін. [38] розробили інтелектуальний роботизований процес розбирання, який використовував систему зору для ідентифікації компонентів для вилучення, і

був здатний видаляти компоненти на основі ряду простих роботизованих процесів. Basdere та Seliger [39] досліджували використання роботів на гнучкій лінії розбирання та відновлення великих і малих електричних споживчих товарів. Vongbunyong та ін. [40] також запропонували концепцію «когнітивної роботизованої системи» для розбирання рідкокристалічних екранів, використовуючи системи бачення, а також висвітлили додаткові виклики гнучкості та конфігурації для роботи з дизайном кількох продуктів. Інтелектуальний монітор демонтажу та система візка була розроблена у Кореї для полегшення дистанційного моніторингу стану демонтажу в кожній робочій станції в режимі реального часу [32]. Wegener та ін. [41] зосередилися на розбиранні акумуляторів у гібридних автомобілях і запропонували як свою майбутню роботу, розслідування використання роботів у цій програмі. Wegener та ін. [42] також представили концепцію гібридного робота-людини для робочої станції з розбирання для розбирання батареї електромобілів, на яких робот виконує прості та повторювані завдання за допомогою наданих інформаційних відомостей про місцезнаходження. Pintzos та ін., [43] запропонували підхід для створення відповідної інформації про розбирання на основі проектних файлів для планування лінії розбирання. Radaschin та ін., [44] представили концепцію керування продуктом для роботи з об'єктом розбирання.

3.2. Автоматизація розбирання автомобілів.

Автоматизований підхід до розбирання АЗТЕ базується на використанні роботизованої техніки та складається з трьох конкретних кроків, а саме ручне розбирання для оцінки та розвитку всебічного розуміння дизайну продукту, початкової роботизації розбирання для виявлення та перевірки можливостей процесу роботизації, а також оптимізація та перевірка для покращення повторюваності та загальної ефективності роботизованого процесу розбирання (рис. 3.1).

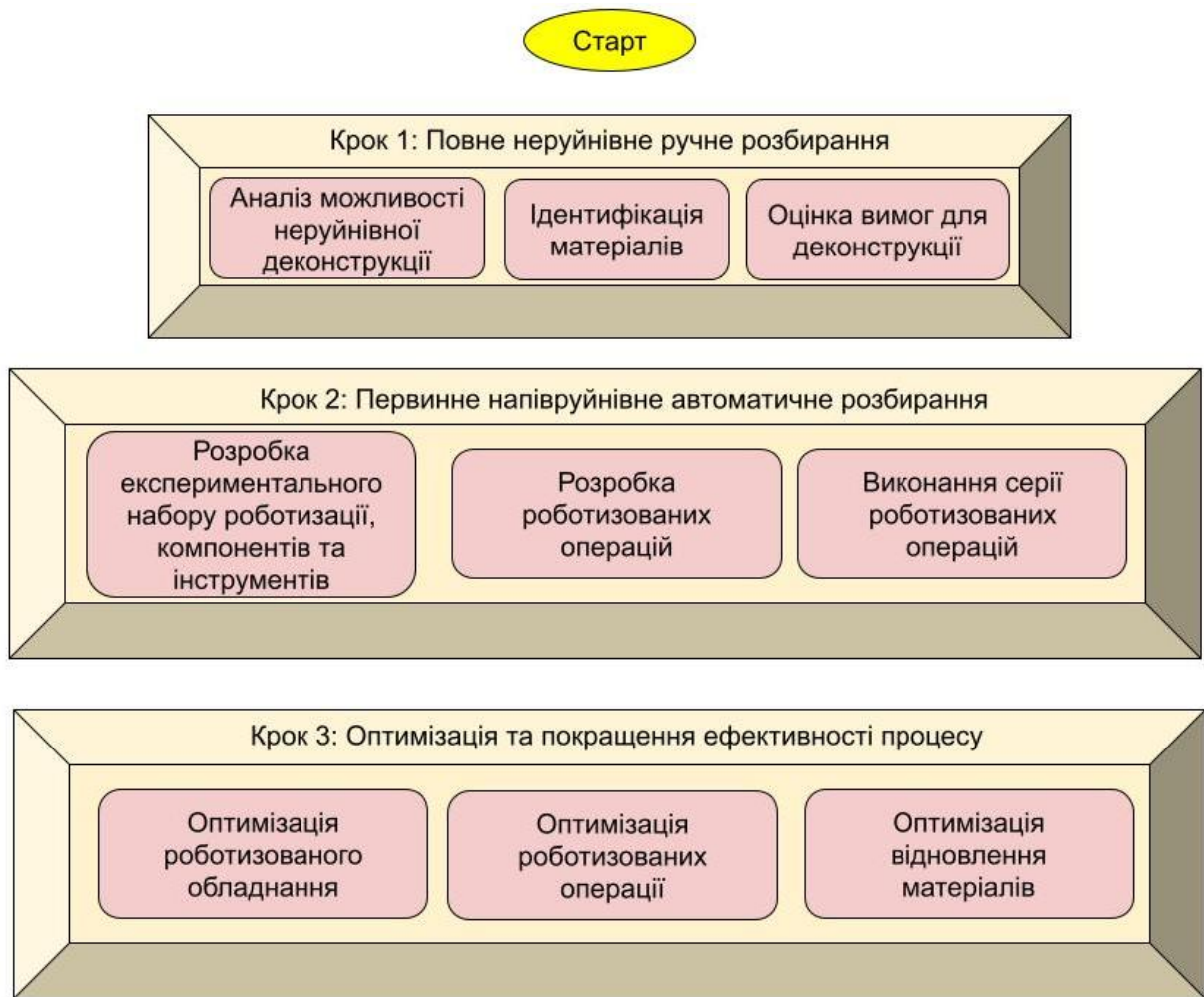


Рис. 3.1. Три кроки автоматизації процесу розбирання автомобілів.

Крок 1: Повне розбирання вручну неруйнівним методом.

Перш ніж пропонувати та впроваджувати будь-які стратегії відновлення для автомобільної електроніки, слід зробити крок для характеристики компонентів та їх матеріального складу. Процес визначення характеристик передбачає визначення частин, які містяться в ЕЕ компонентах і оцінку вартості компонента шляхом хімічного аналізу зразка з них. Це дозволяє досягнути склад матеріалів компонентів для подальшої класифікації вартості. Наявність або відсутність цінних матеріалів тісно пов'язана з потенційним прибутком від відновлення матеріалів.

Крім того, у розділі огляду було зазначено, що інформацію для полегшення розробки стратегій розбирання важко оцінити в літературі (відсутність існуючої інформації про автомобільні електронні компоненти).

Тому один із можливих способів охарактеризувати автомобільні електронні компоненти є проведення спеціальних лабораторних експериментів. Це пояснює рішення провести неруйнівний ручний повний демонтаж на першому етапі автоматизованого демонтажу за використання у майбутньому роботизованого підходу. Це дає уявлення про потенційно досяжну прибутковість, характеризуючи цільову електроніку та її компоненти. На даному етапі необхідно визначити характеристики компонентів електромобілів, відповідаючи на запитання в контексті результатів розбирання, такі як:

- Скільки часу потрібно для досягнення повного неруйнівного розбирання?
- Який стан та статус компонентів, конструктивні характеристики та склад матеріалів?
- Де знаходяться цільові частини/матеріали?
- Яка кількість цільової частини/матеріалу?
- Які інструменти використовуються в процесі ручного розбирання?
- Чи економічно продовжувати розбирати підвузол для підвищення чистоти матеріалу?

Для систематичного впровадження підходу до розбирання необхідно оцінити придатність компонентів до переробки та прибутковість. З цією метою автомобільні компоненти будуть класифіковані за певними категоріями на основі їх перестановки, створення та вартості. Критерії класифікації були визначені з розробкою матриці (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Критерії класифікації автомобільних компонентів

Конструкція
1. Комплексність розбирання
1.1. Кількість матеріалів що містяться у компоненті (вузлі)
1.2. Метод з'єднання компонентів
1.3. Час розбирання

Вартість		
2. Концентрація цільових матеріалів		
2.1. Концентрація цінних матеріалів (вага)		
2.2. Відсотковий вміст цінних матеріалів (дохід)		
Класифікаційна матриця		
Простий, низька	Середній, низька	Комплексний, низька
Простий, середня	Середній, середня	Комплексний, середня
Простий, висока	Середній, висока	Комплексний, висока

Крок 2: Початкове напівруйнівне автоматизоване роботизоване розбирання.

Враховуючи особливості автомобільних компонентів (структуру компонентів і склад матеріалів), наступним кроком є автоматизований роботизований процес розбирання.

Процес збирання авто у виробництві базується на даному типі продукту протягом певного періоду часу з детальними вимогами та інструкціями. Процес розбирання є складним, оскільки він включає низку різних продуктів у системі, і на процес розбирання впливає різноманітність цільових компонентів, що створює велику невизначеність щодо конфігурації системи розбирання. Початковий напівруйнівний робототехнічний процес розбирання буде розроблений з використанням гнучкого роботизованого маніпулятора, в якого існує великий потенціал для адаптивності та гнучкості, необхідних для забезпечення сумісності до різних компонентів.

Промисловий робот із шістьма ступенями свободи є основою роботизованого маніпулятора для виконання розбирання зі стандартною модульною конструкцією та серією спеціально розроблених інструментів. Спеціально розроблені інструменти здатні виконувати ряд операцій, включаючи свердління, різання та захоплення за допомогою пневматичної системи. Робот комплектується стандартним модульним робочим столом, призначення якого – розміщення компонентів з посиленнями на високу

повторюваність. Однак кріплення компонентів не може здійснюватися автоматично на основі поточних налаштувань (рис. 3.2.).

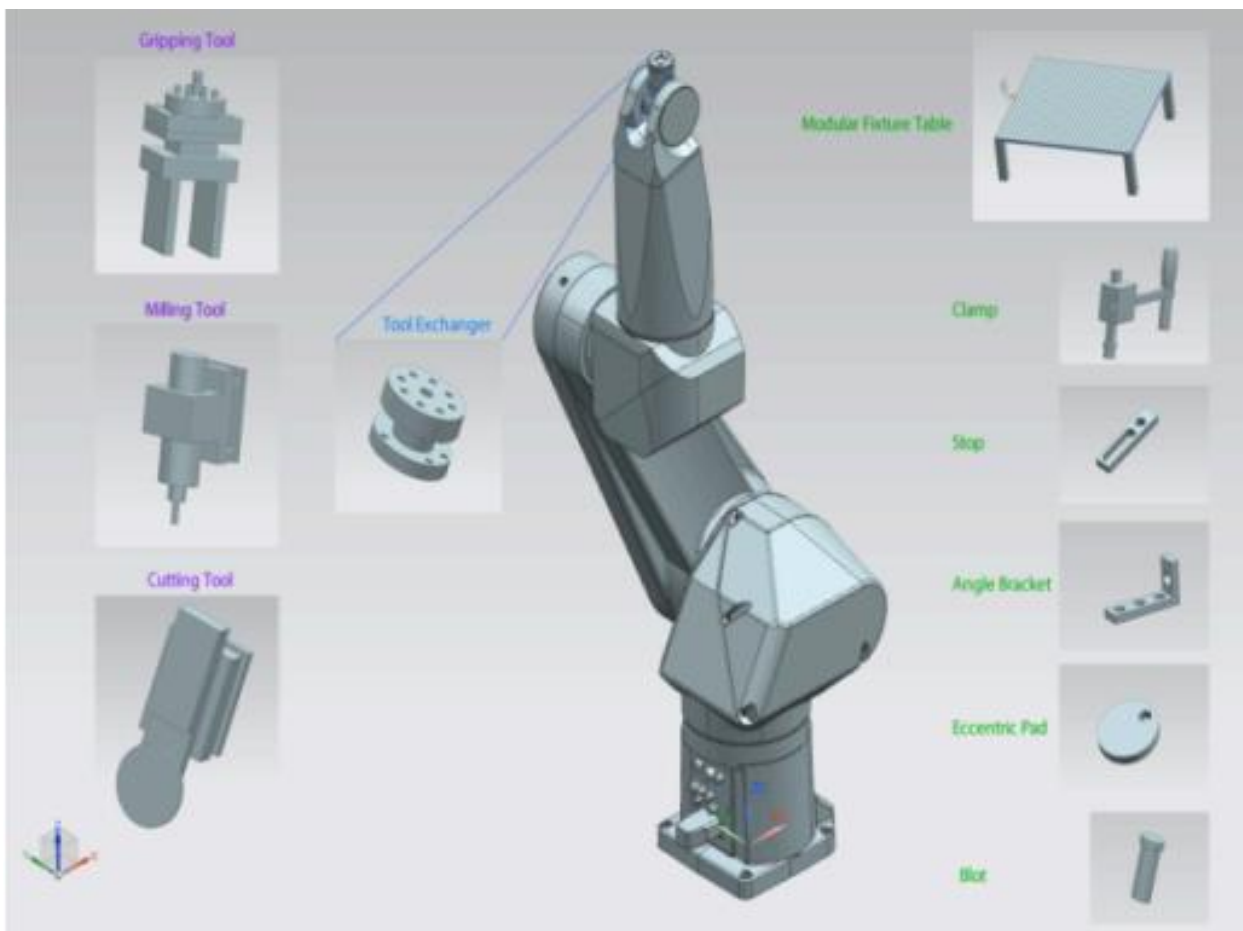


Рис. 3.2. Огляд роботизованого маніпулятора.

Крок 3: Перевірка та оптимізація.

Цей крок має на меті максимізувати відновлення вартості шляхом підвищення ефективності та повторюваності операції роботизованого розбирання. Що стосується заміни та фіксації інструментів робота, необхідна кількість змін позицій компонента та час на повторне кріплення компонента слід звести до мінімуму. Крім того, оптимальна стратегія розбирання генерується на основі вибору найбільш підходящого інструменту щоб збалансувати «компроміс» між рівнем складності розбирання та відновленням вартості, слід враховувати швидкість відновлення матеріалу.

Оптимізація робототехнічної установки

Цей крок має на меті мінімізувати час налаштування деталей і заміни інструментів. Бажано, щоб автоматичні операції та заміни проводилися в

одному напрямку без зміни кріплення компонента. Крім того, також корисно оптимізувати послідовність використання інструменту та мінімізувати кількість замін.

Оптимізація робототехнічних операцій.

Перша мета зосереджена на оптимізації робочих параметрів, включаючи тестування та валідацію двох основних: загальний час розбирання та надійний і повторюваний показник ефективності. Розробка стратегії оптимального розбирання для різних компонентів автомобілів також вимагають розгляду як з економічної, так і з технологічної точки зору.

Оптимізація вилучення матеріалів

Відновлення цінних матеріалів має, загалом, хороший економічний сенс. Зазначається, що стратегія розбирання повинна бути заснована на економічній обґрунтованості процесу розбирання та швидкості відновлення матеріалів, які змінюються залежно від технологічних можливостей відновити конкретні матеріали. Виявлено, що економічна цінність процесу розбирання пов'язана з низкою змінних, таких як складність самого компонента, складність кріплення, кількість необхідних змін налаштування, кількість операцій або загальний час для завершення розбирання компонента. Після вибору відповідного фактору показник швидкості відновлення матеріалу можна визначити кількісно, як показано в формулі 1.

$$\Sigma \text{КВМ} = \frac{\Sigma \text{М}}{\text{Т}} \quad (1), \text{ де}$$

КВМ – коефіцієнт видалення матеріалу, кг/с;

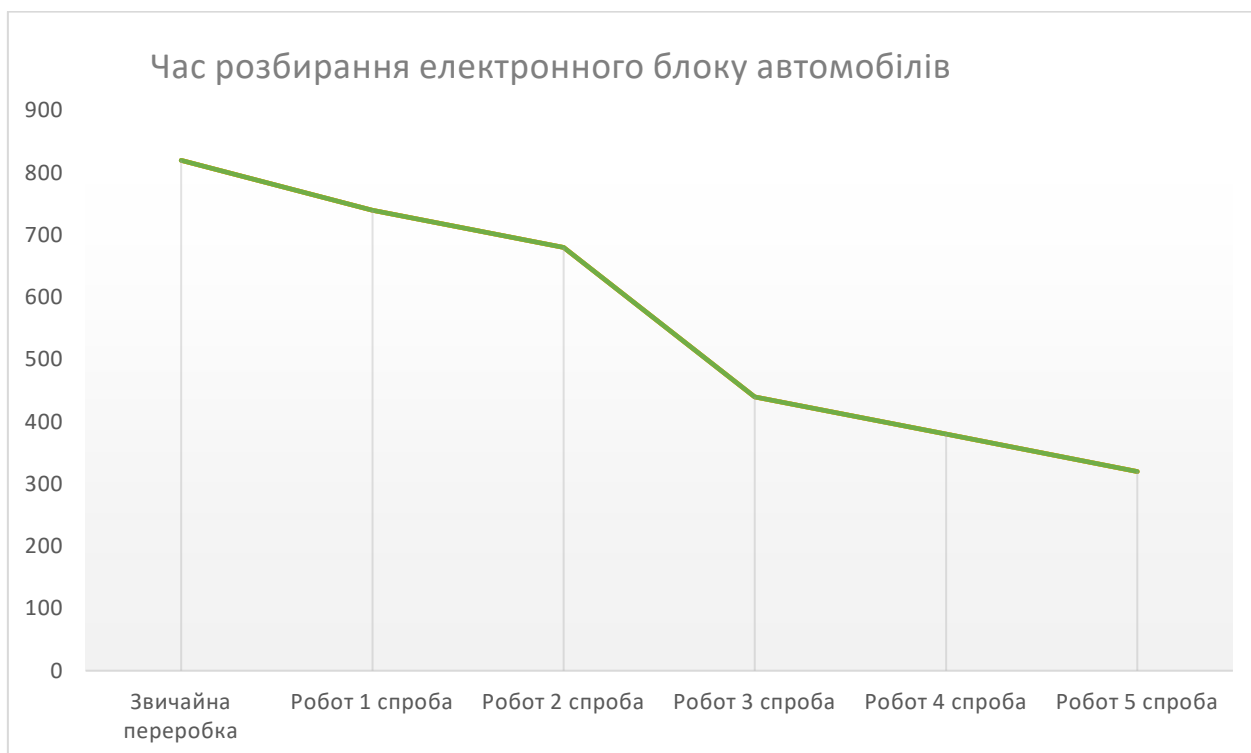
М – маса певного матеріалу, кг;

Т – час, с.

Додатковим міркуванням щодо здійсненності відновлення матеріалу є досяжний рівень виходу матеріалу. Зазначається, що норма ефективності для конкретних матеріалів залежить від технологій переробки та відновлення, наприклад, швидкість відновлення для металевих матеріалів, таких як сталь і

алюміній, є вищою, ніж швидкість відновлення пластику та/або композитних матеріалів.

На основі проведених досліджень нами проаналізовано скорочення витрат часу на розбирання компонентів автомобіля при застосуванні та оптимізації роботизованого процесу (рис. 3.3). З наведеної діаграми видно, що час розбирання електричного блоку можливо скоротити більш ніж у два рази при виконанні оптимізаційних заходів у випадку використання робота-маніпулятора.



3.3. Розробка комплексної системи утилізації автомобілів.

Як зазначено вище, екологічні показники автомобіля, включаючи ступінь рециклінгу, значною мірою визначають його конкурентоспроможність. Прийняття спеціального технічного регламенту щодо утилізації автомобілів сприятиме забезпеченню відповідності автомобілів, вимогам міжнародних стандартів і Директиви 2000/53/ЄС.

На рис. 3.3. на прикладі середньостатистичного легкового автомобіля представлена частка вмісту різних матеріалів і технічних рідин у масі автомобіля.

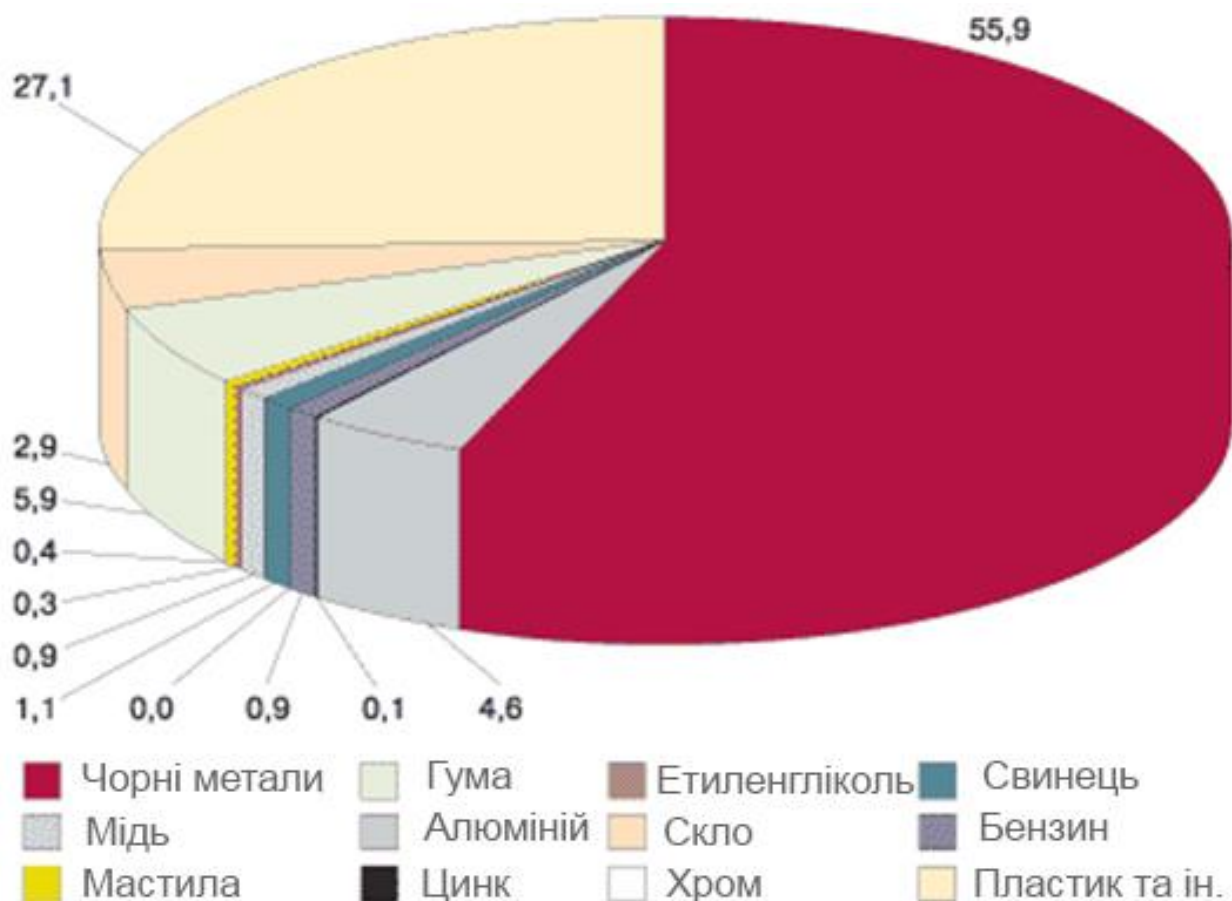


Рис. 3.3. Відносний вміст за масою різних матеріалів і рідин у складі середньостатистичного легкового автомобіля.

Як показує досвід провідних країн світу, щороку з експлуатації виходить від 6 до 10% парку автомобілів. Наприклад, у Європі ця цифра складає близько 12 млн.

В провідних країнах світу збором та утилізацією автомобілів, що відслужили свій строк, займається спеціалізована галузь виробництва. Утилізація автомобілів включає повторне використання деталей і вузлів, переробку та повернення у виробництво матеріалів, а також вироблення

енергії. Важливим аспектом є наявність законодавчо-нормативної бази, яка регламентує різні аспекти утилізації автомобілів.

Основні етапи утилізації автомобіля:

1. Повторне використання деталей і вузлів.
2. Переробка і повернення матеріалів у виробництво.
3. Вироблення енергії шляхом спалювання частини відходів.

Процеси за першими двома позиціями визначають ступінь рециклінгу, а за всіма трьома – ступінь утилізації автомобіля (за його масою).

1. На даний момент в Україні немає нормативних документів, що регламентують комплексний підхід до процесів утилізації автомобілів.

2. Основоположними документами в цій області є стандарти ISO серії 14000. Зокрема, стандарти ISO 14040 - ISO 14043 передбачають оцінку екологічних показників автомобілів по повному життєвому циклу, висувають вимоги щодо зменшення споживання природних ресурсів і енергії, а також шкідливого впливу на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу автомобіля.

3. На розвиток цих стандартів розроблена Директива 2000/53/ЕС «Транспортні засоби, що вийшли з експлуатації». Мета прийняття цієї директиви – встановлення заходів щодо запобігання утворенню відходів, пов'язаних з виведенням з експлуатації транспортних засобів, а також їх утилізації і рециклінгу матеріалів. У Директиві 2000/53/ЕС визначені досить жорсткі вимоги до ступеня утилізації автомобілів: не пізніше 2006 року повинні бути забезпечені ступені утилізації як мінімум на 85% і рециклінгу – на 80% від їх маси. Не пізніше 2015 року ці цифри повинні були становити відповідно 95% і 85%.

Для автомобілів, випущених до 1 січня 1980 року, ступінь їх утилізації та рециклінгу має становити відповідно 75% і 70%.

На основі положень Директиви 2000/53/ЕС країни-члени ЄС розробляють національні нормативно-законодавчі акти. Невиконання вимог

цієї директиви закриває для виробників транспортних засобів вихід на європейський ринок.

Основні технічні та екологічні вимоги до конструкції автомобіля та системи його утилізації можна отримати на основі аналізу схеми, що показує взаємозв'язок стадії утилізації автомобіля з іншими стадіями його життєвого циклу (рис. 3.4.).

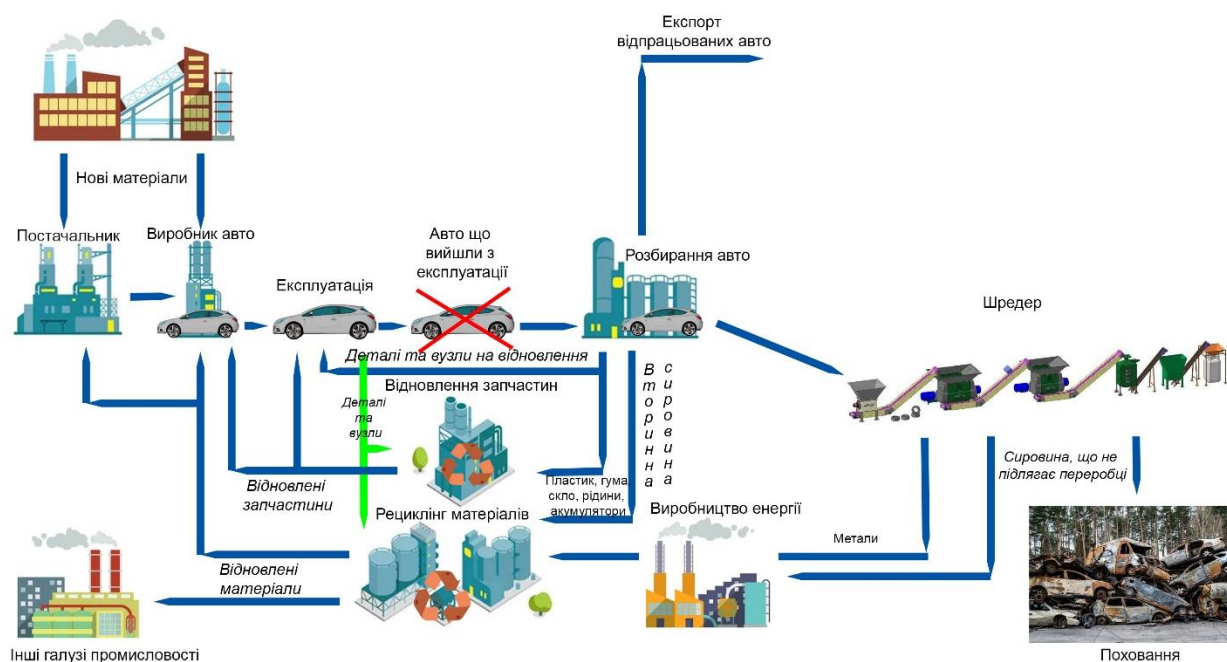


Рис. 3.4. Взаємозв'язок стадії утилізації автомобіля з іншими стадіями його життєвого циклу.

Як показано на рисунку 3.4, автозавод виробляє автомобіль, отримуючи від постачальників автокомпоненти та матеріали у вигляді первинної та вторинної сировини. На стадії експлуатації автомобіль ремонтують, використовуючи нові та вторинно використані запчастини (після відновлення та без нього). Автомобіль, що вийшов з експлуатації, потрапляє на підприємство з розборки, де спочатку зливають усі технічні рідини, а потім знімають усе, що можна зняти – шини, акумуляторні батареї, паливні баки, нейтралізатори, сидіння, бампери, скло тощо. Частину автокомпонентів після відбраковування направляють на відновлення, а частину – на переробку та

рециклінг матеріалів. Відновлені автокомпоненти після ретельного контролю якості надходять на автозаводи, в сервіс, магазини, тобто для повторного використання.

Розукомплектований автомобіль, тобто практично голий кузов, для зручності транспортування на шредер пресують (наприклад, у Північній Америці всього 220 потужних шредерів). На шредері його подрібнюють на шматки розміром 25-50 мм для більш ефективного розділення чорних і кольорових металів, а потім їх сортують. В результаті такої обробки отримують вторинну сировину – чорні та кольорові метали, які відправляють на переробні металургійні заводи. Крім того, частина матеріалу йде в відходи, які не підлягають рециклінгу, та можуть містити тканини, пластики, полімери, скло, набивку, вінілове покриття, бруд, дерево і навіть гравій. Їх можна захоронювати або частково спалювати – з виробленням енергії або без нього.

У зв'язку зі світовою тенденцією зниження загальної маси середнього автомобіля та збільшення використання пластмас і полімерів співвідношення між масою металів і нерезикльованих відходів постійно знижується, тобто все менше металу рециркулюється, і все більше нерезикльованих відходів залишається.

Проблема утилізації автомобілів має багато аспектів: технічний, технологічний, правовий, економічний, організаційний, екологічний, соціальний та інші. Спеціальний технічний регламент має охоплювати питання, пов'язані насамперед з технічними та екологічними аспектами. Необхідно оптимізувати конструкцію автомобіля для забезпечення більш ефективної утилізації та рециркулювання матеріалів. Водночас ефективне рециркулювання матеріалів неможливе без створення системи збирання та утилізації транспортних засобів, що вийшли з експлуатації.

Для вирішення зазначених завдань в Україні необхідно розробити спеціальний технічний регламент на утилізацію автомобілів, який має містити всі технічні вимоги, необхідні для забезпечення утилізації автомобілів відповідно до міжнародних стандартів і Директиви 2000/53/ЄС. У регламенті

мають бути визначені завдання, які потрібно вирішити під час проектування автомобіля, придатного для швидкого розбирання, сортування деталей і матеріалів, а також ефективної переробки. Слід враховувати, що утилізація автомобілів не може бути економічно вигідною без внесення значних змін як у конструкцію самого автомобіля, так і в методи його проектування.

Особливої уваги потребує екологічний аспект, що включає питання:

- енерго- та ресурсозбереження;
- покращення екологічної ситуації завдяки зменшенню кількості відходів що захоронюють, та їхньої токсичності;
- оцінки екологічної безпеки технологічних процесів, що входять до загального процесу утилізації.

Поряд із безпекою, токсичністю викидів, паливною економічністю, витратами сировини та енергії, рециклінг має стати предметом підвищеної уваги конструктора.

Крім того, в технічному регламенті повинна бути визначена його область дії, тобто на які класи автомобілів він поширюється. Необхідно визначити вимоги щодо імпортованих автомобілів: встановити мінімальний ступінь рециклінгу автомобілів залежно від року їх випуску та представити метод оцінки ступеня рециклінгу автомобіля, тобто частки маси автомобіля, яка піддається рециклінгу, а також іде на виробництво енергії.

За кордоном оцінка ступеня утилізації та рециклінгу здійснюється виробником під час випуску нового автомобіля на ринок. Аналогом такої оцінки може слугувати алгоритм розрахунку придатності до рециклінгу, розроблений компанією BMW у 1992 році, а також проект стандарту ISO/DIS 22628, на основі якого у ГНЦ РФ ФГУП НАМІ розроблено проект національного стандарту "Утилізація автотранспортних засобів. Метод розрахунку ступеня рециклінгу автомобілів".

Терміни введення норм на мінімальний ступінь рециклінгу автомобілів повинні встановлюватися постановою Верховної ради України.

Регламент має містити вимоги щодо обмеження застосування в конструкції автомобіля екологічно небезпечних матеріалів, не рекомендованих або заборонених для використання. Наприклад, відповідно до Директиви 2000/53/ЄС, з 01.06.2003 у матеріалах і компонентах транспортних засобів, що надходять на ринок, не має бути кадмію, а вміст свинцю, ртуті і шестивалентного хрому допускається в кількостях, обмежених цією директивою.

Аналіз зарубіжних нормативних документів з цього питання ілюструє застосування класифікації речовинної бази автомобільних виробництв та компонентів, прикладами яких можуть бути так звані чорні, сірі і білі списки матеріалів компанії Volvo, а також червоний список компанії BMW з проблемних речовин, які, за можливості, не повинні застосовуватися в конструкції автомобіля. Ці компанії є лідерами у виробництві автомобільної техніки, що забезпечує ефективну та безпечну утилізацію відповідно до вимог Директиви 2000/53/ЄС.

Завдання з організації швидкого розбирання автомобіля, сортування та використання матеріалів, сумісних з точки зору їх рециклінгу, можуть бути вирішені лише за умови швидкої та простої ідентифікації цих матеріалів, що здійснюється за допомогою стандартизованого маркування виробів. Передові автомобільні компанії сьогодні ведуть боротьбу за досягнення ступеня рециклінгу вже не 80%, як заплановано Директивою 2000/53/ЄС на 2006 рік, а більш високого, що вимагає врахування деталей, аж до найменших і найлегших.

Наразі діють стандарти ISO на маркування деталей з гуми та пластмас. За допомогою системи маркування можуть прийматися рішення щодо сортування матеріалів, їх переробки або захоронення неутилізованих матеріалів.

Відповідно до зазначеної директиви держави-члени ЄС зобов'язані вжити необхідних заходів для того, щоб виробники транспортних засобів спільно з виробниками матеріалів і обладнання використовували стандарти

кодового позначення вузлів і матеріалів і, зокрема, ідентифікували ті деталі і матеріали, які придатні для відновлення і утилізації.

Повинні бути визначені переліки рецикльованих матеріалів для виробництва автокомпонентів. Необхідно заохочувати використання рецикльованих матеріалів для виготовлення автомобілів, про що зазначається в Директиві 2000/53/ЄС. Проте, при цьому не повинні погіршуватися характеристики автокомпонентів.

Важливим питанням є можливість визначення того, з яких матеріалів (рецикльованих чи нерезицикльованих) виготовлені ті чи інші автокомпоненти. Наприклад, Daimler Chrysler використовує електронну версію Системи збору даних та звітності за нормованими речовинами та рециклінгом для постачальників.

Регламент має містити вимоги про надання інформації щодо утилізації автомобіля на запит будь-якого сертифікованого підприємства, яке переробляє автомобілі, що відслужили свій термін. Виробники автомобілів (або їхні офіційні представники) зобов'язані безкоштовно надавати інформацію щодо демонтажу всіх типів автомобілів, що випускаються (імпортуються) цим виробником. Інформація про демонтаж має містити детальні інструкції щодо зливу рідин із автомобіля, демонтажу компонентів, повну інформацію про всі матеріали, які використовуються в цих компонентах.

Найближчим часом необхідно розробити проект методичних матеріалів зі створення керівництв з утилізації транспортних засобів. Вимоги до транспортних засобів для ефективної утилізації мають бути узгоджені з вимогами до підприємств, що здійснюють збирання, попереднє розбирання, сортування вузлів, деталей та розділення конструкційних матеріалів. Процес переробки транспортних засобів, що вийшли з експлуатації, має бути єдиним для всіх транспортних засобів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Регламент повинен встановлювати основні вимоги до підприємств, що здійснюють зберігання, розбирання та інші операції з автомобілями, що відслужили свій термін, включаючи сортування деталей, що направляються на

відновлення для повторного використання, на рециклінг, захоронення. Крім того, визначено порядок утилізації автомобілів, який включає процеси: приймання автомобілів; злив рідин; розбирання; сортування деталей і матеріалів; відбраковування вузлів і деталей, непридатних для повторного використання; вторинна переробка або рециклінг матеріалів; захоронення залишків, непридатних для повторного використання, рециклінгу або спалювання з отриманням енергії.

Для відбраковування деталей та вузлів, непридатних для повторного використання, необхідно розробити відповідні методичні вказівки. Повинні бути встановлені основні вимоги до забезпечення екологічної безпеки під час утилізації автомобілів.

Автомобілі, призначені для утилізації, повинні зберігатися на спеціально відведених майданчиках, які мають надійне зовнішнє огороження, що перешкоджає проникненню шкідливих речовин у воду та ґрунт.

Розбирання автомобілів та інші операції з утилізації повинні здійснюватися в зонах, що мають: сховища для акумуляторних батарей, фільтрів, ртутьвмісних компонентів та інших знятих частин, що потребують спеціальних умов зберігання; ємності для роздільного зберігання злитих з автомобіля рідин; засоби для усунення пролиття, обробки стічних вод і дощової води тощо; сховища для використаних шин із системами попередження займання при великих обсягах зберігання.

Усі правові та економічні питання, пов'язані зі зняттям автомобілів з реєстрації, порядком і сумою оплати за переробку автомобілів, що вийшли з експлуатації, повинні бути визначені законодавчими актами України.

ВИСНОВКИ

1. Сучасна нормативна база України не відповідає світовим та європейським міжнародним стандартам, та потребує розробки чітких методичних регламентів щодо поводження з автомобільною технікою, у якої завершився термін експлуатації.
2. Одним з найефективніших заходів щодо зменшення екологічного впливу від старих автомобілів є економічне стимулювання оновлення автопарку за рахунок впровадження спеціальних фінансових програм за принципом Trade-in на державному рівні.
3. Зростання кількості електромобілів та, відповідно, відпрацьованих акумуляторних блоків викликає необхідність їх комплексної переробки та максимальної утилізації або вторинного використання компонентів і складових. За європейськими стандартами цей показник до 2030 року має становити 90-100 %.
4. Сучасні рішення та принципи переробки автомобілів базуються на поступовій деконструкції та максимальній комплексній утилізації компонентів у наступному порядку: цілі вузли, окремі деталі, технічні рідини, скло, органіка (пластик та ін.), метали, інші компоненти. Такий підхід забезпечує практично повний рециклінг матеріалів та зменшує об'єми речовини, що потрапляє у звалища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://www.americanelements.com/automotive.html>.
2. Your Auto Recycle – A Guide for Vehicle Recycling. Retrieved 21 May 2012.
3. Електронний ресурс. Режим доступу:
<http://earth911.com/recycling/automotive/auto-bodies/benefits-of-recycling-car-bodies/>.
4. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://www.thezebra.com/stories/car-recycling/>.
5. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://yourcarintocash.com/the-recycling-process-of-vehicles/>.
6. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://jalopnik.com/ten-most-exotic-cars-destroyed-by-cash-for-clunkers-5365954>.
7. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://www.npr.org/2009/08/03/111511131/critics-say-clunkers-program-isnt-very-green>.
8. Електронний ресурс. Режим доступу:
https://environment.ec.europa.eu/index_en?prefLang=uk.
9. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://schmidtsautorecycling.ca/how-much-do-you-get-for-scrapping-a-car/>.
10. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://scrapcartorontoshop.ca/how-much-do-you-get-for-scrapping-a-car-in-ontario/>.
11. Електронний ресурс. Режим доступу:
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8186992.stm>.
12. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2013/10/enacted>.

13. May A. M., Dempsey J. L. A new era of LMCT: leveraging ligand-to-metal charge transfer excited states for photochemical reactions. *Chem. Sci.*, 2024, №15. DOI: 10.1039/d3sc05268k.
14. Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E. *et al.* Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature* 575, 75–86 (2019).
15. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://blog.chargemap.com/ev-battery-recycling/>.
16. Knowles, M. (2013) Through-life management of electric vehicles, 2nd International Through-life Engineering Services Conference, Procedia CIRP, Cranfield University, Cranfield, 5-6 November, 11, 260-265.
17. Hawkins, T.R., Gausen, O.M. and Strømman, A.H. (2012) Environmental impacts of hybrid and electric vehicles—a review, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(8), 997-1014.
18. AFDC (Alternative Fuels Data Centre). (2016). Maps and Data: AFV and HEV Model Offerings by Manufacturer. Retrieved from: <http://www.afdc.energy.gov/data/www.afdc.energy.gov/afdc/data/>.
19. UNEP. (2011) Recycling Rates of Metals. A Report of the Working Group on Global Metal Flows to the International Panel for Sustainable Resource Management. United Nations: Environment Programme.
20. EUROSTAT. (2014) End-of-life vehicle statistics. Retrieved from: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/End-of-life_vehicle_statistics.
21. Environmental Agency. (2014) End of life vehicles (ELVs): guidance for waste sites. Retrieved from: <https://www.gov.uk/guidance/end-of-life-vehicles-elvsguidance-for-waste-sites>.
22. Sakai, S.I., Yoshida, H., Hiratsuka, J., Vandecasteele, C., Kohlmeyer, R., Rotter, V.S., Passarini, F., Santini, A., Peeler, M., Li, J. and Oh, G.J. (2014) An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(1), 1-20.

23. Zorpas, A.A. and Inglezakis, V.J. (2012) Automotive industry challenges in meeting EU 2015 environmental standard, *Technology in Society*, 34(1), 55-83.
24. Chan, C.C. (2007) The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles, *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 704-718.
25. Cucchiella, F., D'Adamo, I., Rosa, P., and Terzi, S. (2016) Scrap automotive electronics: A mini-review of current management practices, *Waste Management & Research*, 34(1), 3-10.
26. Kripli J, Vandenberg R, Steinhilper R, et al. (2010) *Remanufacturing Automotive Mechatronics & Electronics – Not a Threat but an Opportunity*. APRA Press.
27. Wang J.J. and Chen M. (2013a) Remanufacturing process for used automotive electronic control components in China, *Journal of Remanufacturing*, 3(1), 1- 17.
28. NI. (2009). *ECU Designing and Testing using National Instruments Products*. National Instruments.
29. Ardente F, Mathieux F. (2012) Application of the project's methods to three product groups. In: Report No. 2 of the Project Integration of Resource Efficiency and Waste Management Criteria in European Product Policies—Second phase. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
30. Smink, C.K. (2007). Vehicle recycling regulations: lessons from Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 15(11-12), 1135–1146.
31. Simic, V. (2013). End-of-life vehicle recycling - a review of the state-of-the-art. *Tehnički vjesnik* ,20(1), 371-380.
32. Yi, H.C. and Park, J.W. (2015) Design and implementation of an end-of-life vehicle recycling centre based on IoT (Internet of Things) in Korea, *Procedia CIRP*, Sydney, Australia, 7-9 April, 29, 728-733.
33. Vermeulen, I., Van Caneghem, J., Block, C., Baeyens, J. and Vandecasteele, C. (2011) Automotive shredder residue (ASR):

- reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorization. *Journal of Hazardous Materials*, 190, 8-27.
- 34.ENERGY.GOV (2016). Vehicle technologies office: lightweight materials for cars and trucks. Retrieved from: <http://energy.gov/eere/vehicles/vehicle-technologies-office-lightweight-materials-cars-and-trucks>.
- 35.Wang, J.J. and Chen, M. (2013b) Technology innovation of used automotive electronic control components recycling in China, *Advanced Materials Research*, 610, 2346-2349.
- 36.Michalos, G., Makris, S., Papakostas, N., Mourtzis, D. and Chryssolouris,G. (2010) Automated assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(2), 81-91.
- 37.Duflou, J.R., Seliger, G., Kara, S., Umeda, Y., Ometto, A. and Willems, B. (2008) Efficiency and feasibility of product disassembly: A case-based study, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 57(2), 583-600.
- 38.Knoth, R., Hoffmann, M., Kopacek, B., Kopacek P. and Lembacher, C. (2001) Intelligent Disassembly of Electronic Equipment with a Flexible Semi-Automated Disassembly Cell, *Proceedings EcoDesign: Second International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, 557-561.
- 39.Basdere, B. and Seliger, G. (2003) Disassembly factories for electrical and electronic products to recover resources in product and material cycles, *Environmental science & technology*, 37(23), 5354-5362.
- 40.Vongbunyong, S., Kara, S. and Pagnucco, M. (2013) Application of cognitive robotics in disassembly of products, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 62(1), 31-34.

41. Wegener, K., Andrew, S., Raatz, A., Dröder, K. and Herrmann, C. (2014) Disassembly of Electric Vehicle Batteries Using the Example of the Audi Q5 Hybrid System, *Procedia CIRP*, 23, 155-160.
42. Wegener, K., Chen, W.H., Dietrich, F., Dröder, K. and Kara, S. (2015) Robot Assisted Disassembly for the Recycling of Electric Vehicle Batteries, *Procedia CIRP*, 29, 716-721.
43. Pintzos, G., Matsas, N., Papakostas, D. and Mourtzis, D. (2016) Disassembly line planning through the use of end-of-life handling information from design files, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP CMS 2016), Germany, 25-27 May.
44. Radaschin, A., Filipescu, A., Minzu, V. and Minca, E. (2011) Adaptive disassembly sequence control by using mobile robots and system informant, 15th International Conference on System Theory, Control and Computing, 1-6.