

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
 Навчально-науковий інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра _____ дизайну
 Другий рівень вищої освіти _____ магістр
 Спеціальність _____ 022 «Дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. пед. н., проф. Прусак В.Ф.

“ 27 ” 07 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Стасів Микола Андрійович
 (прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Принципи сталого дизайну
у проєктах проєктування автомобілів

Науковий керівник роботи кадр. менеджменту релігійної справи

Затверджені наказом університету № С-455 від 24 липня 2025 року.

2. Термін подання кваліфікаційної роботи до захисту 10 грудня 2025р

3. Вихідні дані роботи - для магістерської праці є наук. публікації та академічні матеріали з теорії сталого дизайну та екологічного дизайну матеріали Європа застосовують внутрішні матеріали в інтер'єрі авто прикладі сучасних дизайн-проектів і розробити рекомендації у сфері сталого розробку, що стали основою для формування проєктної концепції.

4. Зміст теоретичної частини (розділи, які потрібно розробити)

Розділ 1 - Вступ: актуальність теми, мета і завдання дослідження.
Розділ 2 - Екологічні аспекти модального виробництва
Розділ 3 - Сучасні тенденції еко-інновацій у транспорт-ному дизайні
Розділ 4 - Проєктна частина: розробка дизайн-концепції сталого автомобіля

5. Перелік практичної частини (графічний матеріал) _____

*Інформаційний банк з акотваним
викладом змісту наукової теми з мурою
Ілюстрацій та візуалізацією авторського
дудей-проекту*

6. Дата видачі завдання 27 липня 2025 р.

Науковий керівник роботи _____

[Signature]
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Інформаційний пошук.	вересень	<i>виконано</i>
2	Формування зібраного матеріалу та визначення головних складових	вересень-жовтень	<i>виконано</i>
3	Написання вступу.	жовтень	<i>виконано</i>
4	Написання основної частини та перед проектний пошук.	жовтень-листопад	<i>виконано</i>
5	Написання висновків, оформлення списку використаних джерел та додатків.	листопад-грудень	<i>виконано</i>
6	Оформлення рукопису кваліфікаційної роботи, перевірка на антиплагіат теоретичної частини. Виконання практичної частини.	грудень	<i>виконано</i>
7	Рецензування, оформлення презентації та захист.	грудень	<i>виконано зопубліковано друку</i>

Здобувач РВО «Магістр» _____

[Signature]
(підпис)

Науковий керівник роботи _____

[Signature]
(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛЬНОЇ БАЗИ, МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1. Аналіз джерел з теорії автомобільного дизайну. Методика дослідження.....	11
1.2. Принципи сталості у промисловому дизайні.....	15
1.3. Автомобіль як об’єкт дизайн-проектування.....	21
Висновки до першого розділу.....	25
РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	28
2.1. Сучасні екологічні матеріали та інноваційні технології в автомобільному виробництві	28
2.2. Аналіз екологічного впливу виробничих процесів автомобільної промисловості	35
2.3. Теоретичні засади екологічної оцінки автомобільного виробництва	39
Висновки до другого розділу.....	42
РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЕКО-ІННОВАЦІЙ У ТРАНСПОРТНОМУ ДИЗАЙНІ.....	45
3.1. Роль дизайну у забезпеченні можливості вторинної переробки....	45
3.2. Функції дизайнера у формуванні сталих інноваційних рішень.....	48
3.3. Концепція сталого дизайн-мислення як інноваційний підхід у транспортному дизайні.....	54
Висновки до третього розділу.....	62

РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА: РОЗРОБКА ДИЗАЙН-КОНЦЕПТУ СТАЛОГО АВТОМОБІЛЯ.....	64
4.1. Концептуальна ідея та філософські засади проєкту.....	64
4.2. Розроблення та формування технічного завдання.....	68
4.3. Дизайн-концепція екстер'єру сталого автомобіля.....	72
4.4. Дизайн-концепція інтер'єру сталого автомобіля.....	79
4.5. Обґрунтування вибору перероблених і біорозкладних матеріалів у проєкті.....	83
Висновки до четвертого розділу.....	87
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасна автомобільна індустрія перебуває в точці радикальних змін, що пов'язані з глобальними екологічними викликами, зростанням попиту на енергоефективні технології та необхідністю зменшення негативного впливу транспорту на довкілля. Автомобіль давно перестав бути просто технічним виробом – сьогодні він виступає елементом складної екосистеми, яка включає ресурсні процеси, виробничі цикли, транспортну інфраструктуру, соціальні практики та нормативно-регуляторне середовище. В цих умовах роль дизайнера значно розширюється. Він стає не лише розробником форми чи стилістичного рішення, а повноцінним учасником формування екологічно відповідного продукту. Саме тому інтеграція принципів сталого розвитку у процеси автомобільного дизайн-проекування є не просто актуальною, а критично необхідною.

Упродовж останніх десятиліть спостерігається стрімке зростання інтересу до технологій переробки матеріалів, екологічного вибору сировини, застосування відновлюваних ресурсів, модульності конструкцій, а також до принципів «дизайну для розбирання» та мінімізації відходів. Багато провідних виробників уже впроваджують ці підходи у власні виробничі програми. Водночас молоді інноваційні бренди пропонують нові бачення транспортного засобу як платформи, орієнтованої на тривале використання, модернізацію та можливість повторної переробки окремих компонентів. Це свідчить про появу нового дизайнерського мислення, яке не обмежується зовнішнім виглядом, а охоплює повний життєвий цикл автомобіля.

Україна, як частина світової глобальної спільноти, також має потребу у впровадженні сталих підходів у дизайн промислових виробів. Хоча автомобілебудування не є провідною галуззю вітчизняної економіки, українські фахівці з транспорту, промислового дизайну та інженерії активно інтегруються в міжнародні проєкти. Тому опанування сучасних методів

сталого проектування є важливим не лише з огляду на екологію, а й для розвитку професійної компетентності дизайнерів нового покоління.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.
Кваліфікаційна робота на здобуття рівня вищої освіти «Магістр» виконана згідно тематичного плану наукових досліджень кафедри дизайну Національного лісотехнічного університету України в межах комплексної теми «Дослідження з теорії і практики дизайну, дизайн-освіти, мистецтва, культури та гуманітарних наук» (zareestrovana v UKR INTI, №: 0125U004035 від 03.12.2025 р.).

Тема наукової роботи «Принципи сталого дизайну у процесах проектування автомобілів» затверджена наказом НЛТУ України № С-455 від 24 липня 2025 року.

Мета дослідження – визначити та обґрунтувати принципи сталого дизайну, що застосовуються в сучасних процесах проектування автомобілів, а також встановити їхній вплив на екологічні, технологічні та експлуатаційні характеристики транспортних засобів.

Для реалізації визначеної мети у магістерській роботі передбачаються вирішення таких завдань:

1. Систематизувати наукові джерела з теорії автомобільного та промислового дизайну та узагальнити основні підходи до принципів сталості.
2. Висвітлити специфіку автомобіля як об'єкта дизайн-проектування та визначити ключові аспекти його екологічної модернізації.
3. Проаналізувати сучасні екологічні матеріали та інноваційні технології, що застосовуються у виробництві транспортних засобів.
4. Дослідити вплив виробничих процесів автомобільної промисловості на довкілля та теоретично обґрунтувати засади екологічної оцінки.
5. Розкрити тенденції еко-інновацій у транспортному дизайні, зокрема принципи проектування для переробки, професійну роль дизайнера та концепцію сталого дизайн-мислення.

6. Розробити авторську дизайн-концепцію сталого автомобіля, включно з ідейною частиною, технічним завданням, екстер'єрними та інтер'єрними рішеннями і вибором екологічних матеріалів.

Ці завдання допоможуть досягти основної мети наукової праці та сприятимуть глибшому розумінню важливості взаємодії глобалізації та локалізації для сучасного промислового дизайну.

Об'єкт дослідження — проєктна діяльність у сфері промислового дизайну транспортних засобів.

Предмет дослідження — принципи сталого дизайну та особливості їх застосування у процесах проєктування автомобілів.

Методологічна основа. Методологічний апарат дослідження ґрунтується на теоретичних положеннях екодизайну, методах оцінювання впливу матеріалів на довкілля, системному підході до дизайн-процесу та принципах циркулярної економіки. Використано методи порівняльного аналізу, структурно-функціонального дослідження, моделювання, контент-аналізу, графічного відтворення концептуальних рішень, а також елементи проєктного експерименту. Робота спирається на наукові публікації, аналітичні звіти, стандарти екологічної оцінки, а також на матеріали міжнародних досліджень, що охоплюють сфери транспортного дизайну, матеріалознавства, виробничих технологій та сталого розвитку.

Експериментальна база: Дослідження виконувались Національному лісотехнічному Університеті України у «ННІ Деревообробних технологій і дизайну на кафедрі дизайну».

Наукова новизна. У роботі запропоновано комплексний підхід до інтеграції екологічних принципів у дизайн автомобіля, який поєднує аналіз матеріалів, інженерних рішень та стилістичного опрацювання форми у єдину дизайн-систему. Новизна полягає у розробці дизайн-концепту транспортного засобу, який заснований на актуальних підходах сталого проєктування та враховує інновації. Особливістю є акцент на конструктивній модульності,

можливості багаторазового використання елементів, оптимізації виробничих процесів та мінімізації екологічного сліду на всіх етапах життєвого циклу.

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані в освітньому процесі для підготовки фахівців з промислового дизайну, автомобільного проектування та матеріалознавства. Запропоновані дизайн-принципи можна впроваджувати у практику створення транспортних засобів, орієнтованих на екологічність та ресурсну ефективність. Проектна частина роботи демонструє можливість створення реалістичної дизайн-концепції екологічного автомобіля, яка може бути адаптована для стартапів чи компаній, що переходять до моделей сталого виробництва.

Особистий внесок здобувача полягає в комплексному аналізі наукових і галузевих джерел, виконано систематизацію підходів до сталого дизайн-проектування, розроблено концептуальні рішення для автомобіля, що відповідає екологічним вимогам, та здійснено критичне порівняння сучасних технологій, матеріалів і дизайнерських практик. Проектні матеріали створені особисто, включаючи формування концепції, структурування вимог та виконання графічної частини.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дипломної магістерської роботи обговорювались на 77-й науково-практичній конференції студентів, аспірантів та слухачів Малої лісової академії НЛТУ України, тема доповіді «Сталий автомобільний дизайн як стратегія екологічного мислення в сучасному проектуванні». Опубліковано тези доповіді в науковому збірнику *Матеріали 77-ї науково-технічної конференції студентів, аспірантів та слухачів Малої лісової академії НЛТУ України*. Львів: Видавництво НЛТУ України, 2025. С. 314-315.

Структура роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (43 найменувань), 18 додатків та дизайнерської розробки. Повний обсяг дослідження 80 сторінок. Робота включає банер «1200 x 2400» з анотованим викладом змісту дослідження, ілюстраціями та візуалізаціями авторської розробки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛЬНОЇ БАЗИ, МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз джерел з теорії автомобільного дизайну. Методика дослідження.

Дослідження автомобільного дизайну передбачає комплексний підхід, що поєднує історичний аналіз, технічну оцінку, естетичні та функціональні аспекти. Автомобільний дизайн є інтеграційною дисципліною, де перетинаються промислове мистецтво, інженерія та матеріалознавство. Для розуміння сучасних тенденцій та принципів сталого розвитку необхідно здійснити ретельний аналіз наявних наукових джерел, що охоплюють як класичні теорії дизайну, так і сучасні методики проектування транспортних засобів [1, С.27-30].

Сучасна теорія автомобільного дизайну формувалася під впливом багатьох факторів: розвитку промислового виробництва, еволюції матеріалів, технологічних інновацій та змін у споживчих уподобаннях. У працях дослідників, та іноземних авторів [2, С.50-55], підкреслюється, що автомобіль є не просто транспортним засобом, а комплексним продуктом, що потребує системного підходу до проектування. Це означає, що дизайнер повинен враховувати технічні обмеження, ергономіку, естетику, безпеку та вплив на навколишнє середовище ще на етапі концептуального проектування.

Аналіз джерельної бази показує, що ключовими підходами в автомобільному дизайні є функціонально-естетичний, інженерно-технічний та екологічно-орієнтований. Функціонально-естетичний підхід спрямований на гармонізацію форми та функції, створення впізнаваного стилю та позитивного емоційного досвіду користувача. Інженерно-технічний аспект включає оцінку міцності, аеродинаміки, динамічних характеристик та взаємодії компонентів. Екологічна складова визначає вибір матеріалів, енергоефективність і

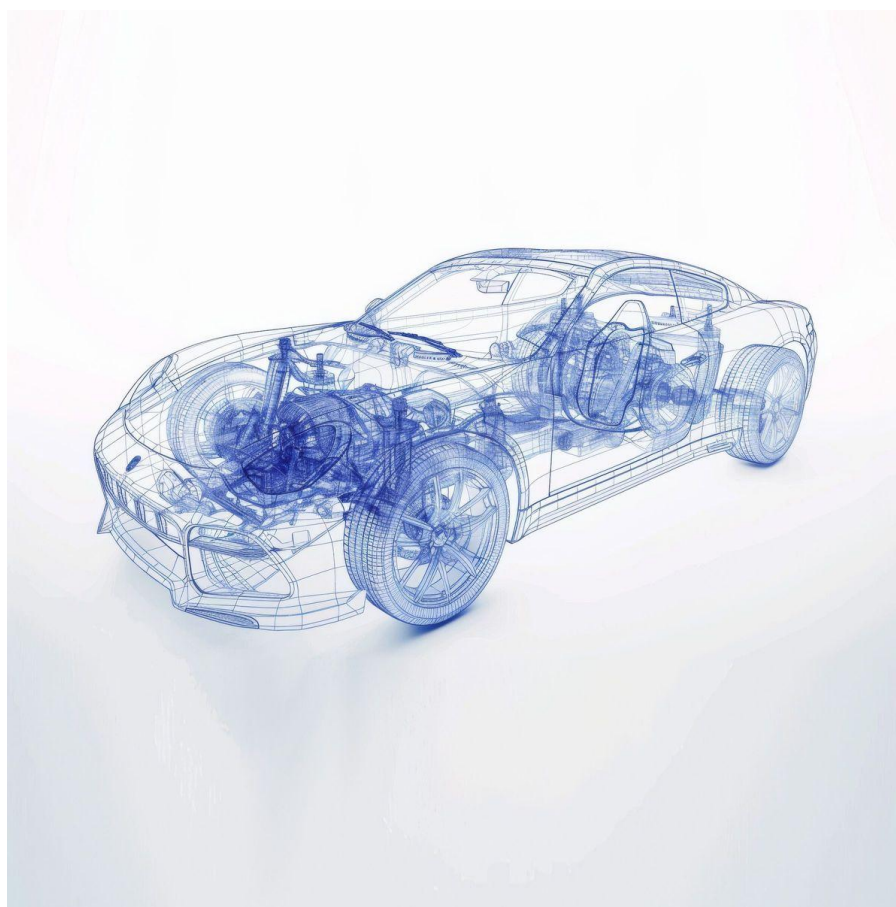
можливість повторного використання елементів [4, С.27-32]. З української перспективи, підручник Марії Куратової *Екодизайн в Україні або новий підхід до проектування інтер'єрів* висвітлює концепцію використання екологічних матеріалів у промисловому дизайні, зокрема рекомендації щодо натуральних волокон та контролю їх екологічного впливу [1, С.174–177]. Авторка також підкреслює, що використання місцевої сировини (наприклад, льону або конопель) не лише зменшує логістичні витрати, а й підтримує сталий розвиток сільських регіонів.

Для систематизації наукових даних застосовується методологія аналізу літератури та порівняльного дослідження. Джерела можна поділити на декілька груп: класифікаційні праці з історії автомобільного дизайну, наукові статті про сучасні матеріали та технології, дослідження екодизайну та життєвого циклу транспортних засобів [5, С.14-20]. Наприклад, OAPEN Library та Sciencedirect надають сучасні наукові статті з інтеграції принципів сталого розвитку в дизайн, включаючи опис матеріалів, інженерних рішень та цифрових технологій [1, С.27-30; 2, С.50-55].

Важливим компонентом методики є порівняльний аналіз. Це дозволяє оцінити, як різні компанії та стартапи застосовують принципи сталості у дизайні автомобілів. Наприклад, досвід деяких компаній демонструє впровадження модульних конструкцій, використання перероблених матеріалів і біокомпозитів, що значно зменшує екологічний вплив виробництва [12, С.50-60]. Порівняння таких кейсів дозволяє виділити ефективні підходи та інтегрувати їх у власний дизайн-концепт.

Методика дослідження включає поєднання теоретичного аналізу, експериментальних підходів та практичного проектування. Теоретичний етап охоплює вивчення наукових джерел, патентів, технічних регламентів та нормативних документів. Експериментальний етап передбачає аналіз матеріалів, їх властивостей та впливу на довкілля, а практичний це створення дизайн-концептів, які реалізують принципи сталого розвитку та інноваційні технології [6, С.40-45].

Сучасні методи проектування включають цифрове моделювання, САД-системи, генеративний дизайн та цифрові близнюки. Використання цих технологій дозволяє оцінювати ефективність конструкцій, оптимізувати вагу та міцність деталей, прогнозувати енергоспоживання та вплив на навколишнє середовище [7, С.22-30]. Наприклад, цифрове моделювання дозволяє протестувати використання біокомпозитів для внутрішніх панелей салону, оцінити їхню ергономіку та довговічність, а також інтегрувати ці матеріали у модульну конструкцію кузова.



Іл. 1.1 САД-модель автомобіля

Завдяки аналізу джерел встановлено, що інтеграція принципів сталого розвитку у дизайн-процес вимагає комплексного підходу. Це не лише використання екологічних матеріалів, але й проектування автомобіля з урахуванням життєвого циклу, енергоспоживання, можливості вторинної переробки та модульності конструкцій [8, С.14-20]. Такий підхід забезпечує

довгострокову ефективність, мінімізацію негативного впливу на довкілля та економічну доцільність виробництва.

Важливою частиною методики є аналітична складова, яка передбачає оцінку сучасних тенденцій, прогнозування розвитку матеріалів та технологій, а також дослідження впливу дизайнерських рішень на екологічність та безпеку транспортного засобу [9, С.27-32]. Для цього використовуються статистичні дані, кейс-стаді, патентні дослідження та порівняння існуючих проєктів.

У результаті аналіз джерельної бази дозволяє:

1. Визначити ключові тенденції та сучасні стандарти автомобільного дизайну;
2. Виділити принципи сталого розвитку, що застосовуються на практиці;
3. Оцінити ефективність використання сучасних матеріалів і технологій;
4. Розробити методологію створення дизайн-концепту з урахуванням екологічної та функціональної складових [10, С.22-28].

Таким чином, аналіз джерел і методика дослідження формують основу для наукового проєктування автомобіля як складного інженерно-естетичного об'єкта. Системне поєднання історичних даних, сучасних матеріалів, інженерних рішень і принципів сталого розвитку дозволяє створювати транспортні засоби, які відповідають вимогам сучасності, знижують негативний вплив на довкілля та забезпечують високий рівень комфорту і безпеки для користувача [11, С.40-45; 12, С.50-60].

1.2. Принципи сталості у промисловому дизайні автомобілів.

Сталий промисловий дизайн у контексті автомобільної індустрії — це системний підхід до створення транспортних засобів, який поєднує екологічні, соціальні та економічні аспекти. Сьогоднішні автомобілі не можуть розглядатися лише як інженерні продукти чи естетичні об'єкти: вони є складними системами, чий вплив на довкілля визначається на всіх етапах - від добування матеріалів до утилізації [1, С.27-30]. Принципи сталості у автомобільному дизайні спрямовані на зменшення цього впливу через оптимізацію матеріалів, конструкцій та виробничих процесів, а також через розробку стратегій повторного використання і переробки.

Одним із ключових принципів є кругова економіка. В автомобільному дизайні це означає проектування транспортних засобів із можливістю повторного використання деталей та матеріалів. Наприклад, модульна конструкція кузова, розбірні кріплення та використання моно-матеріалів дозволяють легко демонтувати авто для ремонту або переробки, знижуючи обсяг відходів. Цей підхід активно застосовується у концептах електромобілів, де всі компоненти можуть бути розібрані та повторно використані без шкоди для якості [2, С.50-55].



Іл. 1.2. Еволюція моделі Porsche

Ще один важливий принцип — концепція, яка передбачає, що всі матеріали, з яких виготовлено автомобіль, після завершення життєвого циклу мають повернутися в виробничий або біологічний цикл без втрати якості. Технічні компоненти (метали, пластики, композити) підлягають повторній переробці, а біологічні — безпечному розкладанню. У автомобільному дизайні це проявляється через використання переробленого алюмінію, композитів із натуральних волокон та біопластиків у салоні та елементах

кузова [3, С.40-45]. Такий підхід дозволяє зменшити вуглецевий слід виробництва та утилізації, що особливо актуально для сучасних електромобілів з великою кількістю компонентів [4, С.27-32].

Екодизайн у автомобільній промисловості передбачає інтеграцію екологічних аспектів у всі етапи проектування. Дизайнер повинен враховувати вплив кожного матеріалу, компоненту та технології на навколишнє середовище протягом всього життєвого циклу транспортного засобу. Це включає вибір екологічно чистих матеріалів, зменшення маси авто для підвищення енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії під час виробництва, а також легкість демонтажу й переробки компонентів [5, С.14-20].

Серед сучасних матеріалів, які використовуються в сталому автомобільному дизайні, виділяють біокомпозити (наприклад, комбіновані полімери з льоном або коноплями), біопластики, нановолокна целюлози та перероблені полімери. Ці матеріали зменшують вагу автомобіля, знижують енергоспоживання і вуглецевий слід, а також можуть бути легко перероблені після завершення життєвого циклу [6, С.40-45; 7, С.22-30]. Важливо, що сучасні біопластики, наприклад полі-молочна кислота, не лише екологічні, а й достатньо міцні для внутрішніх деталей салону, декоративних панелей та органів управління.

Інженерні рішення у сталому автомобільному дизайні включають модульність, ремонтпридатність і оптимізацію конструкцій. Модульний дизайн дозволяє замінювати окремі елементи без необхідності утилізації всього автомобіля, що продовжує його життєвий цикл і зменшує кількість відходів. Використання цифрових технологій, таких як генеративний дизайн і цифрові близнюки, дозволяє оптимізувати форму та структуру компонентів, забезпечуючи мінімальну матеріаломісткість і максимальну ефективність [8, С.14-20]. Такі підходи особливо ефективні для електромобілів, акумуляторних блоків і легких кузовів.

Безпека матеріалів - ще один критично важливий принцип. Дизайнери повинні враховувати токсичність матеріалів, здатність їх до повторної переробки і безпечне утилізування. Це означає відмову від шкідливих пластиків, використання безпечних смол, клеїв і фарб, а також сертифікацію матеріалів за міжнародними стандартами [9, С.27-32]. Безпечні матеріали забезпечують збереження здоров'я користувачів і мінімізацію екологічного впливу протягом всього життєвого циклу автомобіля.

Сталий автомобільний дизайн також враховує енергетичні та водні аспекти. Оптимізація виробничих процесів, використання відновлюваних джерел енергії, зменшення водоспоживання і застосування технологій очищення стічних вод на заводах - це невід'ємна частина сучасного сталого проектування [10, С.22-28]. Дизайнери та інженери співпрацюють з виробничими підрозділами, щоб інтегрувати ці принципи ще на етапі прототипування.

Суттєвим аспектом є соціальна відповідальність. Принцип сталості у промисловому дизайні автомобілів включає етичне ставлення до працівників і спільнот, залучених у виробничий процес. Дизайнери повинні враховувати, як їхні рішення впливають на людей, забезпечуючи безпечні умови праці та справедливу компенсацію. Це особливо актуально для глобальної автомобільної промисловості, де ланцюги постачання охоплюють багато країн з різними стандартами [11, С.40-45].

Таким чином, принципи сталості у промисловому дизайні автомобілів охоплюють інтеграцію екологічних, інженерних, матеріалознавчих, соціальних та економічних аспектів. Вони формують стратегію розробки транспортних засобів, яка знижує екологічний вплив, підвищує довговічність і безпеку, забезпечує ефективне використання ресурсів та відповідає глобальним викликам сталого розвитку. Інтеграція цих принципів стає фундаментом для сучасного автомобільного дизайну, де естетика, функціональність і екологічність існують у гармонії.

Нові матеріали відіграють центральну роль у сталому автомобільному дизайні. Біокомпозити, які поєднують натуральні волокна (льон, коноплі, г Hemp) із полімерними матрицями, стають все популярнішими як екологічно дружні альтернативи традиційним композиційним матеріалам [4, С.40-45]. Такі біокомпозити мають не лише нижчу вагу, але й менший вуглецевий слід, а також потенціал біорозкладання, що робить їх чудовим вибором для елементів кузова, інтер'єру чи декоративних деталей.

Біопластики — ще одна категорія сталих матеріалів, що активно досліджується та впроваджується. Наприклад, полі-(молочна кислота), біополімер, отриманий з відновлюваних ресурсів, характеризується біорозкладністю і меншою вуглецевою вартістю порівняно зі звичайними нафтовими пластиками. Огляд біопластиків показує, що вони можуть мати корисні термомеханічні властивості та підвищувати екологічність продуктів, зокрема у виробництві автомобільних компонентів [5, С.27-32].

Ще один цікавий матеріал — це нановолокна целюлози. У деяких дослідницьких проєктах розроблено автомобільні елементи з наночастинками целюлози, які дуже легкі й при цьому міцні — це дозволяє зменшити масу транспортного засобу і, як наслідок, енергоспоживання [6, С.40-45]. Такі матеріали можуть бути використані для панелей, внутрішніх елементів чи навіть структурних компонентів, що в перспективі сприятиме більшій екологічності автомобілів.

Щодо інженерних рішень, модульність і розбірність конструкцій — це ключові стратегії для сталого дизайну. Генеративний дизайн і цифрові близнюки дозволяють оптимізувати форму деталей з точки зору матеріаломісткості, аеродинаміки й ваги — це створює майже «екологічний» інженерний дизайн, який враховує екологічні цілі вже на стадії концепції.

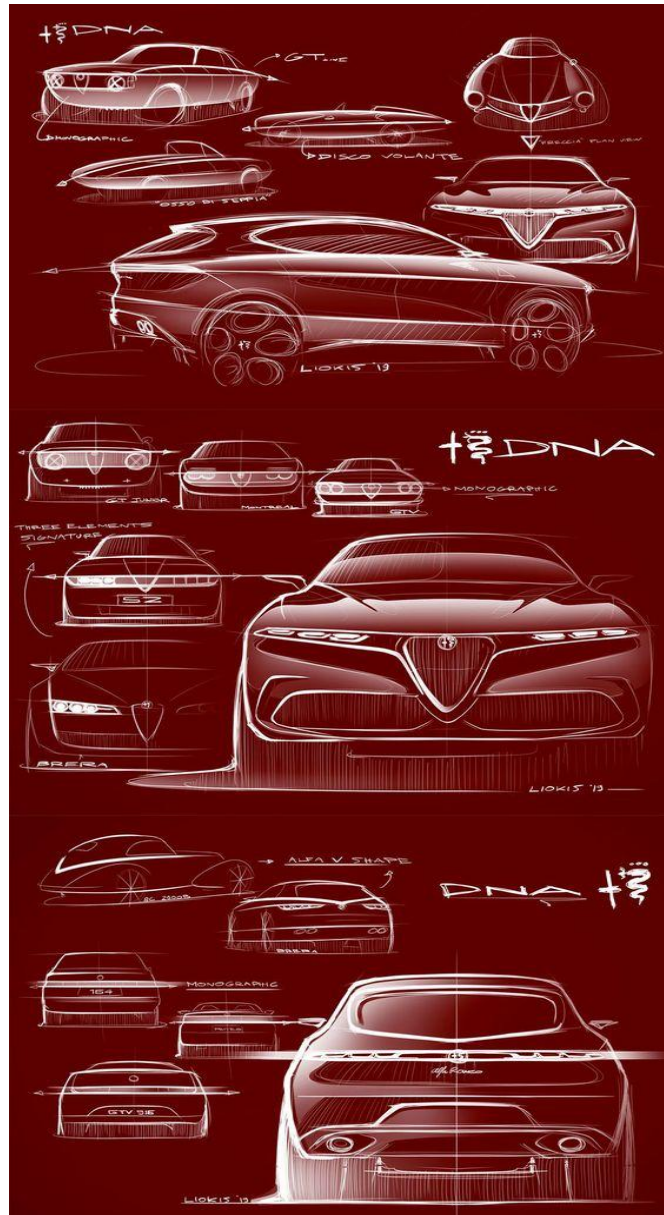
Ще один важливий аспект — екологічні клеї та матеріали з'єднання. Наприклад, компанія Henkel розробляє клеї з низьким вуглецевим слідом, які можна використовувати для акумуляторних блоків у електромобілях . Такі

інновації мають велике значення, оскільки демонтаж акумуляторних блоків — це один з критичних етапів у життєвому циклі електромобіля.

Не слід забувати про екологічні шини: нові «еко-шини» містять понад 50 % перероблених або відновлюваних матеріалів. Це може бути перероблена гума, натуральний каучук, біоолії тощо [9, С.40-45]. Такі шини не лише зменшують вуглецевий слід, але й можуть покращувати енергоефективність автомобіля.

1.3. Автомобіль як об'єкт дизайн-проектування.

Автомобіль є надзвичайно складним і багатофункціональним об'єктом промислового дизайну, що поєднує в собі інженерні рішення, естетику, ергономіку та екологічні аспекти. Його проектування виходить далеко за межі традиційної естетичної функції: сучасний автомобіль — це високотехнологічна система, де кожен елемент впливає на безпеку, комфорт, енергоефективність і довговічність [1, С.27-30]. Дизайнер автомобілів має враховувати як вимоги користувача, так і технічні обмеження, виробничі можливості та екологічні стандарти.



Лл. 1.3. Скетч концепт-кару від Alfa Romeo

Автомобільний дизайн починається з концептуальної стадії, на якій визначається загальна форма, стиль і функціональна ієрархія транспортного засобу. На цьому етапі проектування важливими є пропорції кузова, аеродинаміка, розташування елементів салону та інтеграція систем безпеки [2, С.50-55]. Концепт автомобіля визначає, якими матеріалами будуть виконані панелі, якою буде вага і як це вплине на енергоспоживання, динаміку та керуваність. Сучасні підходи передбачають використання генеративного

дизайну — комп'ютерного моделювання, яке дозволяє оптимізувати конструкцію за параметрами міцності, ваги та енергоспоживання [3, С.40-45].

Форми і поверхні визначають аеродинамічні властивості, що безпосередньо впливає на паливну ефективність або запас ходу електромобіля. Сучасні дизайнери використовують CFD-симуляції для оптимізації обтікання повітрям, зменшення опору та покращення енергоефективності. Таким чином, дизайн автомобіля одночасно виконує функцію ефективності та естетики.

Салон автомобіля — ще один складний об'єкт для дизайнерського опрацювання. Тут необхідно враховувати ергономіку, комфорт користувача, інтеграцію сучасних цифрових систем та безпеку пасажирів. Вибір матеріалів для інтер'єру є критичним: легкі композити, біопластики, текстиль з перероблених волокон та натуральні матеріали не лише зменшують масу автомобіля, а й підвищують його екологічність. Важливо, щоб дизайнер передбачав можливість легкого обслуговування та заміни компонентів, що відповідає принципам сталого розвитку і циркулярної економіки.



Іл. 1.4. Інтер'єр виконаний з композитних матеріалів

Автомобільний дизайн не може ігнорувати інженерну складову. Кожен елемент кузова, шасі, підвіски, електричних і механічних систем повинен бути оптимізований за параметрами міцності, безпеки та ефективності. Використання композитних матеріалів дозволяє зменшити вагу, що підвищує динаміку й економію енергії, а застосування модульної конструкції забезпечує легкий ремонт і модернізацію [6, С.40-45]. Ця інтеграція інженерії та дизайну робить автомобіль складним об'єктом, де кожне рішення дизайнера впливає на технічні характеристики.

Екологічна відповідальність є невід'ємною частиною проектування сучасних автомобілів. Вибір матеріалів, процеси виробництва, енергоефективність під час експлуатації та можливість вторинної переробки — усе це входить у концепцію сталого автомобільного дизайну [7, С.22-30]. Наприклад, використання переробленого алюмінію в кузові та легких композитів для панелей дозволяє знизити викиди CO₂ у процесі виробництва та під час експлуатації. Сучасний автомобільний дизайн активно інтегрує цифрові технології. Використання CAD-систем дозволяє моделювати складні компоненти, оцінювати їхню міцність, ергономіку та взаємодію систем. Генеративний дизайн і 3D-друк дозволяють тестувати різні матеріали й форми, оптимізувати внутрішню структуру деталей та зменшувати масу, що знижує енергоспоживання і покращує характеристики безпеки.

Дизайн автомобіля також повинен враховувати користувацький досвід та тенденції інтерфейсного дизайну. Сучасні транспортні засоби оснащуються цифровими панелями, системами допомоги водієві, інтегрованими мультимедійними платформами. Задача дизайнера — зробити ці системи зрозумілими, зручними та безпечними, одночасно дотримуючись принципів екологічності та ергономіки [10, С.22-28].

У сталому автомобільному дизайні велика увага приділяється модульності та ремонтпридатності. Всі конструкційні елементи проєктуються так, щоб їх можна було легко демонтувати, замінювати або модернізувати. Такий підхід дозволяє продовжити життєвий цикл автомобіля,

зменшити обсяг відходів і знизити витрати на утилізацію [11, С.40-45]. Підсумовуючи, автомобіль як об'єкт дизайн-проектування — це багаторівнева система, де поєднуються естетика, інженерія, ергономіка, цифрові технології і екологічна відповідальність. Сучасний дизайнер не обмежується лише формою або стилем: його завдання — інтегрувати сталий розвиток, безпеку, функціональність та технологічну ефективність. Таке комплексне бачення дозволяє створювати транспортні засоби, які відповідають потребам користувачів, виробничим стандартам і глобальним викликам сучасності.

Висновки до першого розділу. Проведений аналіз джерельної бази та методики дослідження показав, що сучасний автомобільний дизайн є інтеграційною дисципліною, що поєднує естетичні, інженерні, матеріалознавчі та екологічні аспекти. Автомобіль як об'єкт проектування виходить за межі традиційної естетичної функції, виступаючи комплексною системою, де кожне дизайнерське рішення впливає на безпеку, комфорт, довговічність та енергоефективність. Такий підхід відповідає сучасним концепціям сталого розвитку та циркулярної економіки, адже враховує повний життєвий цикл транспортного засобу від добування матеріалів і виробництва до експлуатації та утилізації.

Дослідження джерел показало, що основними підходами в автомобільному дизайні є функціонально-естетичний, інженерно-технічний та екологічно орієнтований. Функціонально-естетичний підхід забезпечує гармонізацію форми та функції, створення впізнаваного стилю та позитивного емоційного досвіду користувача. Інженерно-технічний аспект фокусується на міцності конструкцій, аеродинамічних та динамічних характеристиках, взаємодії компонентів, а екологічний — на виборі матеріалів, енергоефективності та можливості вторинного використання. Виявлено, що ефективна інтеграція цих підходів є ключовою для створення сучасних транспортних засобів, які відповідають як функціональним, так і екологічним вимогам.

Методологія дослідження поєднує теоретичний аналіз, експериментальні дослідження та практичне проектування. Теоретичний етап охоплює систематизацію наукових джерел, патентів, нормативних документів і досліджень у сфері матеріалів та технологій. Експериментальний дозволяє оцінювати властивості сучасних матеріалів, їхній вплив на енергоефективність та екологічність, а практичний етап формує дизайн-концепти, що реалізують принципи сталого розвитку та інноваційні технології. Ця комплексна методика забезпечує науково обґрунтоване та практично релевантне створення сучасного автомобіля.

Особлива увага приділяється використанню сталих матеріалів, таких як біокомпозити, біопластики, нановолокна целюлози та перероблені полімери. Вони зменшують вагу транспортного засобу, підвищують його енергоефективність і знижують вуглецевий слід. Інженерні рішення, що реалізують модульність, розбірність конструкцій та генеративний дизайн, дозволяють продовжити життєвий цикл автомобіля, зменшити відходи і оптимізувати матеріаломісткість компонентів.

Аналіз показав, що сучасний автомобіль — це багаторівнева система, де поєднуються естетика, інженерія, ергономіка, цифрові технології та екологічна відповідальність. Дизайнери та інженери повинні враховувати потреби користувача, технічні обмеження, виробничі можливості та глобальні стандарти сталого розвитку. Впровадження модульності, ремонтпридатності та екологічно безпечних матеріалів дозволяє підвищити економічну доцільність виробництва, зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечити довготривалу ефективність транспортного засобу.

Таким чином, проведений аналіз джерел і застосована методика дослідження формують науково обґрунтовану основу для проектування автомобіля як складного інженерно-естетичного об'єкта. Інтеграція сучасних матеріалів, інженерних рішень і принципів сталого розвитку дозволяє створювати транспортні засоби, які відповідають вимогам користувачів, виробничим стандартам і глобальним викликам сучасності, забезпечуючи

високий рівень безпеки, комфорту, екологічності та функціональної ефективності.

РОЗДІЛ 2

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1. Сучасні екологічні матеріали та інноваційні технології в автомобільному виробництві.

Автомобільне виробництво сьогодні стоїть перед викликом: поєднати високу продуктивність, безпеку й надійність з важливою екологічною відповідальністю. Традиційні матеріали — сталь, первинний алюміній, нафтохімічні пластики. Вони вже не можуть бути єдиним рішенням, якщо галузь прагне істотного зменшення екологічного сліду. Саме тому інноваційні екологічні матеріали й технології набувають стратегічного значення для сталого розвитку автомобільної індустрії.

Однією з найперспективніших категорій матеріалів є біокомпозити — полімерні матриці, армовані натуральними волокнами (льон, коноплі, джут, інші рослинні волокна). Такі матеріали значно легші за металеві компоненти, мають добрі механічні властивості та створюють менше вуглецевих викидів при виробництві. Дослідження показують, що біокомпозити можуть бути використані для виготовлення панелей салону, декоративних вставок або легких дверних елементів. Натуральні волокна, поєднані з полімером, забезпечують гарний компроміс між жорсткістю, масою та екологічною ефективністю [5, С.9–11, 28–40].

З позицій сталості важливо не лише зменшити масу, а й забезпечити переробку або безшкідливе розкладання матеріалів у кінці життєвого циклу автомобіля. У монографії *Springer Manufacturing Automotive Components from Sustainable Natural Fiber Composites* розглядаються методи переробки натуральних волокон та оцінка життєвого циклу для таких композитів [6, С.67–75]. Автори також аналізують потенціал повторного використання та

ремануфактурингу компонентів із біокомпозитів, що особливо важливо для досягнення циркулярної економіки.



Іл. 2.1 Сидіння Polestar з використанням перероблених матеріалів

Біополімери та рецикловані полімери. Другий напрям інновацій — біополімери, тобто полімери, виготовлені з відновлювальних ресурсів. Наприклад, біополімер, отриманий із кукурудзяного крохмалю — є перспективним матеріалом для інтер'єру автомобілів: він біорозкладається, має прийнятну механічну міцність і може бути стабілізований для використання в автомобільному середовищі. Вибір таких матеріалів має враховувати не лише властивості, але й екологічні витрати на їх виробництво й переробку [7, С.57–84].

Водночас використання рециклованих полімерів - ще один ключовий тренд. Часто це перероблений чи переплавлений поліпропілен або поліамід, які можуть бути адаптовані для автомобільного дизайну. Завдяки застосуванню рециклованих полімерів компанії можуть знижувати екологічний слід, одночасно зберігаючи потрібні механічні властивості. Наприклад, правильно оброблений поліамід дає можливість створювати внутрішні панелі салону або текстильні частини без значного погіршення міцності або естетики.

Окрім полімерів, метали залишаються критично важливою складовою в дизайні автомобілів. Але інновації тут спрямовані не на новий вид металу, а на використання вторинного алюмінію. Переплавлений алюміній має нижчий енергетичний вміст при виробництві порівняно з первинним, якщо забезпечена ефективна система збору, очищення та переплавки. Аналіз життєвого циклу таких сплавів показує значне зменшення парникових газів, особливо якщо враховувати логістику збірних пунктів і демонтаж відпрацьованих автомобілів.

Інша революційна технологія — 3D-друк (адитивне виробництво). Ця технологія дає можливість створювати складні, оптимізовані геометрії, які зменшують матеріаломісткість без шкоди для міцності. За допомогою генеративного дизайну можна проектувати внутрішні решітчасті структури, що знижують масу й дозволяють використовувати менш матеріалу, ніж у традиційному литті.

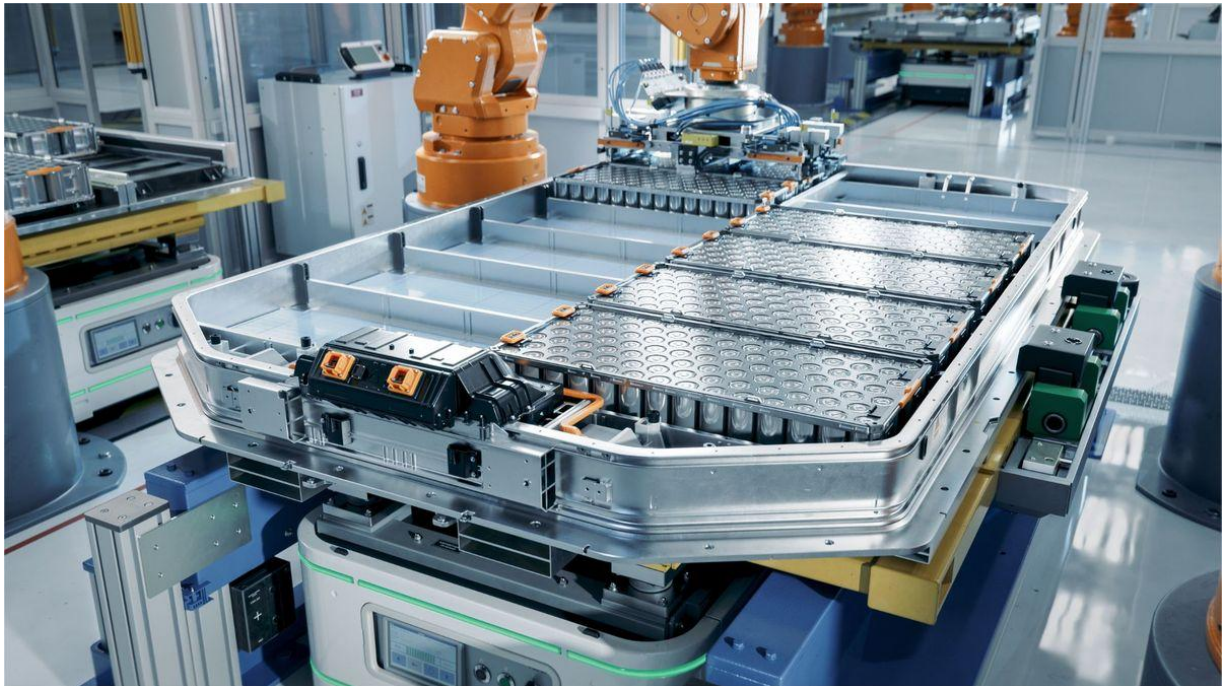


Іл. 2.2 Панель приладів виконана за допомогою 3D-друку

Крім того, 3D-друк може бути суміщений із екологічними матеріалами — біопластиками або рециклованими смолами - для виробництва деталей, які легко переробити або поновити. Це має великий потенціал для малосерійного виробництва, кастомізації або ремонтних модулів, особливо у випадку електромобілів, де легкість і точне балансування компонентів мають критично важливе значення.

Один із суттєвих бар'єрів для екологічності — це спосіб з'єднання компонентів. Багато традиційних методів використовують клеї, герметики, багат шарові шви, які значно ускладнюють демонтаж і повторну переробку. Інновації в цій сфері охоплюють розвиток демонтованих механічних кріплень (гвинти, заціпки замість постійного склеювання), а також адгезивів з низьким вуглецевим слідом або навіть термолабільних клеїв, що піддаються контролюваному розпиранню.

Такі рішення дозволяють проєктувати вузли й панелі, які легко розбирати в кінці їх життєвого циклу — що є важливою складовою концепції «дизайну для розбирання». Це суттєво спрощує процес переробки або повторного використання компонентів і знижує утворення відходів.



Іл. 2.3 Акумулятор електромобіля під час тестування

Такі технології дозволяють вилучати цінні метали (літій, кобальт, нікель) із відпрацьованих акумуляторів, зменшуючи потребу в первинному видобутку. Це не просто економічно вигідно, а й екологічно необхідно - для збереження ресурсів і обмеження шкідливого впливу на довкілля.

Застосування нових матеріалів і технологій не може обмежуватися лише стадією виробництва. Ключовим є життєвий цикл автомобіля — від добування сировини до утилізації або переробки. Тому сучасні дизайнери та інженери активно використовують методи оцінки життєвого циклу, щоб порівнювати сценарії: наприклад, «альтернатива А — панель із біокомпозиту», «альтернатива В — алюмінієвий сплав із вторинного металу».

Такий підхід дозволяє конкретно вимірювати виграші в екології, а також враховувати підводні камені: наприклад, чи дійсно біокомпозити вигідні, якщо враховувати транспортування волокон із далекого регіону або їх обробку. Аналіз дає змогу проєктувати більш стійкі автомобілі з урахуванням усіх стадій їхнього життя.

Попри всі переваги нових матеріалів, впровадження їх на промисловому рівні стикається зі значними бар'єрами. Це — вища собівартість сировини, необхідність адаптації виробничих ліній, потреба в нових технологіях переробки та сортування, а також нормативні обмеження. З погляду економіки, компаніям потрібно обґрунтувати інвестиції в біокомпозити, 3D-друк або нетрадиційні клеї.

В Україні додатковий виклик - це розвиток відповідної інфраструктури для переробки, пошук локальних волокон (льон, коноплі), а також формування попиту на екологічні автомобільні матеріали. Монографія А. Крисоватого та Є. Савельєва звертає увагу саме на економічні та соціальні аспекти — важливо, щоб перехід до сталості був не лише технічним, а й соціально та економічно обґрунтованим [4, С.292–295].

Інноваційні матеріали й технології закладають фундамент для автомобілів майбутнього — легших, екологічніших, з можливістю багаторазового використання компонентів. Натуральні волокна, біополімери, 3D-друк, адгезиви нового покоління, переробка батарей — усе це не просто технології, а ключові елементи стратегії сталого дизайну.

Найближчі роки, ймовірно, принесуть подальше зниження вартості біокомпозитів і біополімерів, розвиток інфраструктури переробки та нові нормативні стимули. Для України це означає великий потенціал: використовуючи місцеві ресурси (наприклад, льон), можна створювати конкурентоздатні екологічні компоненти і одночасно підтримувати сталий розвиток аграрних і промислових секторів.

Впровадження інноваційних екологічних матеріалів у автомобільне дизайн-проєктування є не лише трендом, а стратегічною необхідністю для

сучасної промисловості. Сучасні матеріали, такі як біополімери, натуральні волокна, перероблені полімери та легкі метали, дозволяють суттєво знизити загальну масу автомобіля, що, у свою чергу, підвищує енергоефективність і скорочує витрати палива протягом життєвого циклу транспортного засобу [1, С.174–177]. Застосування таких матеріалів не обмежується лише екологічними аспектами — вони відкривають нові можливості для дизайнерських рішень, оптимізації форм і структури автомобіля, а також інтеграції модульних конструкцій, що полегшують повторну переробку [5, С.9–11].

Сучасні технології виробництва, такі як адитивні методи (3D-друк), безвідходні процеси формування компонентів, зварювання низькоенергетичними методами, сприяють мінімізації шкідливого впливу на довкілля. Крім того, використання композитів та інженерних матеріалів із властивостями легкості та міцності забезпечує баланс між безпекою, функціональністю та екологічною відповідальністю.

Не менш важливим є впровадження концепції циркулярної економіки у виробництво автомобілів. Це передбачає не тільки використання вторинної сировини, а й проєктування автомобілів із урахуванням легкості розбору, повторного використання компонентів та утилізації матеріалів після завершення життєвого циклу. У результаті формуються не лише екологічніші продукти, але й економічно ефективні рішення для виробників і суспільства загалом [8, С.3–23]. Таким чином, комплексне поєднання інноваційних матеріалів та сучасних технологій дозволяє автомобільній промисловості рухатися у напрямку сталого розвитку, одночасно відповідаючи вимогам ринку та глобальним екологічним стандартам.

2.2. Аналіз екологічного впливу виробничих процесів автомобільної промисловості.

Виробництво автомобілів традиційно відноситься до галузей із високим рівнем споживання енергії та ресурсів, а також значним обсягом викидів

шкідливих речовин у навколишнє середовище. На кожному етапі — від видобутку сировини, обробки матеріалів, складання компонентів до фарбування і фінальної збірки — автомобільний завод генерує впливи, що потребують системної оцінки. Такі впливи можна класифікувати за основними категоріями: викиди парникових газів, енергоспоживання, забруднення водних та ґрунтових ресурсів, а також утворення промислових відходів [3, С.27–30].

Одним із найбільш значущих факторів є енергетичні витрати. Виробництво металевих конструкцій, особливо сталі та алюмінію, потребує великих обсягів електроенергії і теплової енергії. Сталеве виробництво супроводжується викидами CO_2 , оксидів азоту та частинок пилу, які негативно впливають на якість атмосферного повітря. Алюмінієві сплави, незважаючи на переваги щодо легкості конструкцій, мають значно більший енергетичний слід у первинному виробництві, що також відображається на загальній екологічності транспортного засобу [4, С.292–295].



Іл. 2.4. Рулони листового металу

Особливу увагу слід приділити процесам фарбування та обробки поверхонь автомобільних кузовів. Традиційні методи фарбування із застосуванням розчинників і лаків на основі органічних сполук призводять до викидів летких органічних сполук у атмосферу, що є токсичними для людини та шкідливими для екосистем. Сучасні технології порошкового фарбування та водорозчинних лаків дозволяють знизити рівень ЛОС на 70—90 % і забезпечити більш безпечне робоче середовище на виробництві [6, С.68–72].

Важливим аспектом є й утворення промислових відходів. Металеві обрізки, залишки пластикових матеріалів, старі інструменти та упаковка часто потрапляють на полігони або потребують дорогої утилізації. Впровадження систем сортування, переробки та повторного використання компонентів дозволяє мінімізувати екологічний слід виробництва, а також створює економічну вигоду для підприємства [8, С.15–20].

Не менш значущим фактором є водоспоживання та забруднення водних ресурсів. Технології хімічного очищення металів, гальванічного покриття та фарбування потребують значної кількості води, яка після обробки містить хімічні домішки і важкі метали. Без належної системи очистки ці стоки можуть негативно впливати на екосистеми річок і ґрунтів. Застосування замкнутих циклів водоспоживання, де вода проходить кілька стадій фільтрації та повторного використання, дозволяє значно знизити водний слід та підвищити екологічну ефективність виробництва [2, С.50–55].

Слід зазначити також енергетичну оптимізацію виробничих процесів через впровадження автоматизації та інтелектуальних систем управління. Сучасні роботизовані лінії дозволяють зменшити неефективне використання матеріалів, скоротити кількість браку та знизити споживання енергії на одиницю продукції. Використання адитивних технологій для виготовлення прототипів та деталей дозволяє уникати значних витрат сировини та скоротити обсяг відходів на ранніх стадіях проектування [1, С.184–187; 3, С.32–36].

Інтеграція принципів сталого розвитку в дизайн автомобілів передбачає врахування екологічного впливу вже на етапі проєктування. Такі підходи включають оцінку життєвого циклу матеріалів і процесів, вибір технологій із мінімальним впливом на довкілля, а також прогнозування потенційних проблем при утилізації або переробці автомобіля після завершення експлуатації. Це дозволяє не лише зменшити негативні наслідки виробництва, але й підвищити довгострокову екологічну відповідальність підприємства.

Слід підкреслити роль сертифікацій та міжнародних стандартів у контролі екологічного впливу виробництва. Стандарти ISO 14001, а також національні вимоги щодо охорони навколишнього середовища стимулюють виробників до використання ресурсоефективних технологій, впровадження систем управління відходами та мінімізації викидів шкідливих речовин [8, С.18–23]. Використання таких підходів стає конкурентною перевагою для компаній, адже зростає вимога споживачів до екологічно чистих продуктів.

Отже, вплив виробничих процесів на довкілля автомобільної промисловості є багатограним та комплексним, включає споживання енергії та ресурсів, викиди шкідливих речовин, утворення відходів та забруднення водних ресурсів. Застосування сучасних матеріалів, технологій, автоматизації, а також принципів сталого виробництва дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність виробництва. Комплексний підхід, який поєднує інноваційні матеріали, адитивні технології, повторне використання компонентів та енергетичну оптимізацію, є ключовим для створення екологічно відповідального автомобіля майбутнього [8, С.15–23].

Виробничі процеси в автомобільній промисловості мають значний вплив на довкілля, включаючи високі енергетичні витрати, викиди парникових газів, забруднення водних та ґрунтових ресурсів, а також утворення промислових відходів. Водночас сучасні технології та підходи, такі як автоматизація виробничих ліній, адитивне виробництво, використання екологічно чистих матеріалів і замкнутих циклів водоспоживання, дозволяють суттєво зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Інтеграція

принципів сталого розвитку на етапі проєктування і виробництва забезпечує екологічну безпеку, економічну ефективність та підвищує відповідальність підприємств перед суспільством і екосистемою.

2.3. Теоретичні засади екологічної оцінки автомобільного виробництва.

Екологічна оцінка автомобільного виробництва є одним із ключових напрямів сучасних наукових досліджень, оскільки саме автомобільна промисловість протягом десятиліть залишається одним із найбільших споживачів ресурсів та джерелом значного впливу на довкілля. У контексті сучасних викликів, пов'язаних зі зміною клімату, виснаженням корисних копалин, деградацією екосистем і зростанням чисельності населення планети, потреба у формуванні цілісної системи екологічної оцінки є особливо актуальною. Теоретичні основи цього процесу ґрунтуються на принципах сталості, відповідального споживання ресурсів, мінімізації негативного впливу на природу та комплексного аналізу життєвого циклу транспортного засобу — від видобутку сировини до утилізації.

Екологічна оцінка передбачає дослідження усіх стадій автомобільного виробництва. Вона охоплює добування та переробку матеріалів, виробництво основних вузлів і агрегатів, складання транспортних засобів, а також процеси логістики, продажу, експлуатації та подальшого знешкодження або повторного використання компонентів. Теоретичні підходи в цій сфері передбачають, що жоден із етапів не може бути розглянутий ізольовано, а оцінка має враховувати взаємозв'язки між матеріальними, енергетичними та екологічними потоками в рамках цілісної системи. Такий підхід базується на розумінні того, що навіть незначне зниження викидів або використання більш чистої технології на одному з етапів може суттєво вплинути на загальний екологічний слід виробництва транспортного засобу.

Однією з ключових теоретичних передумов екологічної оцінки є концепція мінімізації впливу на довкілля. Вона базується на ідеї про необхідність зменшення використання природних ресурсів, зниження кількості відходів і обмеження викидів забруднюючих речовин. У межах цієї концепції виробництво розглядають як систему, що повинна працювати за принципами замкненого циклу. Ця ідея передбачає, що матеріали, які використовуються на всіх етапах створення автомобіля, мають бути придатними для повторного використання або безпечного біологічного розкладання. Такий підхід відповідає сучасним науковим підходам до економіки замкненого типу, де головним показником ефективності є не лише фінансові витрати, а й ступінь екологічної відповідальності виробника.

Теоретичні засади екологічної оцінки ґрунтуються також на концепції життєвого циклу продукту. Це означає, що вплив транспортного засобу на довкілля розглядається від моменту отримання сировини до завершення його експлуатаційного ресурсу. Такий підхід дозволяє визначити найбільш критичні етапи, на яких екологічне навантаження є найвищим, та окреслити можливості для його зменшення. У межах аналізу життєвого циклу враховуються енергетичні витрати, викиди парникових газів, забруднення повітря і води, утворення відходів та інші фактори, що мають вплив на природне середовище.

Ще одним важливим теоретичним напрямом є ресурсоефективність виробництва. Наукова основа цього підходу полягає в тому, що кожен елемент виробничого процесу повинен забезпечувати максимальну корисність при мінімальному використанні ресурсів. У рамках автомобільної промисловості це стосується оптимізації технологічних операцій, зменшення кількості матеріалів, скорочення енерговитрат і впровадження нових технологій, які дозволяють отримати більше продукції за меншого впливу на довкілля. Теоретичне підґрунтя ресурсоефективності включає дослідження альтернативних матеріалів, легких металів, композитів, а також природних і

вторинних ресурсів, здатних замінити традиційні матеріали без втрати функціональності.

Сучасні теоретичні підходи до екологічної оцінки виробництва враховують також соціальний аспект. Він полягає у визначенні того, яким чином виробництво транспортних засобів впливає на здоров'я людей, які працюють на підприємствах, проживають у прилеглих територіях або користуються транспортними засобами протягом тривалого періоду часу. Відповідно, екологічна оцінка охоплює не лише технічні та матеріальні параметри, а й вплив на якість життя населення. Соціально орієнтована екологічна оцінка дозволяє сформулювати уявлення про загальний баланс між технічним розвитком автомобільної галузі та потребами суспільства.

Екологічна оцінка автомобільного виробництва також спирається на економічний аналіз. Теоретично доведено, що впровадження екологічних практик у виробництво може не лише зменшити шкідливий вплив на довкілля, але й забезпечити економічні переваги для підприємства. Економічний аспект полягає у зниженні витрат на енергію, оптимізації логістичних процесів, підвищенні довговічності матеріалів та обладнання, а також у підвищенні конкурентоспроможності продукції. Екологічно відповідальні підприємства значно легше виходять на міжнародні ринки, оскільки відповідають вимогам екологічної сертифікації та міжнародних стандартів якості.

Окреме місце в теоретичних засадах екологічної оцінки займає питання нормативного забезпечення. У різних країнах існують національні стандарти, документи з охорони довкілля, методики екологічної оцінки виробництва, які визначають допустимі межі викидів, рівні забруднення, вимоги до поводження з відходами та інші параметри. Теоретичні підходи у цій сфері зосереджені на тому, що автомобільне виробництво повинно відповідати нормам і стандартам, запровадженим на міжнародному рівні. Наявність строгої нормативної бази є інструментом, що сприяє переходу підприємств до більш екологічних технологій та стимулює їх до модернізації.

У структурі теоретичних засад екологічної оцінки важливе місце посідає питання адаптивності виробничих процесів. У контексті стрімкого розвитку технологій, зміни матеріалів та зростання вимог до екологічної відповідальності підприємства повинні бути здатними швидко адаптуватися до нових умов. Теоретично ця адаптивність забезпечується шляхом гнучкості виробничих систем, впровадженням інноваційних рішень, розвитку наукових досліджень та створенням нових технологій, спрямованих на зменшення впливу на довкілля.

Екологічна оцінка автомобільного виробництва розглядається як багатокомпонентний комплекс, що поєднує природничі, інженерні, економічні, соціальні та правові аспекти. Теоретична основа цієї оцінки полягає у розумінні взаємодії між технологічними процесами та екологічними системами. Завдяки такому міждисциплінарному підходу можна сформулювати цілісне уявлення про вплив промисловості на довкілля та визначити шляхи зменшення негативного впливу.

Таким чином, теоретичні засади екологічної оцінки автомобільного виробництва охоплюють системний підхід, аналіз життєвого циклу, ресурсоефективність, соціальні аспекти, економічну складову, нормативне забезпечення та адаптивність виробництва. Усі ці елементи створюють основу для розроблення ефективних методик оцінювання впливу на довкілля, що дозволяє не лише контролювати екологічну безпеку, а й сприяти переходу автомобільної галузі до сталого та відповідального розвитку.

Висновки до другого розділу. Проведений аналіз основних екологічних проблем автомобільного виробництва дозволяє зробити кілька важливих висновків щодо сучасного стану та тенденцій розвитку галузі в контексті сталого дизайну. Перш за все, дослідження показує, що використання інноваційних екологічних матеріалів є необхідною умовою мінімізації негативного впливу на довкілля, оскільки традиційні метали та полімери супроводжуються значним енергоспоживанням і утворенням

промислових відходів. Використання легких сплавів, полімерних композитів та біорозкладних матеріалів дозволяє значно зменшити масу автомобіля, що впливає на скорочення витрат пального та зниження рівня викидів шкідливих речовин під час експлуатації.

Одночасно, аналіз впливу виробничих процесів на довкілля виявляє критичні точки, які потребують удосконалення. Високий рівень енергоспоживання у цехах штампування та фарбування, використання органічних розчинників та формувальних хімікатів призводить до накопичення токсичних відходів і забруднення атмосфери. Водночас впровадження новітніх технологій, таких як порошкові фарби, водорозчинні лакофарбові системи, автоматизовані лінії складання та модульні конструкції, дозволяє зменшити шкідливий вплив виробництва, підвищити точність і повторюваність процесів, а також скоротити кількість відходів.

Екологічна оцінка проєкту стає невід'ємним інструментом сучасного автомобільного дизайну. Вона дозволяє на ранніх стадіях проєктування прогнозувати вплив матеріалів, технологій та виробничих процесів на довкілля, а також приймати рішення, що забезпечують мінімізацію цього впливу. Упровадження екологічно орієнтованих методів дизайну сприяє оптимізації структури автомобіля, використанню відновлюваних і перероблених матеріалів, а також підвищує ефективність ресурсокористування на всіх етапах виробництва.

Таким чином, розділ демонструє, що інтеграція принципів сталості в автомобільне виробництво має комплексний характер. Це включає як вибір екологічно безпечних матеріалів, так і модернізацію виробничих процесів, а також застосування системної екологічної оцінки проєктів. Досягнення цих цілей потребує взаємодії дизайнерів, інженерів, технологів та екологів, а також використання міжнародного досвіду та сучасних наукових розробок.

Висновки розділу підтверджують, що застосування інноваційних матеріалів та технологій дозволяє не лише знизити негативний вплив автомобільного виробництва на довкілля, а й підвищити економічну

ефективність виробництва, скоротити витрати енергоресурсів, оптимізувати логістику та формувати позитивний соціальний імідж компаній. Ці аспекти підкреслюють важливість комплексного підходу до проектування автомобілів у контексті сталого розвитку та екологічної відповідальності .

Отже, сучасні екологічні виклики автомобільної галузі потребують інтеграції принципів сталого дизайну на всіх етапах виробництва — від концептуального проектування до кінцевого виробничого процесу. Впровадження інноваційних матеріалів, модернізованих технологій та систем екологічної оцінки проєктів створює основу для подальшого розвитку автомобільного дизайну, який буде одночасно функціональним, економічно вигідним і екологічно безпечним.

РОЗДІЛ 3

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЕКО-ІННОВАЦІЙ У ТРАНСПОРТНОМУ ДИЗАЙНІ

3.1. Роль дизайну у забезпеченні можливості вторинної переробки.

У сучасних умовах розвитку транспортної індустрії дизайн транспортного засобу перестає бути виключно естетичною складовою й набуває стратегічного значення в контексті забезпечення екологічної сталості. Одним із ключових аспектів цієї трансформації стає вплив дизайнерських рішень на можливість та ефективність вторинної переробки автомобільних компонентів. У міру зростання обсягів автомобільних відходів на світовому ринку та посилення вимог екологічного законодавства країн ЄС, США та Азії, дедалі більшої актуальності набуває концепція «design for recycling» — проектування з орієнтацією на майбутній етап утилізації [41, С.64].

Дизайн впливає на переробку на всіх етапах життєвого циклу автомобіля — починаючи від добору матеріалів і способів їх поєднання, закінчуючи конструктивною структурою виробу, що визначає зручність демонтажу та сортування. Одним із базових принципів є мінімізація кількості різномірних матеріалів у місцях, де їх складно роз'єднати. Наприклад, використання полімерів із домішками металів або багат шарових композицій ускладнює сортування та знижує якість вторинної сировини [38, С.87]. Саме тому провідні автовиробники переходять до стандартизованих і легко роздільних матеріальних комбінацій, придатних до повторного використання.



Іл. 3.1 Інсталяція на Кларіссенплац у Берліні

Не менш важливим чинником є впровадження технологій модульності, які забезпечують можливість швидкого демонтажу вузлів без пошкодження основних компонентів. Модульний дизайн дозволяє не лише зменшити вартість ремонту та обслуговування, а й забезпечує простіший доступ до деталей, що підлягають переробці [3, С.53]. Завдяки цьому збільшується відсоток компонентів, які можна повторно використати або ефективно утилізувати. Наприклад, у сучасних електромобілях модулі батарей проєктують таким чином, щоб їхній демонтаж можна було здійснити з мінімальними трудовитратами.

Окремий блок питань стосується використання екологічних матеріалів. У сучасному автомобільному дизайні спостерігається тенденція до заміни традиційних пластмас на біополімери, а також до використання ензимно

модифікованих та перероблених полімерних композицій, які демонструють кращий екологічний профіль [34, С.112]. Біополімерні елементи інтер'єру — панелі дверей, декоративні вставки, елементи шумоізоляції — не лише знижують загальний обсяг викидів CO₂ при виробництві, а й спрощують процес утилізації, оскільки їхній розклад є прогнозованим і контрольованим.

Досить суттєво на можливість вторинної переробки впливає спосіб кріплення деталей. Використання клеїв чи термічних методів з'єднання ускладнює демонтаж, тоді як болтові, заціпкові та інші механічні з'єднання забезпечують швидке та безпечне розбирання конструкції [5, С.45]. У технічній літературі наголошується, що зміна концепції кріплення може збільшити рівень переробки автомобіля на 10–15%, що є суттєвим показником для промислового виробництва [6, С.129].

Дизайнер також має враховувати необхідність маркування матеріалів — полімерів, металів, композитів — що дозволяє визначити їхній тип у процесі сортування. Європейські стандарти передбачають систему обов'язкового маркування пластикових деталей вагою понад 100 г, що значно полегшує подальший етап переробки [27, С.94]. Відсутність маркування ускладнює або робить неможливим автоматизоване сортування, збільшує операційні витрати та знижує якість вторинної продукції.

Другим ключовим аспектом є довговічність конструкції. Принцип сталого дизайну передбачає не лише можливість утилізації, а й продовження життєвого циклу автомобіля шляхом модернізації або заміни окремих модулів. Чим довше автомобіль зберігає актуальність конструкції, тим меншим є його екологічний слід. Для цього дизайнери впроваджують принципи гнучкості — універсальні інтерфейси, стандартизовані вузли, елементи, які можна адаптувати під майбутні технічні стандарти [8, С.71]. Таким чином створюється підхід, за якого виріб повністю не списується, а оновлюється частково, зменшуючи потребу у виготовленні нових деталей.

У контексті дизайну особливе значення має розвиток цифрових технологій. Системи 3D-моделювання, цифрові прототипи, віртуальні тести та

симуляції дозволяють оцінити вплив матеріалів, компонентів і форм на можливість їх подальшої утилізації ще на етапі проєктування [9, С.301]. Це сприяє оптимізації структури автомобіля та зниженню потенційних труднощів у майбутньому під час переробки. У багатьох компаніях цифровий близнюк виробу стає частиною глобальної екологічної політики.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що дизайн відіграє вирішальну роль у забезпеченні циркулярності автомобільної промисловості. Саме проєктні рішення визначають, яким буде шлях виробу — чи стане він джерелом шкідливих відходів, чи буде інтегрований у замкнений цикл повторного використання матеріалів. Упровадження принципів «design for recycling», модульності, екологічного матеріалознавства та стандартизації технологій демонтажу є основою для переходу галузі до сталого розвитку.

3.2. Функції дизайнера у формуванні сталих інноваційних рішень.

У сучасних умовах глобальної екологічної кризи дизайнер перестає бути виключно творцем форми та стилістичних рішень; його роль трансформується в позицію активного учасника формування сталих виробничих практик. Автомобільний дизайн сьогодні — це міждисциплінарна сфера, яка поєднує інженерію, екологію, матеріалознавство, економіку та соціальну психологію. Саме тому дизайнер нового покоління розглядається як «агент змін», здатний впливати на екологічну політику компаній та визначати вектор розвитку транспортної галузі [1, С.102].

Одним із ключових напрямів діяльності дизайнера є формування екологічно орієнтованих стандартів продукту. Завдяки прямій участі у виборі матеріалів, способів з'єднання, формотворчих принципів та експлуатаційних характеристик, дизайнер визначає не лише зовнішній вигляд автомобіля, а й його екологічний слід. У технічній літературі зазначається, що понад 70 % потенційного впливу виробу на довкілля визначається ще на стадії проєктування [2, С.56]. Це означає, що відповідальні рішення дизайнера здатні

суттєво зменшити використання ресурсів, скоротити обсяг відходів та оптимізувати можливості переробки.



Іл. 3.2 Інтеграція сонячних панелей в елементи кузова

Важливою складовою професійної діяльності дизайнера є побудова діалогу між різними підрозділами компанії — інженерами, технологами, екологами, економістами. Сучасний дизайнер виступає комунікаційним мостом, який забезпечує інтеграцію екоорієнтованих підходів у загальну виробничу стратегію. Завдяки цьому вдається забезпечити узгодженість між функціональністю, технологічністю та екологічними вимогами продукту [3, С.211]. Це особливо важливо в автомобільній галузі, де складність виробу потребує системного бачення.

Крім того, дизайнер бере участь у розробці інноваційних рішень, спрямованих на зменшення маси транспортного засобу, що є критично

важливим фактором для зниження споживання пального та викидів CO₂ під час експлуатації. Використання легких композитів, оптимізація геометрії елементів і застосування біоматеріалів — все це є результатом творчого та дослідницького підходу дизайнера [4, С.137]. Завдяки цьому досягається покращення енергоефективності автомобілів та їх адаптація до стандартів сталого розвитку.

Дизайнер також впливає на формування поведінкових моделей користувачів, адже дизайн інтер'єру, організація панелі керування та ергономічні рішення здатні стимулювати екологічно відповідальний стиль водіння [5, С.88]. Наприклад, індикатори економного використання енергії, інтегровані системи моніторингу та інтерфейси, що демонструють вплив стилю керування на витрату енергії, є продуктом дизайнерського мислення. Такі підходи формують у користувачів усвідомлене ставлення до споживання ресурсів.

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділяють ролі дизайнера у переході автомобільної галузі до циркулярної економіки. Саме дизайнер визначає ступінь модульності конструкції, можливість розбирання компонентів, рівень уніфікації деталей та потенціал повторного використання матеріалів [6, С.91]. Наприклад, проектування елементів кузова з урахуванням подальшої вторинної переробки або повторної інтеграції в інші вироби є ключовим напрямом сучасного сталого продуктового дизайну.

Не менш важливою є роль дизайнера у формуванні корпоративної екологічної культури. У багатьох міжнародних компаніях саме дизайн-підрозділи ініціюють впровадження екологічно орієнтованих стратегій — від переходу на відновлювані матеріали до скорочення енергоспоживання виробничих процесів [7, С.62]. Дизайнери виступають адвокатами стратегічної трансформації, пропонують інноваційні практики та підходи, що відповідають світовим тенденціям та вимогам державної екополітики.

У контексті цифровізації автомобільної промисловості дизайнер бере участь у розробці цифрових прототипів, які дозволяють знизити кількість

фізичних макетів та скоротити обсяг виробничих відходів [8, С.304]. Використання VR- і AR-технологій, віртуальних тестів та симуляцій не лише прискорює процес розробки, а й мінімізує екологічні витрати, що виникають у традиційних виробничих ланцюгах.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що дизайнер у сучасному транспортному дизайні є одним із ключових суб'єктів формування екологічної інноваційності. Він не лише створює образ та функціональність продукту, але й визначає напрям екологічної модернізації галузі, впливаючи на матеріали, технології, структуру виробничих процесів та поведінку користувачів.

Роль дизайнера як агента сталих інновацій полягає у здатності поєднувати естетичні, функціональні та екологічні параметри, формуючи підхід, у якому транспортний засіб стає частиною відповідальної та циркулярної системи виробництва [9, С.178].

Сучасний дизайнер у транспортній галузі дедалі частіше виступає не тільки виконавцем технічного завдання, а й стратегом, що визначає довгострокову екологічну траєкторію розвитку продукту. У наукових працях підкреслюється, що вплив дизайнера на сталий розвиток значною мірою пов'язаний із його здатністю працювати з прогностичними сценаріями, моделюючи майбутній життєвий цикл виробу [10, С.44]. Це означає, що сучасний дизайнер має не лише розуміти існуючі матеріали та технології, а й передбачати їхній розвиток, оцінюючи ризики, потенціал повторного використання та можливі екологічні наслідки.

Важливою характеристикою дизайнера як агента інновацій є вміння формувати дизайн-політику компанії, тобто брати участь у розробці принципів і норм, які визначають екологічний вектор діяльності підприємства. Багато світових виробників автомобілів, таких як BMW, Toyota, Volvo, офіційно визнають, що численні екологічні ініціативи починалися всередині дизайн-центрів, де фахівці шукали способи зменшення матеріаломісткості, спрощення конструкцій та впровадження оригінальних концепцій модульності [11, С.275]. Саме завдяки дизайнерським рішенням з'явилися

сучасні платформи з уніфікованими вузлами, що значно полегшують ремонт, модернізацію та повторне використання компонентів.

Ще однією важливою компетентністю дизайнера є етичний вимір професії. У науковій літературі набуває поширення термін «екодизайнер» — фахівець, який у своїй діяльності дотримується принципів відповідальності перед довкіллям і суспільством [12, С.31]. Для автомобільної галузі це означає необхідність оцінювати екологічний вплив не лише на етапі створення продукту, а й під час його експлуатації, утилізації та вторинної переробки. Дизайнер має усвідомлювати, що прийняте ним рішення щодо матеріалу або способу з'єднання матиме наслідки протягом десятків років.

Варто зазначити й зростаючу роль проектної етики, яка вимагає від дизайнера враховувати інтереси майбутніх поколінь. У контексті автомобільного дизайну це проявляється у трансформації підходів до формотворення: замість орієнтації на швидкоплинні стилістичні тренди дизайнер прагне створювати довговічні, ремонтпридатні та технологічно гнучкі конструкції [33, С.94]. Такий підхід сприяє зменшенню темпів споживання матеріальних ресурсів та зниженню інтенсивності виробничих процесів, що позитивно позначається на стані довкілля.

Особливої уваги заслуговує участь дизайнера в організації циклічних процесів виробництва, зокрема у створенні виробів, які можуть повертатися у виробничий цикл після завершення терміну служби. Це стосується не лише конструктивних особливостей, а й вибору матеріалів, які мають проходити повторну переробку без втрати ключових властивостей [14, С.203]. Саме дизайнер визначає, чи буде деталь виготовлено з комбінованого багатошарового матеріалу, який неможливо розділити, чи з мономатеріалу, що легко піддається вторинній переробці. Таким чином, дизайнер фактично формує основу циркулярного виробництва.

У контексті цифрових трансформацій, що активно відбуваються у світовій автомобільній промисловості, дизайнер набуває нових інструментів для створення сталих інновацій. Цифрові макети, симуляції, параметричне

моделювання дозволяють значно зменшити кількість фізичних прототипів, які зазвичай потребують великих витрат матеріалів та енергії [15, С.118]. Застосування цифрових технологій не лише скорочує обсяг виробничих відходів, а й підвищує точність проєктних рішень, що зменшує ймовірність подальших коригувань та переробок.

Сучасний дизайнер також виступає як комунікатор сталих цінностей, оскільки саме він презентує інновації керівництву компанії, партнерам та споживачам. Від того, наскільки переконливо дизайнер аргументує необхідність екологічних змін, залежить швидкість і масштаб впровадження таких рішень. У багатьох компаніях дизайнер бере участь у створенні екоінформаційних кампаній, демонструючи вплив конструктивних рішень на довкілля та переваги сталих матеріалів [16, С.47]. Така діяльність сприяє формуванню нової корпоративної культури та розвитку екологічної свідомості працівників.

Варто також наголосити, що дизайнер виступає ініціатором експериментальних підходів, які згодом формують нові стандарти галузі. Наприклад, випробування біополімерів, вторинних металів, рослинних композитів або інноваційних структур типу «сендвіч» часто починаються саме з дизайнерських лабораторій, де фахівці тестують їхню придатність до формотворення, фарбування та з'єднання [17, С.314]. Таким чином, дизайнер не лише адаптує існуючі технології, а й формує підґрунтя для наукових та інженерних відкриттів.

Ще одним аспектом діяльності дизайнера є робота з емоційним сприйняттям продукту, оскільки екологічна інновація має бути не лише функціональною, а й привабливою. Споживачі охочіше приймають екологічні рішення, якщо вони подані у формі високоякісного продукту, який викликає позитивні емоції [18, С.66]. Саме дизайнер формує ці емоційні характеристики — пропорції, фактури, кольорову палітру, інтерфейс, візуальні акценти. Баланс між технічною доцільністю та емоційним комфортом є ключовим фактором поширення сталих інновацій на ринку.

3.3. Концепція сталого дизайн-мислення як інноваційний підхід у транспортному дизайні.

У контексті екологічної відповідальності та сталого розвитку транспортного дизайну зростає значення підходів, які дозволяють взаємодіяти з користувачем, екологією та економікою на ранніх етапах проєктування. Саме такою методологією є дизайн-мислення, адаптоване до задач сталого дизайну. Поєднання гнучкого, креативного підходу з екологічною свідомістю дає можливість створювати транспортні засоби, які відповідають сучасним вимогам як з точки зору користувача, так і довкілля.

Дизайн-мислення - це інструмент, який ставить у центр уваги потреби користувача, але водночас передбачає глибоке занурення у соціальні, екологічні та матеріальні аспекти. Згідно з дослідженнями, адаптація дизайн-мислення до завдань сталого розвитку дозволяє інтегрувати екологічні критерії вже на ранніх етапах проєктування, що значно підвищує ефективність екологічних рішень і зменшує ризики, пов'язані з ресурсомісткістю чи майбутнім утилізаційним навантаженням [1, С.2–4].

При цьому підхід передбачає ітеративність, гнучкість, відкритість до експериментів і готовність переглядати рішення з огляду на нові дані — що є важливим в умовах швидкої еволюції технологій, матеріалів та екологічних стандартів. Така методологія дозволяє створювати дизайн-концепції, які вже «вбудовані» у систему сталого майбутнього: з мінімальним впливом на довкілля, з орієнтацією на ресурсо- і енергоефективність, на можливість переробки, на адаптацію до змін.

Класичні етапи дизайн-мислення — емпатія, фокусування, генерація ідей, прототипування, тестування — у контексті сталого автомобільного дизайну доповнюються екологічно орієнтованими практиками. Наприклад:

Емпатія тут означає не лише з'ясування потреб користувача, а й розуміння його екологічної свідомості, стилю життя, ставлення до екології та

споживання — що дає змогу проєктувати авто з розумінням майбутньої екологічної поведінки.

Фокусування передбачає формулювання не просто функціонального, а екологічно відповідального завдання — з врахуванням матеріалів, можливостей переробки, довговічності, ергономіки та сценаріїв виробництва.

Генерація ідей стає простором для експериментів: альтернативні матеріали, модульні компоненти, конструкції, орієнтовані на ремонтпридатність, повторне використання, зменшення маси та спрощення збірки. Екологічне переосмислення стимулює творчість, адже змушує виходити за межі звичних рішень.

Прототипування — не просто створення макету, а тестування екологічних сценаріїв: легкість розбирання, можливість заміни модулів, оцінка впливу матеріалів, перевірка ергономіки з точки зору тривалого використання та зручності обслуговування.

Тестування і зворотній зв'язок — тут важливо не лише зворотній зв'язок від користувача, а й екологічна експертиза: аналіз матеріалів, можливостей переробки, довговічності, ремонтпридатності. Це допомагає доопрацювати концепт так, щоб він був реалістичним і відповідав принципам сталості.

Такий адаптований цикл забезпечує, що вже на етапі концепції закладаються екологічні, соціальні й технічні параметри, які формуватимуть долю автомобіля впродовж його життєвого циклу.

Інструменти та підходи, що підсилюють ефективність сталого дизайн-мислення

Для того, щоб дизайн-мислення справді працювало як методологія сталого проєктування, потрібне поєднання декількох підходів і інструментів:

- Мультидисциплінарні команди — до процесу залучають не лише дизайнерів, а й екологів, інженерів, матеріалознавців, маркетологів. Такий підхід забезпечує комплексний аналіз усіх аспектів: матеріалів, технологій, ринку, екології.

- Застосування методів аналізу життєвого циклу або адаптованих екодизайнерських методологій — для оцінки матеріалів, енерго- та ресурсоспоживання, прогнозів вторинної переробки. Так, існують сучасні методики, які дозволяють інтегрувати екологічну оцінку прямо в процес дизайну, адаптуючи класичні методи до ітеративної природи дизайн-процесу [5, С. 5–8].

- Гнучкі підходи до проектування: комбінування традиційного інженерного підходу, дизайн-мислення й agile-практик, що дозволяє адаптувати рішення до змін, підвищувати стійкість і зменшувати ризики. У дослідженнях зазначається, що така комбінація підходів є ефективною для розробки складних продуктів — включно з транспортними засобами [1, С.3; 33, С.7–9].

- Інтеграція користувача: включення на початкових етапах реальних потреб, соціальних і екологічних пріоритетів. Це дозволяє створювати продукти, які користувачі сприймають як цінні, які мають тривалий строк служби, зручні, екологічні та адаптовані до реального використання [16, С.366–369].

Як показують сучасні дослідження, сталий дизайн-підхід відкриває низку переваг:

- дозволяє закласти екологічні критерії з самого початку, що зменшує потребу в дорогих переділах або модифікаціях у майбутньому;

- сприяє креативності та інновації — дизайнери змушені шукати нові матеріали, форми, способи з'єднання, модульності, що може призвести до проривних рішень;

- підвищує відповідальність компанії — дизайн стає елементом корпоративної екологічної стратегії, що має значення для репутації та конкурентоспроможності.

Разом з тим, існують і виклики:

- інтеграція екологічних критеріїв часто конфліктує з вимогами масового ринку (ціна, вартість виробництва, терміни, технологічні обмеження);
- потреба в мультидисциплінарних командах та нових компетенціях — інженери, екологи, дизайнери, маркетологи мають працювати спільно;
- необхідність адаптації виробничих процесів, що може вимагати значних інвестицій і часу.

Незважаючи на це, численні дослідження доводять, що для досягнення цілей сталого розвитку, а також формування екологічно відповідального та конкурентного продукту, сталий дизайн-підхід не просто корисний — він необхідний [13, С.817; 14, С.1–5].

Значення сталого дизайн-мислення особливо зростає в контексті глобальних викликів — кліматичної кризи, виснаження ресурсів, забруднення навколишнього середовища. Доступні дослідження показують, що дизайн-мистецтва може бути інструментом реалізації цілей сталого розвитку, закладених міжнародними угодами та локальними екологічними політиками [14, С.2–3].

Водночас, для країн із перехідною економікою (таких як Україна) застосування цього підходу має особливе значення: воно дозволяє враховувати локальні ресурси, соціальні умови, культурні контексти, економічні обмеження, і створювати продукти, які є не просто екологічними за ідеєю, а адаптованими до реалій ринку та побуту. Саме тоді сталий дизайн набуває сенсу як практика, а не як декларація.

У сучасному транспортному дизайні методологія сталого дизайн-мислення дедалі більше набуває характеру міждисциплінарної парадигми, що поєднує гуманітарні та технічні підходи, системний аналіз і орієнтовану на людину інженерію. Дизайнер, який працює у сфері автомобільного проєктування, має не лише створювати візуально привабливі рішення, а й мислити категоріями матеріальних потоків, життєвих циклів, технологічних

можливостей і майбутніх екосистем експлуатації. Саме тому сталий підхід потребує від фахівця сформованих навичок критичного мислення, здатності прогнозувати наслідки своїх рішень у довгостроковій перспективі та бачити транспортний продукт як частину ширшої урбаністичної, природної та соціальної мережі [23, С.5–7].

Сталий дизайн у транспортній сфері неможливо уявити без глибокої роботою зі сценаріями майбутнього, оскільки кожен новий автомобіль функціонує не ізольовано, а у взаємодії з інфраструктурою, користувацькими практиками і навколишнім середовищем. Саме тому у світовій науковій літературі дедалі частіше наголошується на значенні сценарного мислення як ключового елементу методології сталого дизайну. Використання цього підходу дозволяє проєктантові моделювати різні варіанти еволюції продукту, враховуючи можливості оновлення, модернізації, модульної заміни компонентів, а також різні умови експлуатації — від щільного урбанізованого середовища до віддалених регіонів із мінімальною інфраструктурою [16, С.370–372]. Такий підхід дає змогу сформувати не лише кінцевий продукт, а й передбачити його поведінку у різних контекстах, оцінити навантаження на довкілля, обрати матеріали та конструктивні рішення, які забезпечать мінімальний екологічний слід протягом усього життєвого циклу.

Важливим інструментом у методології сталого дизайн-мислення є визначення екологічних індикаторів, які дозволяють інтегрувати кількісні критерії в процес творчого прийняття рішень. Дизайнер працює не лише з образами та функціями, а й із даними — матеріальними, енергетичними, виробничими. У наукових роботах наголошується на тому, що оцінка інтенсивності використання матеріалів, складності їх поділу після завершення циклу, енергоємності виробничих етапів та потенціалу вторинної переробки має бути включена вже на ранню стадію концептуального проєктування [23, С.8–10]. Така інформація може суттєво вплинути на остаточне рішення: дизайнер, наприклад, може відмовитися від популярних композитів на користь однотипних матеріалів, які значно легше утилізувати; або замінити

багатошарові полімери на біоматеріали, що розкладаються природним шляхом.

Дедалі частіше екодизайнерські підходи спираються на цифрові технології — симуляції, віртуальне моделювання, цифрові твіни, великі дані. Ці інструменти дозволяють значно зменшити кількість фізичних прототипів та експериментів, скорочуючи не лише виробничий цикл, а й викиди та витрати енергії, пов'язані з виготовленням зайвих зразків [20, С.12–14]. Завдяки розвитку симуляційних технологій дизайнер може оцінити поведінку матеріалів за різних механічних і кліматичних навантажень, продумати структуру елементів таким чином, щоб забезпечити їхню максимальну довговічність, мінімальну масу та оптимальну енергоефективність. Це особливо важливо у транспортному дизайні, де маса компонентів безпосередньо впливає на витрати енергії або пального під час експлуатації.

Окремо варто наголосити на змінах у ролі дизайнера, який у парадигмі сталого мислення все більше виступає фасилітатором колективного процесу. Сучасні транспортні продукти створюються у командах, що включають інженерів, екологів, матеріалознавців, економістів, урбаністів і фахівців із логістики. Методологія сталого дизайну передбачає активну взаємодію між цими учасниками для вироблення оптимального рішення, здатного задовольнити вимоги не лише споживчі, а й екологічні та соціальні [21, С.49–51]. Дизайнер у такому контексті виступає модератором, який транслює екологічні пріоритети у технічні рішення та забезпечує синхронізацію інтересів різних сторін.

Стале дизайн-мислення також передбачає формування нового типу ціннісної моделі: дизайнер починає мислити не тільки категоріями «форми» та «функції», а й категоріями довготривалості, ремонтпридатності, циркуляції матеріалів та емоційної стійкості продукту. Останній аспект особливо важливий у сфері автомобільного дизайну, де емоційний зв'язок між користувачем і продуктом може значно продовжити тривалість експлуатації транспортного засобу. У наукових дослідженнях зазначається, що речі, які

викликають позитивне емоційне ставлення, набагато рідше замінюються на нові, що сприяє зменшенню матеріального обігу й кількості відходів [22, С.102–104]. Отже, сталий дизайн-мислення ґрунтується не лише на технічних чи екологічних аспектах, а й на глибокому розумінні людських потреб і поведінки.

Сучасні методики сталого мислення також включають роботу з майбутніми сценаріями технологічного розвитку. Дизайнер має зважати на тенденції електрифікації транспорту, впровадження автономних систем керування, цифровізацію сервісів мобільності, розвиток спільних форм користування транспортом. Усе це формує нові вимоги до конструкцій, інтер'єрів, матеріалів, систем кріплення, а також до концептуальної моделі самого транспортного засобу. Якщо раніше автомобіль розглядався як суто приватний об'єкт володіння, то нині він дедалі частіше стає елементом мережевої системи мобільності, що змінює принципи його проєктування та структуру життєвого циклу [24, С.213–215].

Таким чином, методологія сталого дизайн-мислення у транспортному дизайні постає комплексною системою взаємопов'язаних практик, які охоплюють аналіз майбутніх сценаріїв, роботу з екологічними індикаторами, використання цифрових технологій, міждисциплінарну співпрацю та орієнтацію на довготермінову цінність продукту. Цей підхід дає змогу створювати транспортні засоби, які не лише відповідають вимогам сучасного ринку, а й сприяють розвитку екологічно відповідальної інфраструктури та зменшенню навантаження на довкілля, формуючи підґрунтя для сталого розвитку галузі у майбутньому.

Висновки до третього розділу. Проведений аналіз сучасних тенденцій еко-інновацій у транспортному дизайні дозволяє зробити кілька важливих висновків щодо ролі дизайну в формуванні сталого автомобільного виробництва. По-перше, дослідження підкреслює, що дизайн безпосередньо визначає потенціал вторинної переробки та ефективність використання

матеріалів. Модульні конструкції, уніфікація деталей та застосування екологічно чистих матеріалів дозволяють значно спростити демонтаж, сортування та повторне використання компонентів, що зменшує обсяг промислових відходів і сприяє реалізації принципів циркулярної економіки. Такий підхід демонструє, що інтеграція екологічних аспектів на стадії концептуального дизайну стає ключовим фактором для довгострокової стійкості транспортних систем.

По-друге, роль дизайнера у сучасному автомобільному виробництві суттєво змінюється. Дизайнер перестає бути лише технічним виконавцем і стає стратегічним агентом сталих інновацій, здатним впливати на виробничі процеси та екологічну політику компаній. Через системне мислення, аналіз життєвого циклу продукту та врахування соціально-екологічних аспектів дизайнер здатен ініціювати зміни, які зменшують негативний вплив на навколишнє середовище, підвищують ефективність ресурсокористування та створюють додаткову цінність для користувача і суспільства. Вплив людського фактора у цьому контексті є визначальним, оскільки саме дизайнер формує перші принципи екологічної відповідальності, закладені у концепцію майбутнього транспортного засобу.

По-третє, застосування методології сталого дизайн-мислення дозволяє поєднати творчий процес з екологічними та економічними вимогами. У центрі цього підходу стоїть не лише естетика та функціональність, а й комплексне оцінювання впливу матеріалів, технологій і виробничих процесів на довкілля. Проектування з урахуванням сталих принципів передбачає інтеграцію міждисциплінарних знань, тестування прототипів, врахування потенціалу повторного використання компонентів і прогнозування майбутніх екологічних ризиків. Такий підхід сприяє формуванню нових стандартів проектування та стимулює розвиток інноваційних матеріалів і технологій у транспортному секторі.

Таким чином, розділ показує, що сучасний транспортний дизайн перебуває на перетині інноваційних технологій і сталих практик. Інтеграція

принципів вторинної переробки, активна роль дизайнера як агента змін та використання методології сталого дизайн-мислення створюють комплексну систему, здатну забезпечити одночасно функціональність, економічну ефективність і екологічну безпеку транспортних засобів.

Висновки розділу підтверджують, що сталий дизайн у транспортній галузі є не лише естетичною чи інженерною задачею, а й важливим механізмом забезпечення ресурсної ефективності та зниження екологічного впливу виробництва. Інтеграція екологічних аспектів у проектування транспортних засобів дозволяє компаніям підвищити конкурентоспроможність, відповідати міжнародним стандартам сталого розвитку та формувати позитивний імідж серед споживачів, які все більше цінують екологічну відповідальність.

РОЗДІЛ 4

ПРОЄКТНА ЧАСТИНА: РОЗРОБКА ДИЗАЙН- КОНЦЕПТУ СТАЛОГО АВТОМОБІЛЯ

4.1. Концептуальна ідея та філософські засади проєкту.

Сучасний світ стоїть перед низкою серйозних викликів: зміна клімату, виснаження ресурсів, перевантаження екосистем, велика матеріаломісткість виробництв. У відповідь на це зростає потреба у новому погляді на мобільність — не як на символ статусу чи надлишкового споживання, а як на інструмент, який має бути доступним, функціональним, екологічно відповідальним і адаптивним. Саме ця парадигма стала фундаментом запропонованої концепції сталого автомобіля, яку можна описати через кілька ключових ідей.

Перш за все, автомобіль розглядається як чиста платформа — базова «порожня основа», на якій користувач чи власник може «будувати» свій транспорт під свої потреби. У базовій версії передбачається мінімальна комплектація: базова рама/шасі, електрична силова установка, базовий набір інтер'єрних компонентів, без надмірних «надбудов», декоративних елементів або опцій. Така «спрощена» база означає зниження матеріальних і енергетичних затрат на виробництво, зменшення кількості компонентів, що потребують складної обробки, фарбування, фарбозабарвлення, що, в свою чергу, знижує екологічне навантаження на виробничий цикл.

Водночас цей підхід передбачає високу гнучкість і модульність. Завдяки модульній архітектурі, базову платформу можна перетворити на різні конфігурації: утилітарний пікап, компактний міський автомобіль, невеликий універсал або навіть невеликий SUV — шляхом додавання/заміни компонентів, модулів, кузовних панелей, панелей інтер'єру, корпусних обшивок. Така адаптивність дозволяє задовольнити широкий спектр потреб користувачів, не створюючи одночасно безліч схожих моделей, що зменшує

виробничі витрати, знижує необхідність штампування багатьох варіантів кузовів, а також зменшує кількість відходів від непроданих або рідко використовуваних версій.

Також важливо, що концепція передбачає демократизацію мобільності — зробити екологічний, електричний автомобіль доступним для широкого кола споживачів. Завдяки мінімалізму у базовій комплектації, простоті конструкції, відмові від дорогих оздоблень, дорогих лакофарбових процесів та багатьох складних систем, можна значно знизити вартість виробу. Це дозволяє зменшити бар'єр входу для осіб, які раніше не могли собі дозволити електромобіль або екологічно орієнтований транспорт, що розширює коло користувачів і зменшує екологічний тиск, пов'язаний з масовим виробництвом складних і дорогих авто.



Іл. 4.1 Кузов з автомобільним кунгом і без нього

Філософія концепції також передбачає прозорість і відкритість до змін: замість того, щоб диктувати кінцевий, завершений продукт, передбачено, що автомобіль — це «полотно», яке можна змінювати, оновлювати, модернізувати, адаптувати. Такий підхід сприяє довговічності, зменшенню морального та технологічного старіння, зменшенню потреби у повній заміні

транспортного засобу кожні кілька років. Це наближає концепцію до ідеалів циркулярної економіки: повторне використання, модернізація, адаптація, зменшення відходів.

Ключовим принципом цієї концепції є свідомий мінімалізм: «менше — значить більше». Мінімальна необхідність, проста та логічна конструкція, відмова від надлишкових елементів, декоративних форм, дорогих фарб, лаків, опцій — усе це зменшує ресурсозатрати, шкідливі викиди, енергоспоживання і складність виробництва. При цьому зберігається основна функція — мобільність, комфорт, практичність.

Таким чином, запропонована концепція поєднує філософію соціальної справедливості (доступність авто широкому колу), екологічну відповідальність (менше витрат ресурсів, менше відходів, простота утилізації або модернізації), гнучкість та адаптивність (модульна архітектура, кастомізація), а також орієнтацію на довговічність і життєву циклічність продукту. Такий підхід відповідає сучасним викликам сталого розвитку, потребам екології, зміненим споживчим пріоритетам і при цьому зберігає практичну цінність автомобіля як засобу пересування.



Іл. 4.2 Вигляд у профіль

Отже, ідея цього концепту — не створити «розкішний екологічний автомобіль преміум-класу», а запропонувати функціональний, доступний та свідомо простий транспортний засіб, який є платформою для індивідуальних потреб, з мінімальним екологічним і ресурсним навантаженням, здатним змінюватися разом з його власником. Такий підхід надає змогу впровадити екологічні цінності в масове виробництво, змінити парадигму автоіндустрії з надмірного споживання на відповідальне користування та повторне використання.

4.2. Розроблення та формування технічного завдання.

Формування технічного завдання для проектування сталого автомобіля є ключовим етапом, який визначає рамки концепції, функціональні вимоги, матеріальну базу та очікуваний рівень екологічної ефективності. У контексті розробки доступного, модульного та екологічно відповідального автомобіля

технічне завдання повинне відображати не лише традиційні конструктивно-технічні параметри, а й ширший комплекс вимог, пов'язаних із принципами сталості, довговічності, можливості модернізації та мінімізації впливу на довкілля.

У першу чергу технічне завдання визначає загальну архітектуру транспортного засобу, яка базується на концепції «чистої платформи». Це означає вибір уніфікованого шасі з електричною силовою установкою, здатного слугувати основою для різних конфігурацій — від базового міського транспорту до утилітарного комерційного варіанта. Архітектура має бути максимально простою, з мінімальною кількістю унікальних деталей, щоб забезпечити зниження виробничих витрат, пришвидшити ремонт і полегшити модернізацію.



Іл. 4.3 Схема змінних деталей кузова

Наступним важливим компонентом ТЗ є модульність, яка передбачає можливість швидкої заміни або додавання зовнішніх панелей, функціональних модулів, інтер'єрних блоків і технічних елементів. Модульна система повинна бути технічно стандартизованою: однакові точки кріплення, спільні габаритні параметри панелей, уніфіковані електричні порти та комунікаційні вузли. Завдяки цьому автомобіль може адаптуватися під різні сценарії використання без повного перероблення конструкції.

Окремий блок ТЗ присвячено екологічним характеристикам матеріалів, які мають відповідати принципам низької матеріаломісткості, можливості

вторинної переробки та мінімального токсичного впливу під час виробництва і утилізації. У вимогах зазначається використання перероблених полімерів, біокомпозитів, алюмінієвих сплавів із високою часткою вторинної сировини, а також відмова від традиційних лакофарбових покриттів на користь текстурованих або пігментованих у масі панелей. Це не лише покращує екологічність, а й знижує вартість технологічних операцій.

Функціональні вимоги ТЗ також включають простоту технічного обслуговування та ремонтпридатність, що є важливою складовою концепції довговічності. Компоненти силової установки, акумуляторний блок, електронні модулі та підвіска повинні мати легкий доступ для заміни, перевірки або оновлення. Розбірні вузли мають бути стандартизовані, з обмеженою кількістю кріплень і максимально логічною конструкцією. Водночас ТЗ передбачає можливість поступової модернізації: заміна батареї на більш енергоефективну, встановлення нових інтелектуальних блоків, оновлення модулів інтер'єру відповідно до потреб користувача.

Окреме місце в технічному завданні посідає соціальний аспект дизайну — доступність. Автомобіль повинен бути економічно доступним для широких груп споживачів, а його конструкція — не надмірно складною для виробництва. У ТЗ це закріплюється через вимоги до максимально простої геометрії кузовних деталей, мінімалістичного інтер'єру, відмови від дорогих декоративних елементів та зменшення кількості електромеханічних систем, які не є критично необхідними. Такий підхід не лише знижує вартість, а й сприяє зменшенню обсягу компонентів, що потребують заміни.

ТЗ містить також вимоги до ергономіки та універсальності інтер'єру. Передбачається, що інтер'єр буде спроектований на основі принципу «функціонального мінімалізму» — лише ті елементи, які необхідні для безпечного і комфортного використання. Проте інтер'єр повинен залишатися трансформованим: можливість перестановки або зняття сидінь, зміна конфігурації багажного простору, додавання функціональних модулів, адаптація до перевезення вантажів чи пасажирів.



Іл 4.4 Додаткове відділення для багажу

У технічному завданні також визначено базові параметри силової системи: електричний привід із середнім запасом ходу, який відповідає міському та приміському використанню, можливість швидкої зарядки, низький рівень енергоспоживання, висока ефективність рекуперації. Оскільки концепція орієнтована на масового користувача, акцент робиться не на рекордних показниках, а на стабільності, доступності та довговічності.

Важливо, що ТЗ охоплює і вимоги до кінцевої екологічної ефективності, які виражаються в мінімізації викидів на етапі виробництва, зниженні маси автомобіля, підвищенні коефіцієнта повторного використання компонентів, а також можливості повної або часткової утилізації після завершення життєвого циклу.

Таким чином, технічне завдання на дизайн сформоване як комплексний документ, який визначає не тільки конструктивні та функціональні параметри автомобіля, але й задає напрям усього проєкту: доступність, модульність, екологічність, довговічність та здатність до адаптації. Воно створює основу для подальших дизайнерських рішень та формує сталу методологію проєктування, у якій автомобіль виступає не як статичний продукт, а як гнучка платформа, здатна еволюціонувати разом із користувачем та вимогами часу.

4.3. Дизайн-концепція екстер'єру сталого автомобіля.

Концепція екстер'єру розроблюваного сталого автомобіля ґрунтується на поєднанні мінімалізму, функціональності та екологічної логіки, що виражається у кожному елементі зовнішнього образу. Основною ідеєю є створення впізнаваної, але водночас адаптивної форми, яка може підлаштовуватися під різні сценарії використання, залишаючись при цьому цілісною з точки зору стилю та конструкції. Таке рішення відповідає сучасним тенденціям транспортного дизайну, орієнтованим на зменшення матеріалоемності, універсальність та довготривалість експлуатації.

Форма автомобіля базується на чистих геометричних лініях і плавних радіусах, які забезпечують не лише естетичність, але й оптимальну аеродинаміку. При цьому пропорції витримані таким чином, щоб поєднати компактність міського транспорту з функціональністю повноцінного сімейного автомобіля. Низький коефіцієнт лобового опору досягається завдяки мінімізованим переходам між панелями, оптимізованому нахилу лобового скла та обтічним боковим поверхням. Усі ці рішення спрямовані на зниження енергоспоживання, що є ключовим аспектом для електричних та гібридних транспортних засобів.



Іл. 4.5 Кузов з заднім рядом сидінь

Особливу увагу приділено світловій графіці екстер'єру — вона побудована на основі безшовних LED-елементів, які формують впізнавану «світлову підписку». Передня частина виконана без традиційної решітки радіатора, що відповідає сучасним електромобільним трендам. Натомість поверхня складається з гладкої панелі зі світловим модулем, який виконує не лише функцію освітлення, але й комунікації з пішоходами та іншими учасниками руху (динамічні сигнали, кольорова індикація режимів роботи тощо).

Бокова частина екстер'єру побудована за принципом візуальної монолітності, без зайвих штрихів і рельєфів. Така композиція не лише створює сучасний вигляд, але й полегшує виробництво та підвищує придатність панелей до вторинної переробки. Легкі полімерні композити та вторинні

алюмінієві сплави формують характерний «гладкий» силует, який зменшує кількість технологічних швів та стиків.



Іл. 4.6 Кузов з заднім рядом сидінь

Однією з найважливіших особливостей зовнішньої концепції є впровадження універсальної модульної архітектури кузова, що відкриває широкі можливості для персоналізації та функціональної адаптації транспортного засобу. Конструкція передбачає єдину структурну основу — платформу та силовий каркас, на які кріпляться зовнішні панелі та декоративні елементи, що легко знімаються та замінюються.

Усі модулі фіксуються за допомогою стандартизованих точок кріплення, що дозволяє власнику самостійно встановлювати різні варіанти панелей без необхідності звернення до сервісних центрів. Така система дає змогу створити

автомобіль, який не є статичним продуктом, а персоналізованою платформою, що розвивається та змінюється разом із користувачем.

До змінних елементів належать:

- зовнішні бокові панелі дверей і крил;
- модулі передньої декоративної панелі зі змінною світловою графікою;
- задні панелі з альтернативними дизайнами ліхтарів;
- змінні арки та аеродинамічні накладки;
- декоративні та захисні накладки з матеріалів різних типів (перероблені пластики, біокомпозити, металеві панелі).

Майбутній власник може зібрати автомобіль «під себе», змінюючи стиль — від стриманого міського до експресивного спортивного або туристичного. Наприклад, для щоденного користування встановлюються легкі гладкі панелі з мінімалістичними формами, тоді як для подорожей можуть використовуватися міцніші елементи з додатковими кріпленнями під інвентар.

Ключовою перевагою модульності є її екологічна ефективність: у разі пошкодження немає потреби ремонтувати або перефарбовувати всю секцію кузова — достатньо замінити окрему панель. Це значно зменшує обсяг відходів, продовжує життєвий цикл автомобіля та сприяє циркулярній економіці.

Модульна структура також стимулює розвиток локальних виробників, які можуть створювати незалежні набори панелей. Таким чином формується дизайнерська екосистема, де автомобіль стає платформою для постійного оновлення, а не кінцевим завершеним об'єктом.

Візуальна легкість автомобіля поєднується з ретельним опрацюванням аеродинамічних характеристик. Плавні переходи на даху, мінімізовані щілини між дверима та панелями, оптимізована форма задньої частини сприяють зменшенню турбулентності. Додаткові аеродинамічні модулі можуть встановлюватися користувачем за потреби — наприклад, подовжений спойлер або бокові дефлектори.



Іл 4.7 Приклади колісних дисків

Колісні диски мають змінні накладки, що не лише покращують аеродинаміку, а й дозволяють персоналізувати вигляд. Розташування зарядного порту інтегровано в передню частину кузова та приховане під рухомою декоративною панеллю, що підтримує цілісність композиції.

Виробництво зовнішніх панелей орієнтоване на мінімізацію екологічного впливу. Застосовуються:

- вторинні алюмінієві сплави з енергозберігальним циклом опрацювання;
- біокомпозитні панелі на основі льону, коноплі та біосмол;
- перероблені полімери, що легко піддаються повторному використанню;
- структурні панелі з термопластів, придатні до рециклінгу після завершення життєвого циклу.

Кожна панель маркується цифровим кодом, що дозволяє визначити склад матеріалу та відправити її на правильний тип переробки. Це сприяє повній циркулярності матеріального циклу.

Загальна стилістична концепція проєкту ґрунтується на поєднанні трьох ключових принципів сучасного автомобільного дизайну: функціональної адаптивності, емоційної впізнаваності та довготривалої актуальності форми. Усі елементи екстер'єру мають не лише виконувати практичну роль, але й працювати як частина візуальної мови бренду, створюючи образ, який легко ідентифікується навіть за силуетом. Саме тому базова архітектура кузова проєктувалася як універсальна платформа — «чистий лист», який дозволяє вибудувати цілу екосистему автомобільних виконань на основі однієї геометрії.

Важливою складовою стилістичного підходу стала інтеграція модульних рішень у зовнішній вигляд автомобіля. Механізм швидкої зміни окремих панелей, декоративних накладок чи світлових елементів не тільки дає змогу власнику персоналізувати автомобіль під власні уподобання, але й формує новий тип взаємодії між користувачем та продуктом. Автомобіль перестає бути статичним у своїй зовнішності — він стає «живою» платформою для самовираження, адаптації та оновлення. Завдяки цьому стилістичні модифікації не сприймаються як сторонні чи несумісні, адже їхня геометрія та пропорції спочатку закладені в ДНК загального дизайну.

Емоційний характер форми підсилюється контрастністю основних ліній: плавні, аеродинамічні поверхні поєднуються з акцентними технічними деталями, які зберігають дух інженерної естетики. Це створює баланс між сучасністю та спадковістю, між раціональною логікою конструкції та емоційною виразністю. Такий підхід дозволяє автомобілю виглядати сучасно в момент презентації та зберігати актуальність у довгостроковій перспективі, оскільки основа стилю не залежить від короткотривалих трендів.

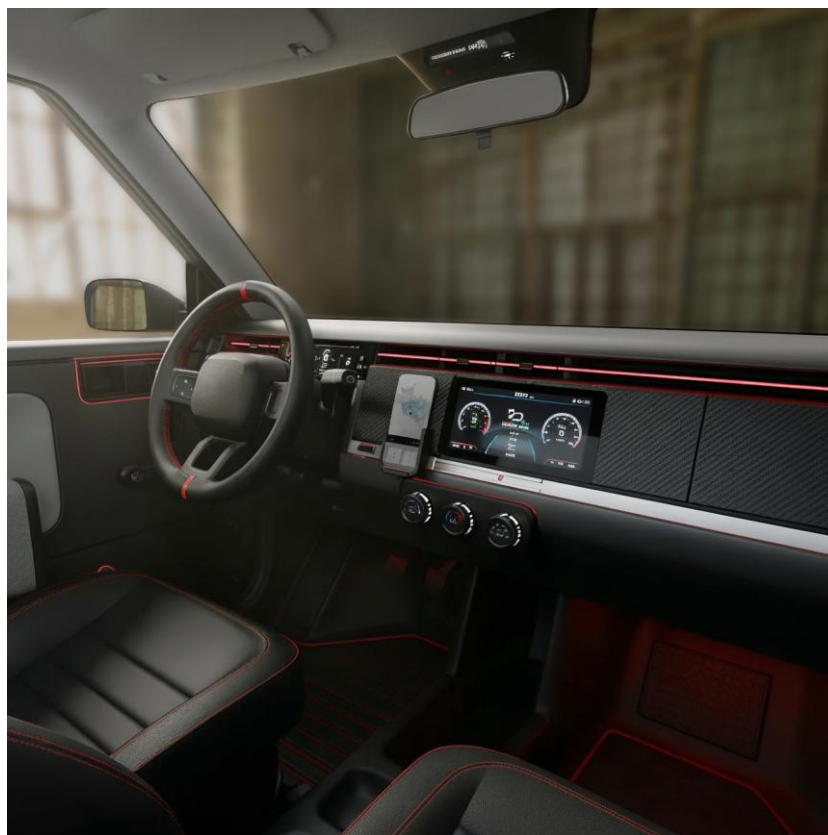
Ще одним принципом є орієнтація на «гнучкі образи». Візуальна ідентичність моделі може змінюватися залежно від встановлених модулів:

більш агресивний вигляд для спортивної версії, спокійніші строго-геометричні лінії для міських чи сімейних виконань, або навіть елементи підвищеної захищеності для пригородницьких версій. Усі ці варіації залишаються впізнаваними частинами однієї стилістичної сім'ї завдяки спільним пропорціям, характерним лініям профілю та уніфікованим світловим підписам.

Загалом стилістична концепція проєкту формує нове розуміння автомобіля як адаптивного, динамічного та персоналізованого об'єкта. Він не обмежує користувача рамками однієї комплектації чи одного візуального образу, а навпаки — відкриває можливість створення власної унікальної конфігурації, що відповідає стилю життя, професії чи особистим смакам. Таким чином екстер'єр стає не просто оболонкою, а ключовою частиною досвіду користування, де індивідуальність та функціональність невід'ємно пов'язані між собою.

4.4. Дизайн-концепція інтер'єру сталого автомобіля.

Концепція інтер'єру майбутнього автомобіля ґрунтується на принципах адаптивності, ергономічної ясності та емоційної взаємодії людини з простором. Подібно до екстер'єру, внутрішній простір проєктується як модульна платформа, що легко змінюється залежно від потреб користувача, забезпечуючи новий рівень персоналізації. Основна ідея полягає в тому, щоб інтер'єр не був фіксованою конструкцією, а виступав «середовищем», яке можна налаштовувати у фізичному, технологічному та емоційному вимірах.



Іл. 4.8 Декоративна панель з карбону і переробленого пластику

Першим базовим принципом є просторовий мінімалізм — оптимізація обсягу та сприйняття внутрішнього простору за рахунок чистих ліній, продуманої геометрії поверхонь і відсутності візуального перевантаження. Такий підхід дозволяє зберегти відчуття повітряності навіть у компактній кабіні. Важливим завданням проєкту стало забезпечення максимальної легкості навігації всередині автомобіля: усі функційні блоки згруповані за логікою використання, а другорядні елементи винесені на рівень цифрової інтеграції. Це створює інтер'єр, у якому водій та пасажери інтуїтивно орієнтуються без необхідності відволікатися.

У центрі концепції знаходиться ідея «адаптивної панелі керування». Центральна консоль розглядається не як статична панель, а як змінна модульна поверхня, що може налаштовуватися під різні сценарії: міську їзду, тривалі подорожі, спортивний режим чи робочий формат. За рахунок магнітних фіксаторів та універсальної геометрії користувач може змінювати

розташування окремих елементів: тримачів, органайзерів, сенсорних панелей або фізичних перемикачів. Це вирішує проблему надлишкового оснащення та дає можливість власнику створити індивідуальну логіку управління автомобілем.

Аналогічний підхід застосовано до архітектури сидінь. Завдяки змінним бічним елементам та універсальній конструкції крісла можна конфігурувати під різні стилі їзди: м'яку комфортну посадку, більш спортивну зі щільнішою боковою підтримкою або навіть мінімалістичні легкі сидіння для міського виконання. Така універсальність підкреслює ключову ідею всього проекту — адаптивність як основа дизайну.

Для формування відчуття простору в інтер'єрі важливу роль відіграє освітлення. Світлодіодні контурні лінії не лише підкреслюють основні форми, але й виступають частиною емоційної взаємодії між користувачем і автомобілем. Світлова система змінює температуру та інтенсивність залежно від режиму руху, зовнішніх умов та вподобань водія. Це дозволяє створити індивідуальну атмосферу — від нейтрально-спокійної до динамічно-спортивної.



Іл. 4.9 Автомобільні сидіння

У матеріалах інтер'єру застосовується принцип універсальної замінності. Окремі декоративні панелі, вставки, елементи обшивки та навіть

частини дверної карти виконані у форматі швидкозмінних модулів. Користувач отримує можливість оновлювати або персоналізувати інтер'єр без складних демонтажних робіт — за тим самим принципом, що й у екстер'єрі. Такий підхід формує нове уявлення про життєвий цикл автомобіля: його внутрішній вигляд може еволюціонувати паралельно зі змінами у стилі, потребах або смаку власника.

Невід'ємною частиною концепції є ергономічна оптимізація. Геометрія панелі приладів, кут нахилу центрального дисплея, положення органів керування та траєкторія руху руки водія проєктуються з урахуванням принципів проактивної ергономіки. Завдання полягає не лише в комфорті, але й у скороченні часу реакції, підвищенні безпеки та зниженні когнітивного навантаження. В інтер'єрі передбачено зонування, що розділяє простір водія та пасажирів, але без жорсткого візуального поділу: межі м'яко підкреслені лініями освітлення та зміною текстур.

Особливу увагу приділено цифровій екосистемі автомобіля. Інтерфейс керування побудований за принципами «інформаційної тиші» — на екрані присутні лише ті функції, які актуальні в конкретний момент. Це забезпечує чисте інформаційне поле та зменшує втому під час тривалих поїздок. Водночас система передбачає можливість розширення: установлення додаткових віджетів, зміни теми, підключення зовнішніх сервісів. Екран не прив'язаний до однієї конфігурації — він працює як адаптивний простір, що налаштовується під користувача.

У контексті загальної концепції проєкту інтер'єр виступає не окремим елементом, а продовженням ідеології універсальності та персоналізації екстер'єру. Як і зовнішні панелі кузова, внутрішні елементи виконані з використанням системи стандартизованих кріплень та взаємозамінних модулів, що дозволяє створити індивідуальний простір на основі єдиної архітектури. Завдяки цьому автомобіль стає не лише транспортним засобом, але й інструментом самовираження, який змінюється разом зі своїм

користувачем.

4.5. Обґрунтування вибору перероблених та біорозкладних матеріалів у проєкті.

Використання перероблених та біорозкладних матеріалів у сучасному автомобільному дизайні стає не лише етичним рішенням, а й конкурентною перевагою. Підхід, закладений у даному проєкті, базується на принципах циркулярної економіки, що покликана зменшити кількість відходів, продовжити життєвий цикл матеріалів та мінімізувати використання первинних ресурсів. У межах концепції автомобіля спеціальна увага приділяється інтеграції матеріалів нового покоління, протестованих у світових автовиробників і доцільних до впровадження у проєкт.

Для виготовлення частини силового каркаса та зовнішніх панелей використовується вторинний алюміній класу 6, отриманий шляхом плавлення виробничих відходів та зібраного алюмінієвого лому. Його механічні характеристики (міцність на розтяг, пластичність) відповідають первинному матеріалу, але вуглецевий слід знижений майже у 4–5 разів. Деякі елементи, що не піддаються значним навантаженням, виконано з магнієвих сплавів із 30–40% вмісту перероблених матеріалів, що дозволяє додатково зменшити вагу автомобіля приблизно на 12–15 кг, покращуючи енергоефективність.



Іл. 4.10 Базове і спортивне кермо

У внутрішній обшивці застосовано матеріал, виготовлений із пластикових пляшок та відходів текстильної промисловості. Він використовується для:

- обшивки дверей,
- декоративних панелей,
- частини центральної консолі,
- вентиляційних дефлекторів.

Поверхня ПЕТ проходить термоформування та покриття тонкими шарами біолаків, що підвищують стійкість до подряпин. Його використання дозволяє зменшити частку первинного пластику приблизно на 40%.

Для каркаса сидінь використано високоміцний поліамід, отриманий із риболовецьких сіток, взуттєвих відходів та технічних текстильних виробів. Цей матеріал має високу міцність і стійкість до деформацій, що робить його екологічно вдалою альтернативою традиційним нафтополімерним системам.

Одним із головних інноваційних рішень у проєкті є використання біокомпозитів, створених на основі волокон коноплі, льону та бамбука, змішаних із біополімерними смолами. Такі матеріали використовуються для:

- облицювання передньої панелі,
- елементів багажного відсіку,
- декоративних вставок дверей,
- конструктивних деталей низького навантаження.

Їхні переваги:

- зменшення ваги компонентів на 25–30%,
- здатність до біологічного розкладання,
- висока ударостійкість,
- приємна тактильність без додаткових покриттів.

У порівнянні з традиційним ABS-пластиком, волокнисті біокомпозити демонструють покращену віброізоляцію, що позитивно впливає на

У проєкті передбачено використання матеріалів, які вже довели ефективність у таких брендів, як BMW, Volvo, Polestar, Audi:

- Штучна екошкіра з кукурудзяного поліолу (частково біорозкладна), що замінює ПВХ і має нижчий вуглецевий слід.
- Мікрофібра з переробленого текстилю, яка застосовується для оббивки стельової частини.
- Неткані матеріали з переробленої вовни, що забезпечують теплоізоляцію та покращують акустичні властивості.

Особливо цінним є використання біополіуретанів, що розкладаються під впливом мікроорганізмів, і є повністю безпечними в процесі утилізації.

Підлога та килимові покриття з перероблених риболовецьких сіток

Килимове покриття у салоні виготовлене з переробленого нейлону, який отримують з океанічного сміття - риболовецьких сіток, килимових відходів і промислових решток. Матеріал:

- на 100% придатний до повторної переробки,
- зберігає якість протягом кількох циклів,

- стійкий до стирання,
- має приємну текстуру.

Це дозволяє зменшити використання первинного нафтополіаміду, який є одним з найбільш енергоємних у виробництві.

Для частини ущільнювачів дверей і багажника застосовуються біоеластомери на основі природного каучуку і рослинних олій. На відміну від традиційних синтетичних гум, такі матеріали:

- мають нижчий вуглецевий слід,
- є частково біорозкладними,
- не містять шкідливих добавок і хімічних стабілізаторів.

Для фарбування екстер'єру використовується:

- водорозчинна фарба з низьким вмістом летких органічних сполук,
- порошкові покриття, що не потребують розчинників,
- антикорозійні шари на основі цинкфосфатів, які менш токсичні, ніж традиційні хромові покриття.

Застосування таких технологій скорочує викиди токсичних речовин до 60–80% у порівнянні зі старими лакофарбовими системами.

Сучасні цифрові інструменти та програмне забезпечення для проєктування дозволяють інтегрувати екологічні параметри на етапі концептуального дизайну. Наприклад, симуляції викидів, енергоспоживання та ресурсомісткості допомагають проєктантам приймати рішення, які поєднують естетику, функціональність та екологічну безпеку. Це дозволяє вже на ранніх етапах розробки уникати матеріально та енергетично неефективних рішень.

Крім того, інтеграція міжнародних і національних стандартів, таких як ISO та стандарти щодо сталого виробництва автомобілів, стимулює підприємства до системного управління екологічними ризиками, контролю викидів і ефективного використання ресурсів. Дотримання стандартів не лише зменшує негативний вплив на довкілля, а й підвищує

конкуренстоспроможність компаній, формує довіру споживачів та забезпечує соціальну відповідальність бізнесу.

Таким чином, екологічна оцінка проєкту у автомобільному дизайні є критично важливою для забезпечення відповідності сучасним екологічним вимогам, зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище, підвищення ефективності виробничих процесів і економічної доцільності. Вона дозволяє створювати автомобілі, які відповідають принципам сталого розвитку, використовують інноваційні матеріали та технології, сприяють зменшенню викидів і відходів, а також забезпечують легку переробку та повторне використання ресурсів.

Висновки до четвертого розділу. Розроблена концепція демонструє, що інтеграція універсальних змінних елементів кузова та обшивки дозволяє майбутньому власнику персоналізувати автомобіль відповідно до власних потреб і стилю життя. Такий підхід не лише підвищує функціональність і зручність використання, а й продовжує життєвий цикл автомобіля, зменшуючи потребу у повній заміні компонентів і знижуючи виробничі відходи. Крім того, впровадження модульної конструкції підкреслює можливості адаптивного дизайну та полегшує майбутню модернізацію транспортного засобу.

Використання перероблених та біорозкладних матеріалів у салоні, каркасі та зовнішніх панелях стало ключовим фактором зниження екологічного навантаження. Інтеграція легких сплавів, біокомпозитів, перероблених полімерів та екоматеріалів для інтер'єру дозволяє не лише зменшити вагу автомобіля, а й скоротити енергоспоживання на стадії виробництва та експлуатації. Окрім цього, застосування водорозчинних фарб, порошкових покриттів та біоеластомерів демонструє прагнення до мінімізації шкідливих викидів та токсичних відходів.

Концепція інтер'єру враховує ергономічність, комфорт та можливість зміни конфігурацій салону, що відповідає сучасним тенденціям персоналізації

та сталого дизайну. Розглянута філософія автомобіля передбачає створення цілісного та гармонійного продукту, який поєднує естетику, функціональність і відповідальне ставлення до навколишнього середовища. У цьому контексті дизайнер виступає агентом сталих інновацій, який об'єднує технічні, естетичні та екологічні аспекти.

Загалом, проведений розділ показує, що успішна реалізація концепції сталого автомобіля вимагає комплексного підходу, де кожен елемент — від технічного завдання до вибору матеріалів і стилістики — спрямований на мінімізацію негативного впливу на довкілля, оптимізацію ресурсів і підвищення комфорту користувача. Висновки цього розділу підкреслюють, що проектування сталих автомобілів є одночасно технологічним, дизайнерським і екологічним процесом, який визначає майбутнє транспортної індустрії у контексті відповідального споживання та сталого розвитку.

ВИСНОКИ

На підставі проведеного дослідження у відповідності з його метою і завданнями сформульовано наступні висновки:

1. У результаті систематизації наукових джерел встановлено, що сучасний автомобільний дизайн є міждисциплінарною сферою, яка інтегрує естетику, інженерію, матеріалознавство та екологічні концепції. Ключовими підходами до сталого проєктування визначено принципи циркулярної економіки, дизайн для розбирання, модульність, мінімізацію матеріаломісткості та проєктування з урахуванням життєвого циклу виробу. Наукові праці підтверджують, що сталий дизайн є системним процесом, де вибір матеріалів, конструкцій та технологій безпосередньо впливає на екологічність транспортного засобу.

2. Автомобіль визначено як складний об'єкт дизайн-проєктування, у якому рішення щодо форми, конструкції, ергономіки та матеріалів безпосередньо впливають на безпеку, енергоефективність, ремонтпридатність та екологічний слід. Виокремлено основні аспекти його екологічної модернізації: зменшення маси завдяки легким матеріалам, оптимізація аеродинаміки, інтеграція модульних рішень, підвищення ремонтпридатності та можливості демонтажу, а також використання матеріалів, придатних до вторинної переробки.

3. Проведений аналіз сучасних екологічних матеріалів і виробничих технологій засвідчив, що біокомпозити, біополімери, вторинні метали, перероблені полімери, нановолокна целюлози та інженерні композити забезпечують суттєве зниження вуглецевого сліду та енергоспоживання транспортних засобів. Інноваційні технології створюють можливості для сталого виробництва та підвищення ефективності життєвого циклу автомобіля.

4. Оцінка впливу виробничих процесів автомобільної промисловості показала, що найбільшими джерелами екологічного навантаження є енергомісткість металургії, викиди парникових газів, забруднення води та ґрунтів у процесах хімічної обробки та фарбування, а також утворення великої кількості промислових відходів. Теоретичні засади екологічної оцінки — зокрема аналіз життєвого циклу, ресурсоефективність та принципи замкнених циклів — дозволяють встановити критичні точки впливу та сформувані стратегії їх мінімізації через модернізацію технологій, автоматизацію, оптимізацію водних циклів і впровадження екостандартів.

5. Аналіз тенденцій еко-інновацій у транспортному дизайні показав, що проєктування для переробки, модульність, дизайн для розбирання, мінімізація кількості матеріалів і перехід до моно-матеріальних конструкцій є визначальними напрямками сучасної індустрії. Роль дизайнера розширюється: він стає системним мислителем, відповідальним за екологічні наслідки на всіх етапах життєвого циклу продукту. Концепція сталого дизайн-мислення формує нові підходи до прийняття рішень, де пріоритетами є довговічність, ремонтпридатність, екологічність, соціальна відповідальність та економічна доцільність.

6. Розроблена авторська дизайн-концепція сталого автомобіля підтвердила практичну реалізованість теоретичних принципів сталого проєктування. Концепт включає: ідейну платформу сталого використання ресурсів, технічне завдання з акцентом на модульність і ремонтпридатність, екстер'єрні рішення з оптимізованою аеродинамікою, інтер'єр з екологічних матеріалів та конструкції, придатні до переробки. Обґрунтування вибору біокомпозитів, перероблених полімерів і легких металів демонструє можливість суттєвого зниження матеріаломісткості, ваги, енергоспоживання та екологічного сліду автомобіля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агуїлі, М. (2019). *Сучасний стан та можливі шляхи поводження з відпрацьованими автомобілями в Україні і Тунісі* (магістерська кваліфікаційна робота). Одеський державний екологічний університет. https://eprints.library.odetu.edu.ua/6691/1/AguiliM_REOD_MKR_w2019.pdf
2. Єфремова, О. (2022). Сучасний стан поводження з полімерними відходами. *Вісник Хмельницького національного університету*, 53(13), 26–31. <https://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2022/12/vknu-ts-2022-n5313-26-31.pdf>
3. Забільська, В. (2023). *Плаستي — переробка, класифікація* (дипломний проєкт). КПІ ім. Ігоря Сікорського. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/58177/1/Zabilska_bakalavr.pdf
4. Колодницька, Р. (2023). Композитні матеріали на основі натуральних волокон для автомобільного транспорту. *Подільський вісник*. https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/download/298/263/584.
5. Сокольський, О., Мікульонок, І., & Витвицький, В. (2022). *Технологія переробки полімерів: лабораторний практикум*. КПІ ім. Ігоря Сікорського. <https://ela.kpi.ua/bitstreams/81fe64dc-b874-4379-9d1631ed518c42d6/download>.
6. Стасів М. (2025) *Сталий автомобільний дизайн як стратегія екологічного мислення в сучасному проєктуванні*. Матеріали 77-ї науково-технічної конференції студентів, аспірантів та слухачів Малої лісової академії НЛТУ України. С. 314-315. https://drive.google.com/file/d/10TRRZZeowAmWhQCzNpUJIS_Y9q8TBiPk/view?pli=1

7. Філатова, О. (2018). *Деякі питання збирання, заготівлі та утилізації зношених шин* (магістерська робота). Одеський державний університет.
https://eprints.library.odetu.edu.ua/1150/1/FilatovaOA_KEOD_MKR_W20_18.pdf
8. Шльончак, І. (2024). *Утилізація автомобільних шин в українській перспективі*.
<https://dspace.kntu.kr.ua/bitstreams/6b59ce35-f0f8-4811-ae67-145a048f93b5/download>
9. Шумляківський, В. (2023). Потенціал використання композитних матеріалів із натурального волокна в автомобільній промисловості. *Технології. Енергетика. Наука*.
<https://ten.ztu.edu.ua/article/view/291828>
10. Юр'єв, О. (2019). *Розробка та дослідження автоматизованої системи переробки автомобільних шин* (дипломна робота). Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.
https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/29676/6/dyplom_Yuriev%20O_2019.pdf
11. *Biocomposites for automotive applications*. (2024). Elsevier Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19074-2.00009-5>
12. Dobrotă, D. (2025). Sustainable polymer composites for thermal insulation in automotive components. *Polymers*.
<https://www.mdpi.com/2073-4360/17/16/2200>
13. Dzoh Fonkou, P. (2025). Analytical methods for in-depth assessment of recycled plastics. *Environment*.
<https://www.mdpi.com/2076-3298/12/5/154>
14. Hallack, E. (2022). Systematic design for recycling approach – automotive exterior plastic components. *Resources, Conservation & Recycling*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827122000348>
15. International Council on Clean Transportation. (2025). *Improving automotive steel recycling for a circular economy*.

- https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/03/ID-305-%E2%80%93-Recycled-steel_brief_final.pdf
16. Jiang, X., et al. (2024). A systematic review of plastic recycling: Technology, policy and implementation. *Waste Management & Research*.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X241310658>
 17. Lihani Du Plessis, T. (2023). *A critical review of plastics and circularity in automotive applications*.
https://www.refficiency.org/wp-content/uploads/2023/10/CENTS-Critical-Review_v2.pdf
 18. Luo, A. (2024). Toward material circularity and manufacturing sustainability in the automotive industry. *Advanced Manufacturing Processes*.
<https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/amp2.70017>
 19. Maury, T. (2023). *Towards recycled plastic content targets in new passenger cars*. Joint Research Centre, European Commission.
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC129008/JRC129008_01.pdf
 20. Mondal, S., & Goswami, S. (2024). Economic and environmental benefits of sustainable materials adoption in automotive manufacturing. *Journal of Process Management and New Technologies*.
<https://aseestant.ceon.rs/index.php/jouproman/article/view/54386>
 21. Pawłosik, D. (2025). Exploring advancements in bio-based composites for sustainable applications. *Sustainability*.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/17/3/1143>
 22. Ravina, M. (2023). Hard-to-recycle plastics in the automotive sector: Economic and technical challenges. *Journal of Cleaner Production*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623003852>
 23. Ullah, S. (2025). Review: Natural fiber-based biocomposites for potential automotive applications. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15589250241311468>

Електронні ресурси

- 24.Що таке промисловий дизайн? / Adobe Substance 3D.
<https://www.adobe.com/ua/products/substance3d/discover/industrial-designer.html>
- 25.Дизайн: визначення.
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Дизайн>
- 26.Сучасний промисловий дизайн.
<https://klona.ua/uk/blog/industrial-design-uk/suchasnyj-promyslovyj-dyzajn>
- 27.Прилуцька, А. Є. *Ергономіка і промисловий дизайн*.
https://dspace.library.khai.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/6789/Ergonomika_I_Promyslovyi2010.pdf
- 28.Психологія кольору: значення кольорів у різних культурах.
<https://www.kyivpost.com/uk/post/37567>
29. 7 етапів прототипування. Interaction Design Foundation.
<https://ui-ux.lviv.ua/etapy-roboty-ui-ux-dyzajnera-z-chogo-pochaty-robotu-nad-proektom>
- 30.Культурна глобалізація та принципи сучасної культурної політики.
<https://buklib.net/books/35857/>
- 31.The Power of Good Design.
<https://www.vitsoe.com/us/about/good-design>
- 32.Minimalism.
<https://www.yankodesign.com/category/minimalism/>
- 33.Sustainable Design.
https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_design
- 34.How Technology Affects Industrial Designers' Work.
https://www.academia.edu/16517568/How_Technology_affects_Industrial_Designers_Works
- 35.The Power of Emotional Design. Nielsen Norman Group.
<https://www.nngroup.com/books/emotional-design/>
- 36.Life Cycle Assessment (LCA) — EPA.
<https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/life-cycle->

37. The Challenge of Global Design. *Harvard Business Review*.
<https://hbr.org/2018/09/why-design-thinking-works>
38. The Benefits of Local Production. *Industry Week*.
https://www.researchgate.net/publication/276897469_Modeling_Benefits_of_Local_Production_by_Users
39. Sustainable Materials in Product Design. Material ConneXion.
<https://www.upmraflatac.com/products-and-services/services/rafcycle-recycling-services/>
40. Design for Durability and Repair. IDEO.
<https://fastercapital.com/topics/design-for-durability-and-repairability.html>
41. The Importance of Product Durability. *Forbes*.
<https://www.forbes.com/sites/brookerobertsislam/2024/10/02/high-end-fashion-no-more-durable-than-fast-fashion-report-discovers/>
42. The Impact of 3D Printing on Product Design. Sculpteo.
<https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/ways-3d-printing-is-changing-the-world/>
43. The Future of Industrial Design. Yanko Design.
<https://www.yankodesign.com/2024/06/10/industrial-design-trends-from-past-innovations-to-future-possibilities/>
44. Smart Materials in Industrial Design. ScienceDirect.
<https://www.kreo.net/news-2d-takeoff/are-smart-materials-feasible-for-widespread-usage>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра дизайну

Стасів Микола Андрійович

Кваліфікаційна робота магістерського рівня вищої освіти

На тему:

**ПРИНЦИПИ СТАЛОГО ДИЗАЙНУ У ПРОЦЕСАХ
ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ**

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена дослідженню принципів сталого дизайну у сучасному автомобілебудуванні та їхньому впливу на екологічні, технологічні й експлуатаційні характеристики транспортних засобів. У дослідженні систематизовано наукові підходи до сталого промислового дизайну та виявлено специфіку автомобіля як складного інженерно-естетичного об'єкта. Проаналізовано сучасні екологічні матеріали та інноваційні технології, зокрема біокомпозити, вторинні полімери, легкі метали та адитивне виробництво. Розглянуто екологічні впливи виробничих процесів і засади їх оцінювання на основі життєвого циклу та принципів циркулярної економіки. Визначено тенденції еко-інновацій, роль дизайнера у формуванні сталих рішень і застосування дизайн-мислення у транспортному проєктуванні. Практичним результатом є авторська концепція сталого автомобіля з модульною конструкцією, оптимізованими матеріалами та рішеннями, придатними до переробки.

Ключові слова: сталий дизайн, автомобільний дизайн, еко-дизайн, екологічні матеріали, біокомпозити, дизайн-мислення, життєвий цикл.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL FORESTRY UNIVERSITY OF UKRAINE
Educational and Scientific Institute of Woodworking Technologies and Design
Department of Design
Stasiv Mykola Andriyovich

Master's level qualification work of higher education

On the topic:

**PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DESIGN
IN THE CAR DESIGN PROCESS**

ANNOTATION

The master's thesis is devoted to the study of sustainable design principles in modern automotive engineering and their impact on the environmental, technological, and operational characteristics of vehicles. The research systematizes scientific approaches to sustainable industrial design and identifies the specifics of the automobile as a complex engineering and aesthetic object. Modern ecological materials and innovative technologies — including biocomposites, recycled polymers, lightweight metals, and additive manufacturing — are analyzed. The environmental impacts of automotive production processes and the foundations of their assessment based on life-cycle analysis and circular economy principles are examined. The study also outlines current eco-innovation trends and the designer's role in developing sustainable solutions. The practical result is an original sustainable vehicle concept featuring a modular structure, optimized materials, and components suitable for recycling.

Keywords: sustainable design, automotive design, eco-design, ecological materials, biocomposites, design thinking, life cycle, circular economy, eco-innovation.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА НА ТЕМУ: Принципи сталого дизайну у процесах проектування автомобілів

4.5 Обумовлення вибору матеріалів та екологічних рішень

Вибір матеріалів для виробництва автомобіля є складним процесом, який впливає на екологічність, безпеку та якість автомобіля. Важливо врахувати наступні фактори:

- екологічність матеріалів
- безпеку
- якість
- довговічність
- доступність
- естетичність

Застосування екологічних матеріалів та екологічних рішень дозволяє знизити екологічний слід автомобіля та підвищити його безпеку та якість.



Деталі автомобіля зроблені з екологічних матеріалів

Сторінка 10

Сторінка 11

Сторінка 12

Сторінка 13

Сторінка 14

Сторінка 15

Сторінка 16

Сторінка 17

Сторінка 18

Сторінка 19

Сторінка 20

Сторінка 21

Сторінка 22

Сторінка 23

Сторінка 24

Сторінка 25

Сторінка 26

Сторінка 27

Сторінка 28

Сторінка 29

Сторінка 30

Сторінка 31

Сторінка 32

Сторінка 33

Сторінка 34

Сторінка 35

Сторінка 36

Сторінка 37

Сторінка 38

4.1 Концептуальні ідеї та філософські засади проекту

Концептуальні ідеї та філософські засади проекту є основою для подальшого проектування автомобіля. Вони визначають загальний вигляд, функціональність та естетичність автомобіля.

- концептуальні ідеї
- філософські засади
- загальний вигляд
- функціональність
- естетичність

Концептуальні ідеї та філософські засади проекту дозволяють створити автомобіль, який відповідає вимогам сталого дизайну та екологічності.



Вигляд ззовні автомобіля

Сторінка 39

Сторінка 40

Сторінка 41

Сторінка 42

Сторінка 43

Сторінка 44

Сторінка 45

Сторінка 46

Сторінка 47

Сторінка 48

Сторінка 49

Сторінка 50

Сторінка 51

Сторінка 52

Сторінка 53

Сторінка 54

Сторінка 55

Сторінка 56

Сторінка 57

Сторінка 58

Сторінка 59

Сторінка 60

Сторінка 61

Сторінка 62

Сторінка 63

Сторінка 64

Сторінка 65

Сторінка 66

Сторінка 67

4.2 Формування технічного завдання та функціональних вимог

Формування технічного завдання та функціональних вимог є важливим етапом проектування автомобіля. Це дозволяє визначити конкретні технічні параметри та функціональні вимоги до автомобіля.

- технічне завдання
- функціональні вимоги
- параметри
- функції

Технічне завдання та функціональні вимоги дозволяють створити автомобіль, який відповідає вимогам сталого дизайну та екологічності.



Вигляд ззовні автомобіля

Сторінка 68

Сторінка 69

Сторінка 70

Сторінка 71

Сторінка 72

Сторінка 73

Сторінка 74

Сторінка 75

Сторінка 76

Сторінка 77

Сторінка 78

Сторінка 79

Сторінка 80

Сторінка 81

Сторінка 82

Сторінка 83

Сторінка 84

Сторінка 85

Сторінка 86

Сторінка 87

Сторінка 88

Сторінка 89

Сторінка 90

Сторінка 91

Сторінка 92

Сторінка 93

Сторінка 94

Сторінка 95

Сторінка 96

4.3 Дизайн-концепції екстер'єру сталого автомобіля

Дизайн-концепції екстер'єру сталого автомобіля є важливим етапом проектування автомобіля. Це дозволяє визначити загальний вигляд, функціональність та естетичність автомобіля.

- дизайн-концепції
- екстер'єр
- функціональність
- естетичність

Дизайн-концепції екстер'єру сталого автомобіля дозволяють створити автомобіль, який відповідає вимогам сталого дизайну та екологічності.



Деталі автомобіля зроблені з екологічних матеріалів

Сторінка 97

Сторінка 98

Сторінка 99

Сторінка 100

Сторінка 101

Сторінка 102

Сторінка 103

Сторінка 104

Сторінка 105

Сторінка 106

Сторінка 107

Сторінка 108

Сторінка 109

Сторінка 110

Сторінка 111

Сторінка 112

Сторінка 113

Сторінка 114

Сторінка 115

Сторінка 116

Сторінка 117

Сторінка 118

Сторінка 119

Сторінка 120

Сторінка 121

Сторінка 122

Сторінка 123

Сторінка 124

Сторінка 125