

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Гуманітарно-педагогічний факультет
Кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва

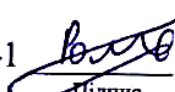
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

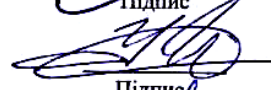
здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти


Дидактичне проектування змісту навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» для студентів закладів професійної освіти


Галузь знань: 01 Освіта / Педагогіка
Спеціальність: 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)
Спеціалізація: 015.38 Транспорт
Освітня програма: Професійна освіта. Транспорт (Обслуговування та ремонт автомобілів)

КвРПОТ. 024068.24.01.02 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу
група ПОТм-24-1  Олексій РОМАНЕНЧУК
Підпис

Керівник: к.пед.н., доц.  Іван ГЕРНІЧЕНКО
Підпис

Нормоконтролер  Віктор ПРИЙМАК
Підпис

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технологічної
та професійної освіти і
декоративного мистецтва  Олена САМБОРСЬКА
Підпис

11 грудня 2025 р.


Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гуманітарно-педагогічний
Кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва
Освітній рівень другий (магістерський)
Галузь знань 01 Освіта / Педагогіка
Спеціальність 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)
Освітня програма «Професійна освіта. Транспорт (Обслуговування та ремонт автомобілів)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Олена САМБОРСЬКА

04 . 09 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

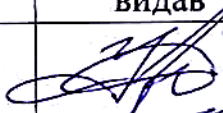
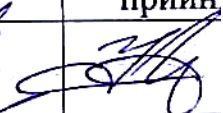
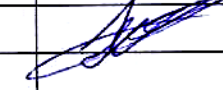
Олексію РОМАНЕНЧУКУ

(ім'я, прізвище)

1. Тема кваліфікаційної роботи Дидактичне проектування змісту навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» для студентів закладів професійної освіти
керівник кваліфікаційної роботи к.пед.н., доц. Іван ГЕРНІЧЕНКО
Затверджено наказом ректора університету від 25.08.2025 р. №65, додаток 5
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру 20.12.2025 р.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи Стандарт професійної (професійно-технічної) освіти з професії 7231 «Слюсар з ремонту колісних транспортних засобів» СП(ПТ)О 7231.С.19.10 - 2018
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Теоретичні основи проектування навчальних посібників у професійній освіті. Проектування змісту основного тексту навчального посібника. Розробка елементів методичного апарату навчального посібника. Оцінювання та експериментальна перевірка якості навчального посібника
5. Перелік графічного матеріалу

немає

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

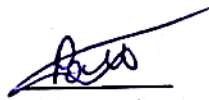
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдан прийм
Перевірка на плагіат	Іван ГЕРНІЧЕНКО		
Нормоконтроль	Віктор ПРИЙМАК		3.12.20

7. Дата видачі завдання 4.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ п/п	Назва етапів (розділів) магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Вступ	03.11.2025	викон
2	1 розділ	15.11.2025	викон
3	2 розділ	30.11.2025	викон
4	3 розділ	30.11.2025	викон
5	Висновки, перелік посилань	02.12.2025	викон
6	Попередній захист	03.12 - 04.12.2025	викон
7	Нормоконтроль	05.12 - 06.12.2025	викон
8	Перевірка на плагіат	09.12 - 11.12.2025	викон
9	Рецензування	16.12 - 18.12.2025	викон
10	Захист	24.12 - 25.12.2025	викон

Здобувач


(підпис)

Олексій РОМАНЕНЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Іван ГЕРНІЧЕНКО

Анотація

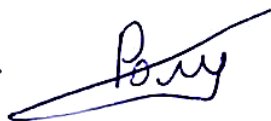
Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню процесу проєктування та розроблення навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» для здобувачів професійної освіти. У роботі розкрито теоретичні засади створення навчальних видань, принципи добору змісту, формування дидактичних одиниць та побудови структурно-сислової моделі посібника з урахуванням сучасних вимог автомобільної галузі.

Дослідження охоплює аналіз навчальних програм, підручників і державних стандартів професійної освіти, визначення вимог до змісту та структури навчального посібника, а також методичні підходи до використання ілюстрацій, таблиць, схем і пояснювальних текстів. У межах роботи розроблено систему питань для самоконтролю і тестових завдань, що забезпечують перевірку знань та формування професійних компетентностей учнів у сфері гібридних і електричних транспортних засобів. Окрему увагу приділено експертному оцінюванню якості посібника, аналізу результатів анкетування викладачів і здобувачів освіти та визначенню перспектив його вдосконалення.

Результати дослідження засвідчують, що запропонований навчальний посібник відповідає сучасним освітнім потребам, сприяє підвищенню рівня технічної підготовки учнів і формує в них цілісне розуміння будови, принципів роботи та правил експлуатації гібридних і електричних автомобілів.

Робота містить 85 сторінок, включає 4 додатки та 42 джерел. Матеріали дослідження можуть бути корисними для викладачів закладів професійної освіти, методистів, авторів навчальних видань та фахівців, які займаються оновленням змісту професійної освіти.

17 грудня 2025 р.



Олексій РОМАНЕНЧУК

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Теоретичні основи проєктування навчальних посібників у професійній освіті.....	9
1.1 Поняття та функції навчального посібника в освітньому процесі.....	9
1.2 Особливості сприйняття навчального матеріалу та вимоги до структури навчального посібника.....	14
1.3 Методичні підходи до створення навчальних матеріалів	26
2 Проєктування змісту основного тексту навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля».....	30
2.1 Проєктування результатів навчання	30
2.2 Компонування інформаційного поля та формування дидактичних одиниць навчального матеріалу.....	37
2.3 Побудова структурно-сміслової моделі та визначення логічної послідовності викладу матеріалу.....	40
3 Розроблення елементів методичного апарату навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля».....	49
3.1 Визначення структури та укладання змісту навчального посібника.....	49
3.2 Обґрунтування додаткового і пояснювального тексту.....	57
3.3 Розроблення системи навчальних завдань	61
3.4 Експертне оцінювання якості навчального посібника.....	70
Висновки.....	76
Перелік джерел посилань.....	78
Додаток А Зміст дидактичних одиниць навчального посібника	83
Додаток Б Додатковий та пояснювальний тексти навчального посібника.....	115
Додаток В Анкета для викладачів спеціальних дисциплін.....	119
Додаток Г Анкета для здобувачів професійної освіти.....	122

ВСТУП

Інтенсивний розвиток світового автомобілебудування, перехід до концепцій енергоефективності, екологічності та підвищеної пасивної і активної безпеки, висуває нові, значно вищі вимоги до підготовки фахівців, здатних обслуговувати та ремонтувати транспортні засоби. У сучасних умовах знання механічних систем вже є недостатнім; критично необхідним стає глибоке розуміння того, як геометрія та конструкція кузова впливають на ключові експлуатаційні характеристики. Зокрема, професіонал повинен усвідомлювати, що аеродинамічний опір є головним фактором втрат енергії, а конструкція кузова – це складна несуча силова структура із застосуванням різнорідних, зокрема й композитних, матеріалів. Будь-яке порушення цих параметрів (наприклад, неякісний ремонт чи некваліфікований тюнінг) безпосередньо впливає на керуваність, витрату пального (або заряду акумулятора) та, найголовніше, на безпеку водія та пасажирів.

Проте, наявна система професійної освіти стикається зі значною проблемою розриву між вимогами виробництва та змістом навчально-методичного забезпечення. Чинні підручники та посібники здебільшого не відображають новітніх досягнень галузі, є або занадто академічними, орієнтованими на інженерні спеціальності, або фрагментарними, не забезпечуючи системного викладу взаємозв'язку аеродинаміки та конструкційних рішень. Це призводить до ситуації, коли студенти середньої успішності, для яких характерна орієнтація на конкретні, практично значущі знання, не можуть повноцінно засвоїти матеріал. Звідси виникає науково-методична проблема проєктування навчальних матеріалів, які б відповідали принципам професійної спрямованості, модульності, доступності та практичної значущості.

Теоретичні аспекти проєктування навчальних матеріалів є предметом уваги багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Основи дидактичного проєктування як системної діяльності та питання структуризації змісту освіти в

контексті професійної підготовки розкривали такі українські вчені, як Н. Г. Ничкало [1], яка досліджувала проблеми професійної освіти, С. У. Гончаренко [2], який працював над загальнопедагогічними поняттями та дидактикою, А. М. Алексюк [3], що займався питаннями змісту освіти, а також С. Г. Кравець [4] та В.В. Ягупов [5], що досліджували компетентнісний підхід у підготовці фахівців. Питаннями методики викладання технічних дисциплін та особливостями сприйняття інформації в професійній освіті займалися Х. Бахтіярова, Г. Романова [6] та інші. З точки зору дидактичних принципів побудови змісту, варто відзначити їхні праці, що підкреслюють важливість орієнтації змісту на формування конкретних професійних компетенцій. Їхні дослідження формують методологічну базу для розробки посібника, здатного ефективно адаптувати складну технічну інформацію до навчальних потреб студентів професійної освіти.

Таким чином, актуальність кваліфікаційної роботи полягає у необхідності усунення дидактичної прогалини шляхом розробки змісту навчального посібника, який базується на сучасних наукових підходах до проєктування, інтегрує знання з аеродинаміки та конструкції кузова та забезпечує його максимальну ефективність в освітньому процесі закладів професійної освіти.

Об'єктом дослідження є процес дидактичного проєктування змісту навчальних посібників для підготовки кваліфікованих робітників у сфері автомобільного транспорту.

Предметом дослідження є зміст, структура та методичний апарат навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля», що забезпечує формування професійних знань і вмінь у студентів закладів професійної освіти.

Мета роботи полягає у теоретичному обґрунтуванні та дидактичному проєктуванні змісту, структури й методичного апарату навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» для ефективного використання в освітньому процесі закладів професійної освіти.

Досягнення поставленої мети реалізується через виконання низки послідовних завдань:

1 Проаналізувати теоретичні засади дидактичного проектування навчальних матеріалів для професійної освіти, визначити функції та вимоги до навчального посібника.

2 На основі аналізу чинних навчальних програм і галузевих стандартів спроектувати результати навчання та скомпонувати інформаційне поле змісту навчального посібника, включаючи основні дидактичні одиниці.

3 Розробити структурно-сміслову модель змісту навчального посібника та визначити логічну послідовність викладу матеріалу з аеродинаміки та конструкції кузова.

4 Створити та обґрунтувати систему методичного апарату навчального посібника.

5 Розробити критерії та провести експертне оцінювання і експериментальну перевірку якості та ефективності спроектованого навчального посібника.

Методи дослідження: теоретичні – аналіз, систематизація та узагальнення науково-педагогічної, методичної й спеціальної технічної літератури з проблеми дослідження; емпіричні – педагогічне спостереження, анкетування викладачів і здобувачів освіти; методи педагогічного проектування і моделювання структури та змісту навчального посібника; педагогічний експеримент з метою перевірки ефективності розробленого навчального видання; методи кількісного та якісного аналізу й узагальнення отриманих результатів.

Результати кваліфікаційної роботи було апробовано на науковій студентській конференції секції кафедри технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва (м. Хмельницький, 02 травня 2025 р.). Опубліковано тези доповідей [7].

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ПОСІБНИКІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ОСВІТІ

1.1 Поняття та функції навчального посібника в освітньому процесі

Навчальний посібник у системі професійної освіти є важливим дидактичним засобом, який забезпечує організацію, підтримку й оптимізацію навчального процесу. Його сутність полягає у відборі, структуруванні та методичному поданні навчального матеріалу відповідно до освітніх стандартів, потреб здобувачів та специфіки професійної діяльності. Як окремий вид навчальної літератури, посібник виконує інтегровану функцію: він не лише подає теоретичний матеріал, а й сприяє формуванню вмінь, професійних компетентностей, розвитку мислення та пізнавальної активності студентів.

Дидактична природа та теоретичні засади створення навчального посібника визначають його змістово-методичну цілісність, відповідність освітнім потребам здобувачів та сучасним підходам до професійної підготовки. Навчальний посібник є ключовим елементом навчально-методичного забезпечення, що забезпечує систематизацію знань, формування професійного мислення та розвиток умінь застосовувати теоретичні положення у практичній діяльності [8]. Створення посібника спирається на наукові засади педагогічної теорії, закономірності навчального процесу та вимоги стандартів професійної освіти.

Важливим методологічним підґрунтям є класичні дидактичні принципи. Принцип науковості передбачає подання змісту відповідно до сучасного стану наукових досліджень у галузі аеродинаміки та транспортного машинобудування, точності термінології та пояснення технічних закономірностей на основі фундаментальних законів фізики та інженерії [9]. Принцип системності й послідовності реалізується через логічне

структурування матеріалу – від базових понять до складніших конструктивних рішень, що сприяє формуванню цілісних знань [8]. Принцип доступності забезпечує відповідність змісту рівню підготовки здобувачів професійної освіти, поступове ускладнення матеріалу та опору на попередній досвід [3]. Принцип наочності реалізується через використання схем, графіків, креслень, моделей повітряних потоків і конструкційних елементів кузова, що сприяє глибшому розумінню технічних процесів [3]. Принцип професійної спрямованості забезпечує зв'язок змісту з реальними виробничими умовами, сучасними технологіями діагностики та обслуговування транспортних засобів [8].

Теоретичні засади посібника ґрунтуються також на сучасних педагогічних підходах. Когнітивна теорія навчання підкреслює значення структурування знань, побудови концептуальних схем, поетапного формування понять та використання візуальних опор, що сприяє формуванню стійких ментальних моделей технічних об'єктів і процесів [10]. Конструктивістський підхід акцентує важливість активної діяльності здобувача, залучення до аналізу реальних конструкцій, розв'язування проблемних ситуацій і виконання практичних завдань [10]. Теорія поетапного формування розумових дій (П. Я. Гальперіна) підкреслює необхідність поступового переходу від матеріальних дій до абстрактних понять, що є особливо важливим у технічних дисциплінах [3]. Компетентнісний підхід орієнтує зміст посібника на формування загальних і професійних компетентностей, визначених стандартами підготовки фахівців транспортної галузі [5; 11; 12].

Розроблення навчального посібника передбачає врахування його дидактичних функцій, що конкретизують його роль у навчальному процесі. Інформаційна функція забезпечує систематизоване подання знань про аеродинамічні процеси та конструктивні елементи кузова автомобіля. Системоутворювальна функція сприяє упорядкуванню навчального матеріалу та формуванню цілісного бачення об'єкта вивчення. Мотиваційна функція реалізується через включення проблемних запитань, порівняльних характеристик, прикладів інноваційних інженерних рішень, що підвищують інтерес здобувачів до технічних аспектів автомобілебудування [13]. Діяльнісно-

практична функція виражається в орієнтації посібника на формування умінь застосовувати знання у практичних умовах – під час діагностування, оцінювання аеродинамічних характеристик та аналізу конструкцій кузова. Контрольно-рефлексивна функція реалізується через систему завдань для самоконтролю, практичні ситуації та завдання, спрямовані на аналіз і оцінювання технічних рішень [14].

Навчальний посібник займає важливе місце в системі дидактичних засобів, оскільки є гнучким, змістово орієнтованим та методично цілісним джерелом навчальної інформації. Він виконує низку функцій, які забезпечують як засвоєння теоретичних знань, так і формування практичних умінь, що особливо важливо для здобувачів професійної освіти [15]. У системі навчально-методичного забезпечення посібник співвідноситься з іншими дидактичними засобами, але водночас має власне дидактичне призначення та специфіку.

На відміну від підручника, який має нормативний статус, створюється відповідно до державних стандартів і представляє обов'язковий мінімум змісту навчальної дисципліни, навчальний посібник є більш варіативним та адаптивним. Він може деталізувати матеріал, поглиблювати окремі теми, розширювати зміст відповідно до потреб освітньої програми конкретного закладу, а також включати сучасні науково-технічні відомості, які ще не відображені в офіційних підручниках [15]. Таким чином, навчальний посібник не дублює підручник, а виконує роль його дидактичного доповнення та методичного збагачення.

Від методичного посібника навчальний посібник відрізняється тим, що адресований передусім здобувачам освіти. Методичний посібник містить рекомендації для педагогів щодо організації освітнього процесу, методик викладання, планування занять, підготовки практичних робіт і контролю знань. Він описує, як навчати, тоді як навчальний посібник відповідає на питання *що* саме має засвоїти здобувач і якими способами [15]. Таким чином, методичний посібник є інструментом професійної діяльності викладача, а навчальний посібник — засобом самостійного та аудиторного навчання здобувача.

У сучасному освітньому середовищі важливе місце займають електронні ресурси: інтерактивні курси, відеолекції, віртуальні лабораторії, симулятори та цифрові підручники. Порівняно з ними традиційний навчальний посібник має статичну форму подання матеріалу, однак забезпечує системність, структурованість, завершеність і стабільність змісту [16]. Електронні ресурси сприяють підвищенню наочності, забезпечують швидке оновлення інформації та дають можливість виконувати інтерактивні завдання, проте потребують технічних умов і сформованої цифрової компетентності здобувачів. Інтеграція друкованого посібника з електронними матеріалами (QR-коди, онлайн-відео, симуляції) дозволяє поєднати переваги обох видів дидактичних засобів.

Окреме місце в системі засобів навчання займає робочий зошит, який призначений не для подання теоретичного матеріалу, а для виконання завдань, вправ, схем, креслень і практичних робіт. Його основна функція — діяльнісна, спрямована на закріплення та перевірку знань, формування умінь і навичок [16]. Навчальний посібник забезпечує теоретичну основу, тоді як робочий зошит виконує функцію практичного супроводу. Разом вони становлять цілісну систему, у якій навчальний посібник виступає змістовим ядром, а робочий зошит — інструментом застосування знань на практиці.

Отже, навчальний посібник посідає інтегративне місце серед дидактичних засобів. Він поєднує риси підручника (структурованість і системність), електронних ресурсів (можливість оновлення та використання мультимедіа), методичного матеріалу (чіткість методичного апарату) та робочого зошита (завдання для практичної діяльності), зберігаючи при цьому власне функціональне призначення. Його значення полягає у забезпеченні доступного, науково обґрунтованого, методично продуманого й професійно спрямованого джерела знань, необхідних здобувачам для оволодіння фаховою компетентністю.

У сучасній системі професійної освіти навчальний посібник виконує не лише інформаційну та методичну роль, а й слугує ключовою ланкою узгодження змісту навчання з вимогами професійних стандартів та особливостями реальної виробничої діяльності. Відповідно до концепції

компетентнісного підходу, зміст навчальних матеріалів має бути безпосередньо пов'язаний з трудовими функціями, типами виробничих завдань та кваліфікаційними вимогами до фахівця певного профілю [17; 18]. Навчальний посібник, розроблений для здобувачів професійної освіти, допомагає забезпечити таку відповідність через реалізацію низки дидактичних і професійно спрямованих функцій.

Передусім він виконує нормативно-орієнтувальну функцію, оскільки транслює у доступній формі положення професійних стандартів, державних освітніх вимог і кваліфікаційних характеристик, визначаючи межі й орієнтири професійної підготовки майбутніх фахівців. Саме завдяки цьому посібник стає засобом гармонізації змісту освітніх програм із сучасними тенденціями галузі та технологічними змінами на виробництві [16].

Важливою є інтегративна функція, що полягає у поєднанні теоретичних знань, виробничих технологій і практичних умінь. У контексті автомобільної галузі навчальний посібник з основ аеродинаміки та конструкційних особливостей кузова автомобіля забезпечує синтез фізичних законів, інженерних положень і вимог технічного регламенту, що є необхідною основою для формування цілісної професійної компетентності майбутнього автослюсаря чи техніка [16].

Зміст посібника виконує також практико-орієнтовану функцію, оскільки демонструє застосування теоретичних положень у типових, проблемних і виробничих ситуаціях. Це сприяє наближенню навчання до реальних умов професійної діяльності, розвитку здатності приймати технічно обґрунтовані рішення, користуватися технологічною документацією та розуміти логіку виробничих процесів [16].

З позицій сучасної дидактики вагоме значення має адаптаційна функція, завдяки якій навчальний посібник допомагає здобувачам професійної освіти опанувати складний технічний матеріал, розкриваючи його з урахуванням їхніх пізнавальних можливостей, попереднього досвіду й рівня сформованості загальнотехнічних знань. Адаптованість змісту забезпечує поступовість,

логічність, професійну релевантність матеріалу та його відповідність індивідуально-психологічним особливостям учнів [16].

Не менше значення має і інноваційно-розвивальна функція, яка полягає у сприянні впровадженню сучасних технологій, матеріалів та методів діагностики й обслуговування автомобілів. Навчальний посібник має бути засобом оновлення змісту професійної освіти, відобразити розвиток транспортної галузі, тенденції екологізації транспорту, цифровізації виробничих процесів і переходу до сучасних конструкторських рішень [16].

1.2 Особливості сприйняття навчального матеріалу та вимоги до структури навчального посібника

Студенти закладів професійної освіти становлять специфічну соціально-вікову групу, для якої характерний інтенсивний і неоднорідний розвиток пізнавальної діяльності, становлення самосвідомості, формування професійних інтересів та активне розширення соціальних навичок. Основна частина здобувачів навчається у віковому діапазоні 15–20 років, який відповідає періоду ранньої юності — ключовому етапу інтелектуального та особистісного розвитку. У цей час відбувається перехід від підліткового до дорослого типу мислення: формується здатність до рефлексії, аналізу власних дій, прийняття самостійних рішень та оцінювання майбутніх професійних перспектив.

Для цього віку характерними є посилений інтерес до професійного самовизначення та прагнення знайти практичне застосування своїм здібностям. Саме тому здобувачі професійної освіти часто орієнтовані на діяльнісний тип пізнання, віддаючи перевагу тим видам навчання, де теоретичний матеріал одразу пов'язується з реальними виробничими операціями, моделями чи конкретними технологічними процесами. Усвідомлення зв'язку навчання з майбутньою професією підвищує їхню мотивацію, зміцнює відчуття значущості обраної спеціальності та стимулює розвиток відповідальності.

Разом з тим рання юність характеризується певною емоційною нестабільністю та підвищеною потребою у підтримці з боку педагогів і дорослих. Учні можуть демонструвати імпульсивність, залежність від зовнішнього схвалення, потребу в позитивних оцінках і визнанні власних досягнень. Емоційно-вольова сфера ще перебуває на стадії становлення: здатність до саморегуляції, довільної концентрації уваги, витримки та наполегливості розвивається нерівномірно й часто потребує цілеспрямованої педагогічної підтримки.

Соціальний розвиток здобувачів також має свої особливості. У цьому віці активно формується ідентичність, включно з професійною, посилюється роль групи однолітків, виникає прагнення до самостійності та відповідальності. Спілкування у навчальних групах і виробничих колективах сприяє розвитку комунікативних умінь, але одночасно може створювати передумови для формування неформальних лідерських структур, внутрішньогрупової конкуренції чи конформізму. Успішний педагогічний вплив передбачає врахування цих соціально-психологічних механізмів.

Отже, студенти професійної освіти – це група, що поєднує високий потенціал для практичного навчання, природну цікавість до професійної сфери та водночас потребує чіткої організації діяльності, емоційної підтримки й доступного, структурованого подання навчального матеріалу. Врахування цих вікових і психологічних характеристик є необхідною умовою ефективного створення та використання навчальних посібників у системі професійної освіти. [8].

Для цієї категорії учнів характерною є перевага практико-діяльнісного та наочно-образного стилів навчання, що зумовлено як віковими особливостями розвитку мислення, так і специфікою професійної підготовки. Здобувачам закладів професійної освіти притаманна схильність до опори на конкретні дії, маніпулювання реальними технічними об'єктами, обладнанням та інструментами, що допомагає їм вибудовувати логіку технічних процесів через безпосередній досвід. Унаслідок переважання образного й практичного компонентів мислення засвоєння теоретичних знань відбувається ефективніше,

коли інформація репрезентується у формі схем, моделей, візуалізацій, покрокових інструкцій, демонстраційних прикладів або реальних виробничих ситуацій, які відображають типові умови діяльності майбутнього фахівця.

Важливим чинником є й те, що багато учнів мають недостатньо сформовані навички абстрактно-логічного оперування поняттями, що може ускладнювати опрацювання суто теоретичного матеріалу. Тому ефективним є використання принципу «від конкретного до абстрактного», коли спочатку подається практичний приклад, ситуація чи модель, а вже потім — теоретичне узагальнення. Такий підхід узгоджується з положеннями діяльнісної теорії навчання, згідно з якою нові знання засвоюються значно результативніше, якщо пов'язані з реальною практикою, особистим досвідом та усвідомленою потребою їх застосування.

Крім того, здобувачі ЗПО зазвичай краще реагують на завдання, що передбачають активну участь: виконання лабораторно-практичних робіт, аналіз технічних несправностей, роботу з інструкціями, технічними картами, алгоритмами ремонту чи діагностування. Навчальний посібник, орієнтований на таку аудиторію, має містити значну кількість функціональних ілюстрацій, графічних матеріалів, описів технологічних процесів, інтерактивних завдань, а також проблемних ситуацій, які стимулюють розвиток технічного мислення, вміння приймати рішення та застосовувати знання у виробничому середовищі [8].

Опора на наочність, моделювання, проблемність, ситуаційний аналіз та діяльнісне включення здобувача не лише сприяє кращому засвоєнню матеріалу, а й відповідає психолого-педагогічним особливостям професійної освіти, де провідною є практична складова підготовки майбутнього фахівця. Таким чином, дидактичний дизайн навчального посібника має враховувати переважання практико-орієнтованого мислення, необхідність опори на реальні виробничі контексти та потребу забезпечити органічний взаємозв'язок між теорією та практикою.

Водночас пізнавальна діяльність здобувачів часто характеризується низкою типових труднощів, що значною мірою впливають на ефективність навчання [19]. Одним з найпоширеніших є нерівномірність базової підготовки з

природничо-математичних дисциплін: частина учнів має достатній рівень знань, тоді як інші демонструють фрагментарне або поверхове засвоєння шкільного матеріалу, що ускладнює сприйняття спеціальних технічних тем. Це створює потребу в створенні доступних пояснень, включенні додаткових довідкових блоків, посиленні на базові поняття фізики, математики, технічної механіки та їх зв'язку з прикладними аспектами професії.

Ще однією характерною проблемою є недостатньо сформовані уміння працювати з великими текстами, інструкціями, схемами та технічною документацією. Багато здобувачів відчують труднощі з аналізом багатокomпонентних інструкцій, виокремленням ключових кроків, розумінням спеціальної термінології. Це потребує застосування адаптованої подачі матеріалу: розбиття тексту на логічно завершені смислові блоки, виділення ключових елементів, використання словників термінів, покрокових алгоритмів, фрагментів реальних технічних документів із поясненнями.

Додатковою особливістю є недостатній рівень розвитку довільної уваги, терплячості та навичок самоорганізації. Здобувачі часто швидко втомлюються від одноманітних завдань, можуть втрачати логічний зв'язок у складних поясненнях або пропускати важливі кроки під час виконання інструкцій. Тому зміст навчального посібника має передбачати чергування текстових, графічних та практичних компонентів, використання маркерів уваги (позначок, блоків «важливо», візуальних сигналів), а також вправ, що формують уміння планувати власну діяльність та контролювати її результати.

Певні труднощі зумовлені й мотиваційними чинниками [19]. Для значної частини здобувачів ЗПО провідною є ситуативна або зовнішня мотивація (отримання оцінки, заохочення, інтерес до конкретного виду роботи), тоді як внутрішня пізнавальна мотивація часто перебуває на стадії формування. Саме тому навчальний матеріал має бути максимально наближеним до реальних виробничих процесів, демонструвати практичну значущість теми, містити проблемні питання, ситуаційні завдання та приклади, що підсилюють усвідомлення професійної цінності знань.

Урахування цих особливостей зумовлює потребу в чіткій логічній структуризації змісту, його порційному поданні, повторенні ключових понять, активному використанні візуальних опор, різнорівневих завдань і засобів підтримки уваги, що у комплексі сприятиме підвищенню доступності та ефективності навчального процесу.

Особливої уваги потребує врахування психологічних чинників засвоєння технічних дисциплін, зокрема складності абстрактного матеріалу та необхідності поступового формування технічного мислення. Значна частина понять, які вивчаються у професійній підготовці майбутніх фахівців автомобільного напрямку, має високий рівень узагальненості та оперує явищами, що не можуть бути безпосередньо сприйняті органами чуття. Тому здобувачам необхідний поетапний перехід від конкретних, наочно представлених ситуацій до абстрактних моделей, що описують закономірності функціонування технічних систем. Опора на реальні предмети, макети, інструменти та фрагменти обладнання є своєрідною «точкою входу» у складні технічні поняття, слугує засобом зниження когнітивного навантаження та забезпечує кращий зв'язок теоретичного змісту з практичною діяльністю [19].

Психологічні особливості мислення учнів ЗПО також передбачають домінування наочно-образних і просторових уявлень над абстрактно-логічними операціями. Саме тому складні теоретичні явища – фізичні закономірності, механічні процеси, взаємодія потоків, конструктивні рішення – потребують чітких візуальних моделей, які активізують процес розуміння та сприяють перенесенню знань у практичну площину. Поєднання текстового пояснення з графічними схемами, кресленнями, фотографіями деталей і вузлів, тривимірними моделями, а також реальними або змодельованими виробничими ситуаціями створює багатоканальне інформаційне середовище, яке відповідає психофізіологічним можливостям здобувачів.

Це особливо значуще для навчальних дисциплін технічного спрямування, де базові поняття — «лобовий опір», «обтікання повітряного потоку», «турбулентність», «аеродинамічний коефіцієнт», «обтічність кузова» — не можуть бути повноцінно засвоєні без опори на візуалізацію, моделювання або

демонстраційні приклади з реальної технічної практики. Використання відеофрагментів повітряних потоків у тунелях, анімацій руху повітря навколо кузова, порівняльних схем різних типів автомобільних корпусів дозволяє учням сформувати цілісні ментальні моделі й усвідомити значення аеродинаміки у сучасному автомобілебудуванні.

Урахування цих чинників у навчальному посібнику забезпечить оптимальне поєднання теорії, наочності та практичних прикладів, що сприятиме кращому сприйняттю складного технічного матеріалу та підвищенню ефективності професійної підготовки.

Таким чином, психолого-педагогічні особливості учнів закладів професійної освіти визначають необхідність створення навчальних посібників, побудованих на поєднанні наочності, структурованості, практичної спрямованості та адаптованості до реального рівня пізнавальних можливостей здобувачів. Ефективний посібник має не лише пояснювати матеріал, а й враховувати стилі навчання, типові труднощі та психологічні механізми засвоєння технічних знань, забезпечуючи оптимальні умови для формування професійних компетентностей.

Навчальний посібник як дидактичний засіб повинен відповідати комплексним вимогам, що забезпечують його ефективність у формуванні професійних знань, умінь і компетентностей здобувачів освіти. Структура та зміст посібника мають бути узгоджені з чинними освітніми програмами, стандартами професійної освіти, кваліфікаційними характеристиками та специфікою майбутньої діяльності фахівців технічного профілю. Чіткість, логічність і послідовність викладу забезпечують можливість використання посібника як у навчальному процесі, так і під час самостійної роботи студентів.

Однією з ключових вимог є науковість змісту, яка передбачає опору на сучасні досягнення науки і техніки, коректне використання термінології, подання точних дефініцій, формул, класифікацій і моделей [8]. Науковість охоплює не лише відповідність матеріалу сучасному рівню розвитку галузі, а й забезпечення його внутрішньої логічної узгодженості, доказовості та обґрунтованості. Зміст навчального посібника повинен відображати актуальні

тенденції в автомобілебудуванні, новітні технологічні інновації, зміни у конструкціях кузовів, а також сучасні підходи до проєктування автомобілів, включаючи аеродинамічну оптимізацію, використання композитних матеріалів, цифрове моделювання й енергоефективні рішення. Таке науково обґрунтоване подання матеріалу сприяє формуванню в здобувачів цілісного уявлення про професійну сферу, розуміння причинно-наслідкових зв'язків у технічних процесах, розвитку здатності аналізувати й оцінювати сучасні технічні рішення, що є важливим компонентом професійної компетентності майбутнього фахівця.

Важливою методичною характеристикою є системність і логічність, які забезпечують внутрішню структурну узгодженість змісту та послідовне розгортання навчального матеріалу. Системність передбачає побудову змісту за принципом «від простого до складного», коли базові поняття, визначення й первинні моделі слугують фундаментом для подальшого опанування більш комплексних конструкційних і функціональних рішень. Такий підхід дозволяє здобувачам не лише накопичувати знання, а й вибудовувати власну когнітивну структуру предметної галузі, поступово інтегруючи нову інформацію в уже сформовані уявлення.

Логічність полягає у дотриманні чіткої послідовності й закономірності викладу, що проявляється в узгодженості між розділами, підрозділами та окремими фрагментами тексту. Кожен структурний елемент посібника має бути завершеним смисловим блоком, який не лише розкриває певний аспект теми, але й органічно пов'язаний із попереднім та наступним матеріалом. Така внутрішня логіка побудови дозволяє уникнути фрагментарності знань, сприяє цілісному сприйняттю дисципліни та підвищує ефективність засвоєння складних технічних понять.

Системне структурування матеріалу полегшує орієнтацію студентів у змісті посібника, особливо з огляду на різний рівень базової підготовки здобувачів. Завдяки логічно впорядкованому поданню матеріалу формується здатність виокремлювати ключові елементи, встановлювати міжпоняттєві зв'язки, узагальнювати інформацію та аналізувати технічні явища у взаємозв'язку їхніх причин і наслідків. Це не лише сприяє глибшому засвоєнню

теоретичного матеріалу, але й формує підґрунтя для розвитку професійного мислення, необхідного для подальшої навчальної та виробничої діяльності.

Зміст посібника повинен відповідати принципу доступності, що передбачає врахування вікових, пізнавальних, емоційних та професійних особливостей здобувачів освіти. Доступність матеріалу забезпечується такими компонентами, як ясність викладу, логічна структурованість, використання зрозумілої термінології та наочних прикладів. Важливим є поетапне подання інформації: спочатку формуються базові поняття, потім подаються приклади їх застосування, далі вводяться складніші технічні моделі та процеси [19].

Для ефективного засвоєння складного технічного матеріалу рекомендується комбінувати текстові пояснення, порівняльні таблиці, графічні ілюстрації, схеми, креслення та моделі, а також включати практичні завдання, що дозволяють закріпити теоретичні знання на конкретних прикладах. Такий підхід стимулює активне пізнання, розвиток просторового і технічного мислення та формування вмінь застосовувати знання в умовах виробничої практики [18].

Особливо актуальною є адаптація матеріалу для студентів закладів професійної освіти, які часто мають різний рівень підготовки та потребують наочних опор, послідовності введення нових понять і мінімізації абстрактних пояснень. Використання покрокових інструкцій, алгоритмів, схемних та моделюючих матеріалів дозволяє зробити навчальний процес зрозумілим, сприяє формуванню стійких знань і забезпечує можливість самостійного опрацювання посібника. Крім того, такий підхід підвищує мотивацію здобувачів, оскільки демонструє безпосередній зв'язок між теорією та практичним виконанням професійних завдань.

Одним із базових методичних орієнтирів є професійна спрямованість змісту, яка забезпечує безпосередній зв'язок навчального матеріалу зі сферою майбутньої діяльності здобувачів освіти. Навчальний посібник повинен містити матеріал, що відображає реальні виробничі ситуації, типові технічні завдання, елементи технологічної документації, опис сучасного обладнання, конструкцій автомобілів, інструментів та технологічних рішень, які застосовуються на

виробництві. Така спрямованість дозволяє студентам усвідомлювати практичну значущість знань, формує вміння аналізувати технічні об'єкти, прогнозувати наслідки рішень, застосовувати нормативно-технічні вимоги та технологічні алгоритми.

Крім того, інтеграція професійно орієнтованих прикладів і завдань сприяє формуванню ключових компетентностей, необхідних для майбутньої професійної діяльності: технічного мислення, вміння працювати з виробничою документацією, приймати обґрунтовані рішення, планувати й організовувати власну діяльність. Використання реальних виробничих кейсів та практичних прикладів підвищує мотивацію учнів, стимулює активну пізнавальну діяльність та сприяє розвитку професійної самостійності, що є невід'ємним елементом компетентнісного підходу у професійній освіті.

Особливу роль у навчальному процесі відіграє принцип наочності, який передбачає активне використання різноманітних візуальних засобів: графічних схем, креслень, діаграм, фотографій, технічних моделей, анімацій, макетів та інших ілюстративних матеріалів. Наочність сприяє формуванню цілісного уявлення про об'єкт навчання, допомагає здобувачам пов'язувати абстрактні поняття з конкретними технічними реаліями та підвищує ефективність сприйняття складних закономірностей [8].

Для технічних дисциплін, особливо тих, що стосуються аеродинаміки та конструкції кузова автомобіля, наочність є критичною умовою засвоєння матеріалу. Здобувачі потребують чітких демонстрацій фізичних явищ, таких як потік повітря, турбулентність, лобовий опір та обтічність кузова, а також наочних моделей конструкційних рішень. Ілюстративний матеріал повинен бути якісним, технологічно релевантним та логічно інтегрованим у структуру основного тексту, так щоб він не лише доповнював пояснення, а й виконував функцію когнітивного посилення, дозволяючи учням швидше сформулювати точні ментальні моделі технічних процесів і конструкційних рішень.

Використання наочних матеріалів у поєднанні з текстовим викладом, алгоритмами, схемами роботи обладнання та реальними прикладами виробничих ситуацій забезпечує комплексне сприйняття знань, формує

технічне мислення та підвищує готовність до виконання практичних завдань у майбутній професійній діяльності .

Зміст навчального посібника має відповідати вимогам компетентнісного підходу, який передбачає формування не лише знань, а й умінь, навичок та ставлення, необхідних для успішного виконання професійної діяльності [12]. Посібник повинен забезпечувати інтеграцію теоретичних знань із практичними діями, що дозволяє здобувачам засвоювати матеріал у контексті реальних професійних ситуацій.

Для реалізації цього підходу до структури посібника доцільно включати систему різнорівневих завдань: репродуктивних, що спрямовані на відтворення знань; аналітичних, які формують уміння порівнювати, класифікувати та оцінювати інформацію; проблемних та ситуаційних, що стимулюють самостійне прийняття рішень; а також виробничо-практичних, що відтворюють реальні умови роботи на професійному підприємстві.

Таке різноманіття завдань забезпечує поетапний розвиток професійного мислення, уміння аналізувати конструкції та технічні об'єкти, прогнозувати наслідки прийнятих рішень та виконувати технологічні операції з урахуванням реальних умов виробництва. У результаті студенти не лише набувають теоретичних знань, але й здатні ефективно застосовувати їх у практичній діяльності, що відповідає сучасним стандартам професійної підготовки та принципам компетентнісної освіти.

Не менш важливою вимогою до навчального посібника є його методична завершеність, яка передбачає наявність усіх складових, необхідних для повноцінного засвоєння матеріалу та організації навчальної діяльності здобувачів. Окрім основного тексту, посібник повинен містити: вступ, де окреслюються цілі та завдання навчання; чітко сформульовані результати навчання, що визначають очікувані компетентності; короткі висновки до кожного розділу, що узагальнюють ключові положення та полегшують повторення матеріалу; термінологічний словник, який забезпечує розуміння спеціальної технічної лексики; список використаних джерел, що дає змогу студентам поглибити знання та орієнтуватися у професійній літературі; а також

додатки, що містять креслення, таблиці, приклади технічної документації, зразки розрахунків та інші ілюстративні матеріали [20].

Такий комплексний підхід до структурування посібника забезпечує його цілісність, логічну завершеність та зручність практичного використання, дозволяючи здобувачам ефективно опановувати матеріал як під час аудиторних занять, так і у самостійній роботі. Крім того, методично завершений посібник створює основу для формування в учнів системного мислення, вміння аналізувати та інтегрувати знання, а також для розвитку професійних компетентностей, необхідних у реальних умовах виробничої діяльності.

Таким чином, навчальний посібник має відповідати комплексним дидактичним, методичним і професійним вимогам, що забезпечують його ефективність як інструмента навчання, розвитку та професійної підготовки здобувачів закладів професійної освіти.

1.3 Методичні підходи до створення навчальних матеріалів для професійної підготовки

Створення навчальних матеріалів для професійної підготовки передбачає комплексний підхід, що поєднує сучасні педагогічні концепції, дидактичні принципи та специфіку професійної діяльності. Основною метою такого підходу є забезпечення засвоєння знань, формування умінь і навичок, а також розвиток професійного мислення здобувачів освіти у контексті реальних виробничих завдань.

Одним із фундаментальних підходів є компетентнісний, який орієнтований на формування не лише знань, а й умінь застосовувати їх у реальних професійних ситуаціях. Такий підхід передбачає інтеграцію теоретичних положень з практичною діяльністю, що дозволяє студентам не тільки засвоювати інформацію, а й навчатися приймати обґрунтовані рішення, виконувати операції та здійснювати професійні дії в умовах, наближених до виробничих [12].

У навчальних матеріалах компетентнісний підхід реалізується через розробку завдань різного типу: репродуктивних, що перевіряють базові знання; аналітичних, що сприяють розвитку умінь порівнювати, класифікувати й систематизувати інформацію; проблемних, які стимулюють пошук нестандартних рішень і критичне мислення; ситуаційних, що відображають конкретні виробничі та технічні ситуації; виробничо-практичних, які моделюють реальні операції на робочих місцях та забезпечують розвиток практичних навичок [12].

Такий комплекс завдань створює послідовний ланцюг розвитку професійного мислення, формує здатність аналізувати технічні об'єкти, оцінювати їхні функціональні характеристики, прогнозувати наслідки прийнятих рішень і здійснювати технологічні операції з високою точністю. Крім того, компетентнісний підхід сприяє формуванню міждисциплінарних умінь, таких як інформаційна грамотність, використання сучасних технологій, читання технічної документації, моделювання та оцінка ефективності конструкційних рішень.

Особливо значущим є зв'язок компетентностей із професійними стандартами та реальними виробничими процесами, що дозволяє студентам розуміти, як набуті знання і навички застосовуються у сучасному автомобілебудуванні, а також формує мотивацію до самостійного розвитку та постійного підвищення кваліфікації [2; 4]. Завдяки цьому посібники, побудовані на компетентнісному підході, стають не просто джерелом знань, а ефективним інструментом підготовки кваліфікованих фахівців, здатних адаптуватися до змінних умов виробничого середовища.

Не менш важливим є діяльнісний підхід, який передбачає активну участь учня в процесі навчання та безпосереднє залучення його до пізнавальної та практичної діяльності. Навчальні матеріали організуються таким чином, щоб здобувачі могли взаємодіяти з реальними та макетними об'єктами, технічними моделями, кресленнями, схемами, виробничим обладнанням та цифровими симуляціями. Така активна взаємодія дозволяє студентам не лише сприймати

інформацію, а й відпрацьовувати операції, приймати рішення та прогнозувати наслідки власних дій у наближених до реальних умовах [12].

Діяльнісний підхід стимулює розвиток практичних умінь і професійних навичок, формує компетентність у використанні технічних засобів, моделюванні та конструюванні. Він сприяє розвитку самостійного мислення, вмінню планувати власну діяльність, аналізувати результати експериментів і виробничих завдань, а також удосконалювати технологічні процеси. Використання цього підходу особливо ефективно у технічних дисциплінах, де потрібне поєднання теорії та практики, наприклад, при вивченні аеродинаміки, аналізі конструкцій автомобільного кузова чи оцінці ефективності технічних рішень [21].

Крім того, діяльнісний підхід стимулює розвиток когнітивних і комунікативних навичок, оскільки студенти навчаються працювати у групах, обговорювати спостереження та ділитися результатами експериментів. Завдяки такій організації навчання формується практична готовність до виконання професійних операцій, що є ключовою умовою успішної адаптації випускників до реального виробничого середовища [21].

Використання наочно-образного та моделювального підходів є важливим компонентом методики створення навчальних матеріалів для професійної підготовки. Вони забезпечують формування просторового та технічного мислення здобувачів, значно полегшують сприйняття складних абстрактних понять, закономірностей і взаємозв'язків у професійних системах. Завдяки поєднанню графічних схем, креслень, діаграм, фотографій, макетів і інтерактивних моделей навчальні матеріали дозволяють студентам візуалізувати процеси, які важко сприймати лише через текст, відтворювати реальні виробничі операції та конструювання професійних об'єктів, а також аналізувати причинно-наслідкові зв'язки між елементами технічних систем [20].

Наочні матеріали та моделі дають змогу здобувачам побудувати чіткі ментальні моделі професійних явищ, сприяють розвитку навичок просторового уявлення, планування та оцінки конструкційних рішень. У навчальних

дисциплінах, пов'язаних з автомобілебудуванням, аеродинамікою та конструкційними особливостями кузова, застосування візуалізацій підвищує ефективність засвоєння складних понять, таких як аеродинамічний опір, потік повітря, турбулентність, обтічність кузова та інші технічні характеристики транспортних засобів.

Моделювальний підхід у навчальних матеріалах створює умови для експериментальної та дослідницької діяльності, коли студенти можуть перевіряти гіпотези, змінювати параметри моделей, оцінювати результати конструювання та аналізу, що сприяє розвитку критичного мислення, творчості та здатності до самостійного прийняття професійних рішень. Інтеграція наочно-образних і моделювальних елементів у навчальний посібник підвищує мотивацію до навчання, демонструє практичну цінність теоретичних знань і дозволяє відчувати результат власної діяльності у професійній сфері [21].

Важливим компонентом методики створення навчальних матеріалів є проблемно-орієнтований підхід, який передбачає включення навчальних ситуацій, що потребують від здобувачів активного аналізу, порівняння різних варіантів, ухвалення рішень та обґрунтування вибору оптимальних технічних рішень. У навчальному посібнику це реалізується через використання задач, кейсів, виробничих сценаріїв, моделювання нестандартних або конфліктних ситуацій, що максимально наближені до реальних умов професійної діяльності.

Такий підхід сприяє розвитку критичного мислення, формує здатність оцінювати альтернативи, прогнозувати наслідки прийнятих рішень та робити обґрунтовані висновки. Він також стимулює творчий підхід до вирішення професійних завдань, оскільки учні повинні самостійно шукати оптимальні шляхи реалізації технологічних процесів чи конструкторських рішень, а не лише відтворювати стандартні алгоритми.

Проблемно-орієнтовані ситуації в навчальних матеріалах підвищують мотивацію та професійну самостійність студентів, готують їх до виконання складних виробничих завдань, сприяють формуванню навичок адаптації до нових умов і нестандартних проблем, а також інтегрують знання з різних дисциплін у єдину систему професійних компетентностей. Крім того, такий

підхід підсилює ефективність інших методичних стратегій, зокрема діяльнісного, компетентнісного та моделювального підходів, створюючи цілісне навчальне середовище, орієнтоване на розвиток професійно значущих умінь та навичок [8].

Крім того, навчальні матеріали повинні враховувати принципи адаптивності та диференціації, що дозволяють враховувати рівень підготовки, пізнавальні особливості та індивідуальні потреби здобувачів освіти. Такий підхід передбачає створення посібника з різнорівневими завданнями, можливістю вибору додаткових вправ і поглибленого матеріалу для більш підготовлених студентів, а також допоміжних пояснень і схем для тих, хто потребує додаткової підтримки.

Подання навчального матеріалу має поєднувати текстові пояснення, графічні схеми, діаграми, ілюстрації, приклади з професійної практики та завдання різної складності, що забезпечує поетапне та системне засвоєння знань. Така організація сприяє формуванню стійких професійних умінь, розвитку критичного та творчого мислення, підвищенню самостійності у вирішенні виробничих та конструкторських задач, а також мотивації до навчальної та практичної діяльності.

Адаптивність і диференціація дозволяють ефективно поєднувати компетентнісний, діяльнісний, наочно-образний, моделювальний та проблемно-орієнтований підходи, створюючи навчальне середовище, яке відповідає потребам різних категорій студентів і формує професійно значущі компетентності [20; 21].

У комплексі зазначені підходи створюють методичну основу для розробки навчальних посібників, які не лише передають знання, а й формують практичні компетентності, сприяють розвитку професійного мислення та готують здобувачів до успішної діяльності в сучасних виробничих умовах.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ЗМІСТУ ОСНОВНОГО ТЕКСТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА «ОСНОВИ АЕРОДИНАМІКИ ТА КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ»

2.1 Визначення результатів навчання

Визначення цілей і результатів навчання є вихідним етапом проєктування змісту основного тексту навчального посібника. Саме правильно сформульовані результати визначають логіку відбору навчального матеріалу, вибір ефективних методів навчання та побудову змістово-практичних блоків дисципліни. У межах теми «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» особливо важливою є орієнтація на формування професійних компетентностей, що забезпечують здатність майбутніх фахівців аналізувати, моделювати та оптимізувати конструкцію транспортних засобів з урахуванням аеродинамічних закономірностей і сучасних інженерних рішень.

У сучасній педагогічній науці дидактичні цілі визначаються як стратегічні орієнтири, що спрямовують навчальну діяльність та відображають вимоги суспільства й професійної сфери. Їх формулювання спирається на принципи компетентної, діяльнісної та інтегративної парадигм, що забезпечує відповідність цілей практичним потребам автомобільної галузі. Процес цілепокладання включає послідовне визначення, пояснення та операціоналізацію навчальних завдань, які згодом приймаються здобувачами освіти як орієнтири їхньої діяльності. Це створює основу для вибору адекватних методів, форм і засобів навчання та підвищує ефективність освітнього процесу [22].

Цілі вивчення основ аеродинаміки та конструкційних особливостей кузова автомобіля мають комплексний характер і охоплюють як теоретичні знання про закономірності руху тіл у повітряному потоці, так і практичні уміння моделювання, оцінювання та проєктування конструкцій транспортних

засобів. Вони поділяються на стратегічні (відповідність державним стандартам професійної підготовки), тактичні (цілі окремої навчальної дисципліни) та оперативні (цілі конкретної теми).

У структурі професійної підготовки результати навчання відіграють роль вимірюваних індикаторів, що дозволяють оцінити рівень сформованості компетентностей. Вони визначають, що саме здобувач повинен знати, розуміти та вміти виконувати після завершення вивчення теми, та забезпечують можливість об'єктивного контролю як теоретичних знань, так і практичних умінь. Результати навчання розглядаються через призму різних методологічних підходів — цільового, компетентнісного, когнітивного, процесуального та інтегративного, що дозволяє забезпечити їхню комплексність і відповідність вимогам сучасної професійної освіти [24]

Відповідно до вимог Стандарту професійної (професійно-технічної) освіти за професією «Слюсар з ремонту колісних транспортних засобів» та навчальної програми з дисципліни «Спецтехнологія», результати навчання з теми «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» повинні забезпечувати формування в здобувачів цілісної системи знань і умінь, необхідних для професійної діяльності у сфері технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів [25].

Стандарт професійної освіти визначає компетентності слюсаря у межах технічної експлуатації, діагностування, оцінювання технічного стану транспортних засобів, уміння аналізувати конструкцію автомобіля, розпізнавати ознаки несправностей та пропонувати оптимальні технологічні рішення. У цих вимогах простежується потреба у сформованості розуміння закономірностей взаємодії автомобіля з навколишнім середовищем, зокрема впливу аеродинамічних сил на керованість, стійкість і економічність транспортного засобу.

Навчальна програма спецтехнологій передбачає опанування будови кузова, його функцій, конструкційних особливостей, матеріалів та технологій виготовлення, а також уміння читати й інтерпретувати технічну документацію, креслення, схеми та моделі. Таким чином, результати навчання повинні

забезпечувати здатність здобувачів пояснювати фізичну природу обтікання кузова повітряним потоком, лобового та індуктивного опору, підйомної сили, коефіцієнтів аеродинаміки та їх впливу на експлуатаційні характеристики автомобіля.

Аналіз нормативних документів вказує, що майбутній слюсар з ремонту КТЗ має вміти оцінювати конструкцію кузова з погляду міцності, безпеки, ергономіки та технологічності ремонту, а також орієнтуватися у сучасних тенденціях автомобілебудування, включно з використанням інноваційних матеріалів і активних аеродинамічних елементів. У межах професійних компетентностей важливим є не лише знання конструкції кузова, а й розуміння його ролі у формуванні аеродинамічних характеристик автомобіля, уміння визначати можливі пошкодження, що впливають на аеродинаміку, та приймати обґрунтовані рішення щодо технології ремонту або відновлення геометрії. З огляду на це результати навчання повинні передбачати здатність аналізувати взаємозв'язок між конструкцією кузова й аеродинамічними показниками, використовувати методи аеродинамічного моделювання та інтерпретувати їх результати для виробничих завдань.

Таким чином, результати навчання з теми мають бути спрямовані на формування в здобувачів знань про основні аеродинамічні поняття і закони, типи та конструкції кузовів, способи аеродинамічного вдосконалення автомобіля, а також умінь аналізувати технічні характеристики, оцінювати вплив конструкційних рішень на експлуатацію транспортного засобу, застосовувати технічні схеми, моделі та візуалізації для вирішення професійних завдань. Такі результати забезпечують узгодженість змісту навчального матеріалу з вимогами державного стандарту, логікою професійної підготовки та практичними потребами виробничої діяльності.

В результаті аналізу, нами було виділено такі дидактичні уміння, які повинні бути сформовані в студентів:

- пояснювати основні закони аеродинаміки та їхнє застосування в автомобільній техніці;

- характеризувати процес обтікання кузова повітряним потоком та оцінювати аеродинамічні сили;
- визначати складові повітряного опору автомобіля та закономірності їх формування;
- аналізувати конструкцію кузова автомобіля та виявляти її функціональні й аеродинамічні особливості;
- класифікувати типи кузовів і матеріалів та обґрунтовувати їх доцільність;
- оцінювати вплив аеродинамічних елементів на стійкість і керованість автомобіля;
- застосовувати методи аеродинамічного моделювання й випробувань;
- формулювати інженерні пропозиції щодо покращення аеродинамічних характеристик автомобіля.

Кожне уміння має бути забезпечене відповідною системою знань та відповідністю рівня засвоєння матеріалу, що визначає глибину опанування дій і змісту. Рівні сформованості умінь у професійній підготовці трактуються як поступове ускладнення характеру діяльності: від репродуктивного рівня, коли здобувач здатний виконувати елементарні операції за інструкцією, до алгоритмічного рівня, що передбачає застосування правил і способів дії у типовій ситуації, і далі до самостійного рівня, на якому здобувач виконує завдання без зовнішньої допомоги, здійснює аналіз та вибір оптимального способу дії. Найвищим є творчий рівень, який характеризується здатністю інтегрувати знання, критично оцінювати технічні рішення, пропонувати альтернативи та здійснювати інженерний пошук у нестандартних ситуаціях. На наш погляд, більшість умінь цієї теми повинні бути сформовані щонайменше на самостійному рівні, оскільки вони пов'язані з інженерним аналізом, порівнянням варіантів, оцінюванням технічних рішень і застосуванням теоретичних положень у практичних моделях.

Рівні засвоєння знань визначаються відповідно до їх ролі в процесі формування умінь і відображають глибину осмислення навчального матеріалу. Понятійно-репродуктивний рівень (ПР) передбачає відтворення основних фактів, термінів і визначень без їх глибокого аналізу. Понятійно-аналітичний

рівень (ПА) характеризується усвідомленням причинно-наслідкових зв'язків, здатністю інтерпретувати інформацію й застосовувати окремі правила чи закономірності для пояснення явищ. Понятійно-синтетичний рівень (ПС) включає здатність до узагальнення, інтеграції знань з різних аспектів теми, критичної оцінки інформації та формування більш складних висновків [24]. Найвищим є концептуально-творчий рівень (КТ), що забезпечує можливість створювати нові підходи, пропонувати альтернативні технічні рішення та здійснювати елементи інженерного моделювання. Так, знання про основні закони аеродинаміки формуються переважно на понятійно-аналітичному рівні, тоді як знання про принципи оптимізації форми кузова потребують понятійно-синтетичного рівня, оскільки передбачають узагальнення, аналіз, вибір критеріїв та творче застосування у контексті професійних ситуацій.

На основі вищезазначеного аналізу цілей навчання та рівнів засвоєння знань і умінь можна сформулювати узагальнену таблицю очікуваних результатів навчальної діяльності здобувачів. Таблиця 2.1 відображає кореляцію між дидактичними цілями, бажаним рівнем сформованості умінь, відповідними дидактичними навчальними задачами та бажаним рівнем засвоєння знань, що забезпечують формування цих умінь. Така структуризація дозволяє викладачу планувати навчальний процес з урахуванням складності завдань, поетапності засвоєння матеріалу та рівня самостійності здобувачів у виконанні практичних і аналітичних завдань.

Таблиця 2.1 – Результати навчання з теми «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Дидактична ціль	Рівень сформованості дій	Дидактичні навчальні задачі	Рівень сформованості знань
Уміти:		Знати	
Пояснювати дію основних аеродинамічних сил на автомобіль	ОДІ → С	Закони аеродинаміки; природа опору повітря, підйомної сили та бокових сил; принципи обтікання тіла повітряним	ОО → ПА

		ПОТОКОМ	
Аналізувати складові опору повітря та їхній вплив на рух автомобіля	С	Лобовий, індуктивний, хвильовий опір, опір тертя; фактори, що визначають величину опору	ПА
Інтерпретувати аеродинамічні коефіцієнти (C_x , C_l , C_y) на основі технічних даних	ОДІ → С	Фізичний зміст коефіцієнтів; методи їх визначення; вплив конструкції кузова на зміну коефіцієнтів	ОО → ПА
Порівнювати методи аеродинамічних випробувань і моделювання	С	Принципи роботи аеродинамічної труби; основи CFD-моделювання; відмінності експериментальних і комп'ютерних методів	ПА
Визначати тип кузова та його конструкційні особливості	ОДІ → С	Класифікація кузовів; конструкційні елементи кузова (рама, несуча структура, модулі)	ОО → ПА
Оцінювати властивості кузовних матеріалів залежно від умов експлуатації	С	Метали, композити, полімери; їх міцність, корозійна стійкість, маса, ремонтпридатність	ПА
Пояснювати вплив технологій виготовлення кузова на його характеристики	ОДІ → С	Штапування, лиття, зварювання, склеювання; вплив технології на жорсткість, міцність, ремонтпридатність	ОО → ПА
Аналізувати вплив форми кузова на аеродинамічні характеристики	С	Принципи аеродинамічної оптимізації; геометричні параметри, що визначають обтічність кузова	ПА
Оцінювати функціональність аеродинамічних елементів (спойлерів, дифузорів, жалюзі)	С → СА	Будову та призначення аеродинамічних елементів; принципи створення притисної сили та оптимізації потоків	ПА → ПС
Встановлювати взаємозв'язок між аеродинамічними рішеннями та екологічними показниками	С	Вплив опору повітря на витрату пального; екологічні нормативи; енергоефективність транспортних засобів	ПА
Порівнювати традиційні та сучасні конструктивні рішення (електрокари, автономні авто)	С	Сучасні тенденції: активна аеродинаміка, новітні матеріали, дизайн електромобілів і автомобілів майбутнього	ПА → ПС

2.2 Компонування інформаційного поля та формування дидактичних одиниць навчального матеріалу

Компонування інформаційного поля та створення дидактичних одиниць означає впорядкування навчального матеріалу так, щоб він був логічним,

послідовним і легко засвоювався. Це процес добору та організації знань відповідно до навчальних цілей.

Щоб правильно побудувати інформаційне поле, потрібно [24]:

- визначити головні поняття й терміни теми, а також ключові принципи, процеси та моделі;
- скласти структуру, яка показує логічний рух від простих понять до складніших знань;
- знайти міжпредметні зв'язки, що допомагають застосовувати знання у різних сферах.

Навчальний матеріал спирається на систематизовані знання — технічні, наукові й технологічні. Вони мають бути чітко сформульовані, взаємопов'язані та подані так, щоб учням було легко їх зрозуміти. Важливо, що такі знання мають системний характер: вони пояснюють, як працюють об'єкти, процеси й явища у певній галузі [24].

Наукові знання можна поділити на кілька типів:

- описові — пояснюють властивості та роботу об'єктів і процесів;
- методологічні — навчають методів дослідження, аналізу й експериментів;
- логічні — показують розвиток науки через закономірності, теорії та гіпотези;
- історичні — розповідають про відкриття й досягнення вчених, показують еволюцію наукової думки.

Крім цього, навчальний матеріал має міждисциплінарний підхід: він пов'язує знання з іншими галузями, розширює розуміння та дає приклади з історії й сучасних технологій. Це допомагає не лише накопичувати знання, а й формувати практичні навички та професійні компетентності [23].

Складність навчального матеріалу визначають кілька основних критеріїв, які показують, наскільки він легкий чи важкий для учнів [23]:

- новизна матеріалу – чим більше нових ідей та знань у темі, тим важче її засвоїти;

- кількість нових термінів – великий обсяг нових понять потребує більше уваги та зусиль;
- опора на відомі знання – якщо матеріал базується на вже знайомих термінах, його легше зрозуміти;
- форма викладу – довгі речення, складні конструкції та спеціальні терміни ускладнюють сприйняття;
- абстрактність змісту – чим більше матеріал вимагає уяви й абстрактного мислення, тим він складніший. Щоб полегшити сприйняття, варто додавати приклади, аналогії та візуалізації.

Таким чином, складність навчального матеріалу залежить від того, наскільки він новий, об'ємний, зрозуміло викладений і чи має зв'язок із уже відомими знаннями.

Відбір навчальної інформації має ґрунтуватися на головних дидактичних принципах, які допомагають учням ефективно засвоювати знання:

- генералізація: потрібно виділяти найважливіші ідеї та поняття, які стануть основою для подальшого навчання;
- наукова цілісність і логічність: матеріал має відповідати сучасному рівню науки та подаватися послідовно, з поясненням причинно-наслідкових зв'язків;
- актуальність: інформація повинна відображати новітні досягнення у галузі, щоб бути корисною й практично значущою;
- доступність: матеріал слід адаптувати до рівня підготовки, віку та можливостей учнів, щоб він був зрозумілим;
- відповідність цілям підготовки: зміст має узгоджуватися з професійними завданнями та сприяти формуванню компетенцій майбутніх фахівців.

Таким чином, відбір інформації – це не просто збирання фактів, а цілеспрямований процес, який забезпечує логічність, сучасність і практичну користь навчального матеріалу.

Відбір інформаційного поля для навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» проводимо

відповідно до визначених у п.2.1 результатів навчання. Для цього було проаналізовано підручники та навчальні посібники з будови автомобіля [25 - 27], електронні ресурси мережі Інтернет, що висвітлюють питання аеродинаміки, конструкції кузова, методів моделювання та сучасних інженерних рішень [28 – 35]. В результаті було сформоване інформаційне поле з теми «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»:

ДО1 – Основні поняття аеродинаміки та закони руху повітря

ДО2 – Обтікання тіл повітряним потоком: принципи та типи обтікання

ДО3 – Складові опору повітря: лобовий, індуктивний, хвильовий, тертя

ДО4 – Підйомна сила та її вплив на стійкість автомобіля

ДО5 – Аеродинамічні коефіцієнти: коефіцієнт лобового опору, підйомна сила, коефіцієнт бокового опору

ДО6 – Методи аеродинамічного моделювання та випробувань: аеродинамічні труби, CFD-моделювання, комп'ютерні симуляції

ДО7 – Основні типи кузовів та їх класифікація

ДО8 – Функції та вимоги до кузова: міцність, безпека, ергономіка, естетика

ДО9 – Матеріали для виготовлення кузовів: метали, композити, полімери

ДО10 – Конструкційні елементи кузова: рама, несучий кузов, модульна структура

ДО11 – Технології виготовлення кузовів: штампування, зварювання, лиття, склеювання

ДО12 – Сучасні тенденції конструкції кузовів: легкі матеріали, активна аеродинаміка, електромобілі

ДО13 – Аеродинамічна оптимізація форми кузова

ДО14 – Вплив конструкції кузова на стійкість та керованість автомобіля

ДО15 – Використання аеродинамічних елементів: спойлери, дифузори, жалюзі, активні системи

ДО16 – Екологічні аспекти аеродинаміки: вплив на паливну ефективність і викиди

ДО17 – Новітні концепції дизайну кузова

ДО18 – Вплив електрифікації транспорту на аеродинамічні рішення

ДО19 – Інноваційні матеріали та технології у виробництві кузовів

ДО20 – Автомобілі майбутнього: автономні транспортні засоби та їх аеродинаміка

Зміст дидактичних одиниць подано у додатку А.

Таким чином, було проведено системний пошук навчальної інформації з теми «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» та структуровано її у вигляді логічно завершених частин, які отримали назву дидактичних одиниць.

2.3 Побудова структурно-сміслової моделі та визначення логічної послідовності викладу матеріалу

Структурування навчального матеріалу є одним із ключових аспектів організації ефективного навчального процесу в технічних дисциплінах. Воно забезпечує логічну послідовність викладу інформації, сприяє систематизації знань і формуванню у здобувачів освіти чіткого уявлення про предмет, а також полегшує сприйняття складних технічних понять і процесів. Важливість цього процесу зумовлена тим, що у технічній освіті учні не лише засвоюють теоретичні відомості, а й набувають практичних умінь, здатності до аналізу, порівняння варіантів рішень і прийняття оптимальних технічних рішень. Рациональна структура навчального матеріалу забезпечує взаємозв'язок між окремими темами та розділами, допомагає виділити основні поняття і принципи, визначити логічну послідовність їх вивчення та встановити пріоритети у формуванні знань і умінь. Крім того, чітка структура матеріалу сприяє активізації пізнавальної діяльності студентів, стимулює їхнє критичне мислення і самостійну роботу, що є особливо важливим для підготовки висококваліфікованих фахівців у сфері автомобілебудування та суміжних галузях.

Для структурування навчального матеріалу з метою його подання у змісті навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» було використано графоаналітичний метод структурування [36]. Цей метод дозволяє поділити навчальний матеріал на логічно завершені частини, встановити зв'язки між цими частинами та визначити їхню послідовність у процесі вивчення.

Процедура структурування навчального матеріалу за цим методом складається з кількох основних етапів:

1. Формування множини понять теми. На цьому етапі визначаються основні поняття, що складають навчальний матеріал. У нашому випадку перелік основних понять було сформовано у розділі 1.2 та складається з кількох дидактичних одиниць, які включають ключові концепції систем комфорту автомобіля, їхні складові та функціональне призначення.

2. Побудова схеми взаємозв'язків між поняттями. Мета цього етапу — встановлення зв'язків між визначеними дидактичними одиницями. Для наочності схема взаємозв'язків представлена у вигляді графа (див. рисунок 1.1). У цьому графі навчальні елементи відображені у вигляді кола з відповідним номером дидактичної одиниці, а стрілки показують зв'язки між ними. Стрілка означає, що зміст однієї дидактичної одиниці слугує основою для розуміння іншої.

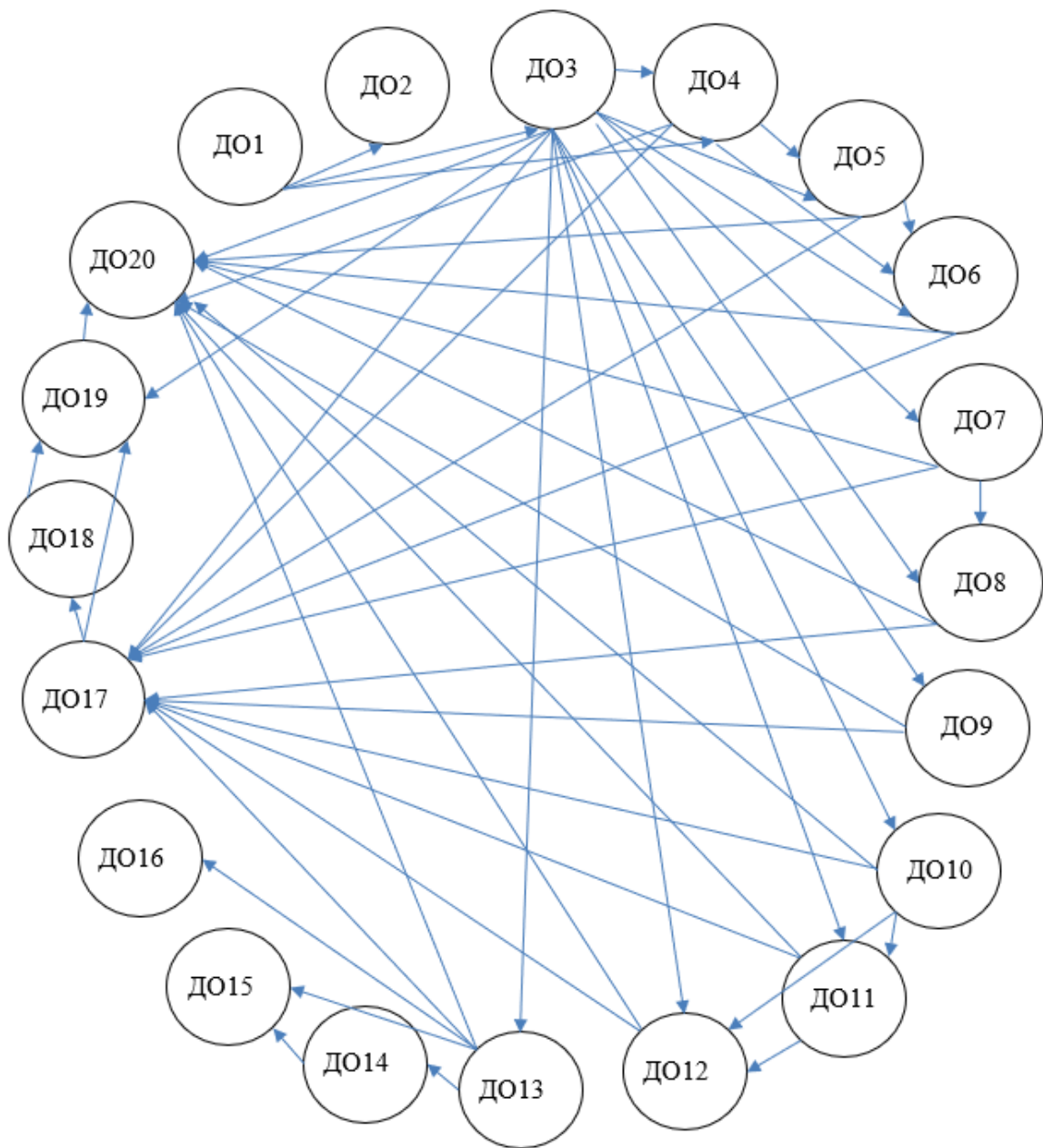


Рисунок 2.1 – Граф взаємозв'язків між дидактичними одиницями

Після побудови графа проводиться його аналіз на наявність автономних вершин (дидактичних одиниць, які не мають зв'язків із іншими) та замкнених контурів (одиниць, що взаємно впливають одна на одну). Виявлення автономних вершин свідчить про необхідність перегляду змісту – або потрібно додати зв'язки з іншими одиницями, або видалити ці одиниці зі змісту. У випадку замкнених контурів треба «розімкнути» їх, виключивши найслабший зв'язок.

У нашому випадку не було виявлено автономних вершин чи замкнених контурів, тому ми переходимо до наступного етапу – побудови матриці зв'язків між дидактичними одиницями. Ця матриця дозволяє систематизувати і чітко визначити логічну послідовність подання матеріалу у навчальному посібнику.

3 Побудова матриці зв'язків між дидактичними одиницями. На цьому етапі ми подаємо граф взаємозв'язків у формі матриці (таблиця 1.2). Розмірність матриці 20x20 елементів.

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків між ДО навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Wb	
1		1	1	1																		3
2																						0
3				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1		1	1		13
4					1												1					2
5						1											1			1		3
6																	1			1		2
7								1									1			1		3
8																	1			1		2
9																	1			1		2
10											1	1					1			1		4
11												1					1			1		3
12																						0
13														1	1	1	1				1	5
14															1							1
15																						0
16																						0
17																		1	1			2
18																			1			1
19																					1	1
20																						0
Wa0	0	1	1	2	2	2	1	2	1	1	2	3	1	1	2	1	10	1	2	10		Шар 0
Wa1		0	0	1	2	2	1	2	1	1	2	3	1	1	2	1	10	1	2	10		Шар 1
Wa2				0	1	1	0	1	0	0	1	2	0	1	2	1	9	1	1	9		Шар 2
Wa3					0	1		0			0	1		0	1	0	4	1	2	5		Шар 3
Wa4						0						0			0		1	1	2	2		Шар 4
Wa5																	0	1	2	2		Шар 5
Wa6																		0	1	1		Шар 6
Wa7																			0	1		Шар 7
Wa8																				0		Шар 8

Відповідно до методики [32], вектор W_a розкладається на шари. Кожен шар матриці утворює окремий вектор, який позначається як $V(z)$, де z — номер

шару ($z \geq 0$). Під час розкладання вектора W_a на шари визначається кількість елементів у кожному з векторів, які належать конкретному шару.

Вектор $V(0) = (DO1)$ є нульовим шаром, і його елементи складаються з понять, що мають індекси, відповідні номерам стовпців матриці, які містять нульові елементи вектору W_{a0} .

Для формування першого шару використовується формула (1.1):

$$W_{a1} = W_{a0} - W_{b1} \quad (1.1)$$

де W_{a1} — допоміжний вектор для побудови першого шару, а W_{b1} — вектор, який відповідає першому рядку матриці взаємозв'язків.

Таким чином, $V(1) = (DO2)$, що означає, що $DO2$ належить до першого шару.

Далі, за аналогією, конструюються наступні шари.

$$W_{a2} = W_{a1} - W_{b2} - W_{b3};$$

$$W_{a3} = W_{a2} - W_{b4} - W_{b7} - W_{b9} - W_{b10} - W_{b13};$$

$$W_{a4} = W_{a3} - W_{b5} - W_{b8} - W_{b11} - W_{b14} - W_{b16};$$

$$W_{a5} = W_{a4} - W_{b6} - W_{b12} - W_{b15};$$

$$W_{a6} = W_{a5} - W_{b17};$$

$$W_{a7} = W_{a6} - W_{b18};$$

$$W_{a7} = W_{a6} - W_{b19}.$$

В результаті ми розбити всю множину дидактичних одиниць навчального матеріалу на 9 шарів:

$$\text{Шар 0: } V(0) = (DO1);$$

$$\text{Шар 1: } V(1) = (DO2, DO3);$$

$$\text{Шар 2: } V(2) = (DO4, DO7, DO9, DO10, DO13);$$

$$\text{Шар 3: } V(3) = (DO5, DO8, DO11, DO14, DO16);$$

$$\text{Шар 4: } V(4) = (DO6, DO12, DO15);$$

$$\text{Шар 5: } V(5) = (DO17)$$

$$\text{Шар 6: } V(6) = (DO18)$$

$$\text{Шар 7: } V(7) = (DO19)$$

Шар 8: V(8) = (ДО20)

На наступному етапі структурування навчального матеріалу для посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» створюється структурно-смілова модель у вигляді шарово-паралельної структури. Ця модель показує, як дидактичні одиниці розташовуються за відповідними шарами, визначеними на попередньому етапі, і як вони пов'язані між собою за допомогою стрілок, що відображають взаємозв'язки.

Кожен шар у структурно-сміловій моделі представляє певний рівень навчального матеріалу, де елементи структури розташовані так, щоб продемонструвати їх логічні та функціональні зв'язки. Стрілки, що сполучають елементи, ілюструють, як одна одиниця навчання є основою для розуміння іншої, показуючи послідовність і взаємодію між різними частинами змісту. Це допомагає створити чітку картину того, як навчальний матеріал організований та як його слід вивчати для досягнення максимальної ефективності в процесі навчання.

Побудова такої моделі дозволяє викладачам і студентам зрозуміти структуру навчального матеріалу, визначити ключові елементи і підготуватися до подальшого вивчення та засвоєння матеріалу на основі логічної послідовності.

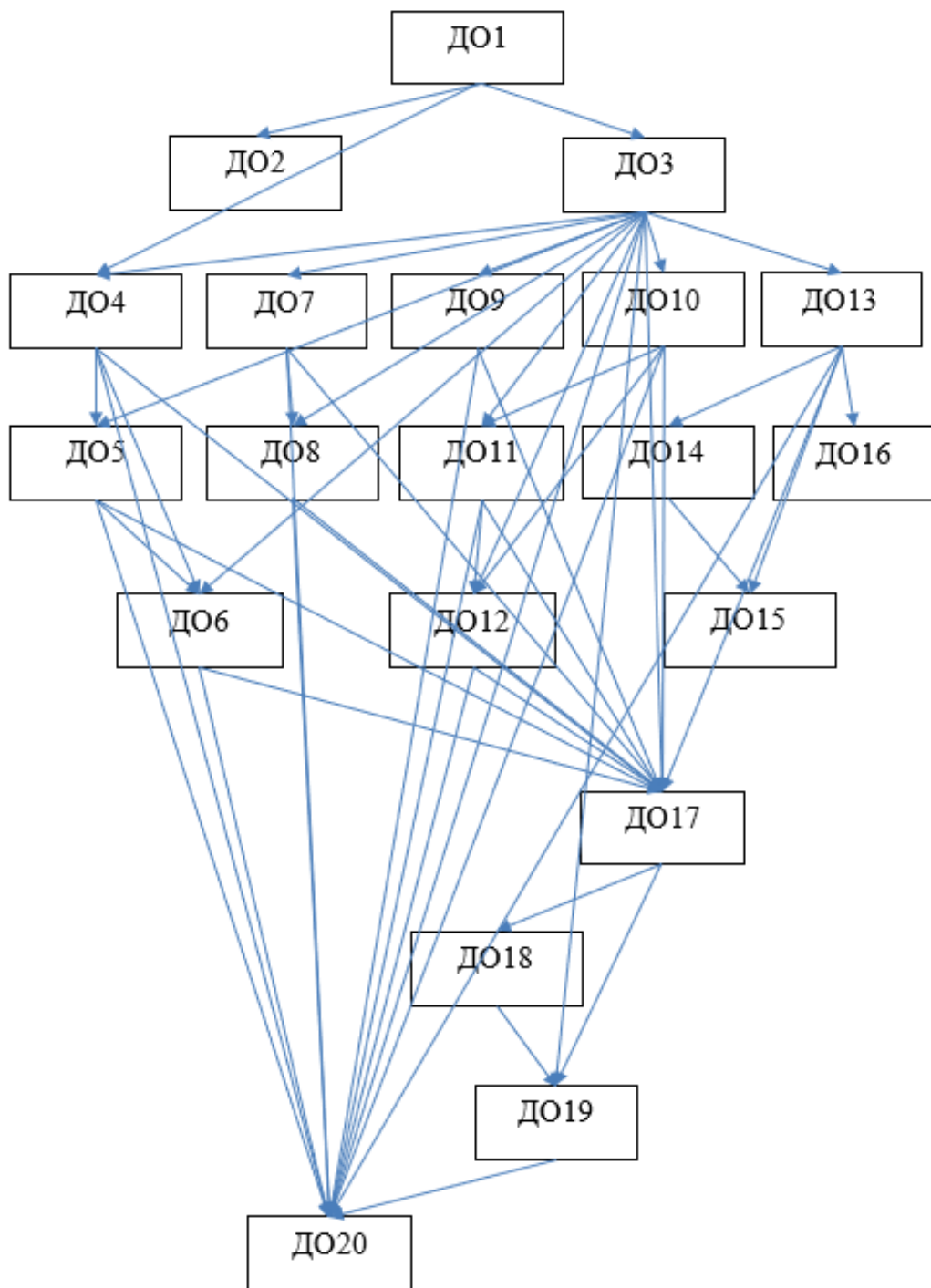


Рисунок 2.2 – Структурно-сміслова модель навчального матеріалу посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Останнім етапом структуризації є аналіз отриманої структурно-смісловної моделі, що дозволить нам визначити оптимальну логічну послідовність подання дидактичних одиниць у навчальному посібнику. Цей процес полягає у вивченні можливих напрямків взаємозв'язків між елементами,

що позначені стрілками, починаючи від верхнього, так званого «нульового» шару, і рухаючись вниз по моделі. Мета цього етапу – знайти найзручнішу і найбільш ефективну траєкторію вивчення, яка забезпечить комплексне засвоєння матеріалу та врахування усіх встановлених зв'язків між елементами.

Аналіз структурно-сислової моделі дозволяє визначити чітку послідовність розташування тем у тексті навчального посібника. Це включає виявлення ключових точок, на яких базується подання змісту, а також встановлення взаємозв'язків, які мають значення для глибшого розуміння навчального матеріалу. Модель також допомагає розставити акценти та підготувати навчальний посібник таким чином, щоб уся інформація подавалася в логічному порядку і відповідала вимогам навчання та засвоєння знань студентами.

В результаті цього етапу було визначено оптимальну послідовність тем у навчальному посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля», показану на рисунку 2.3.

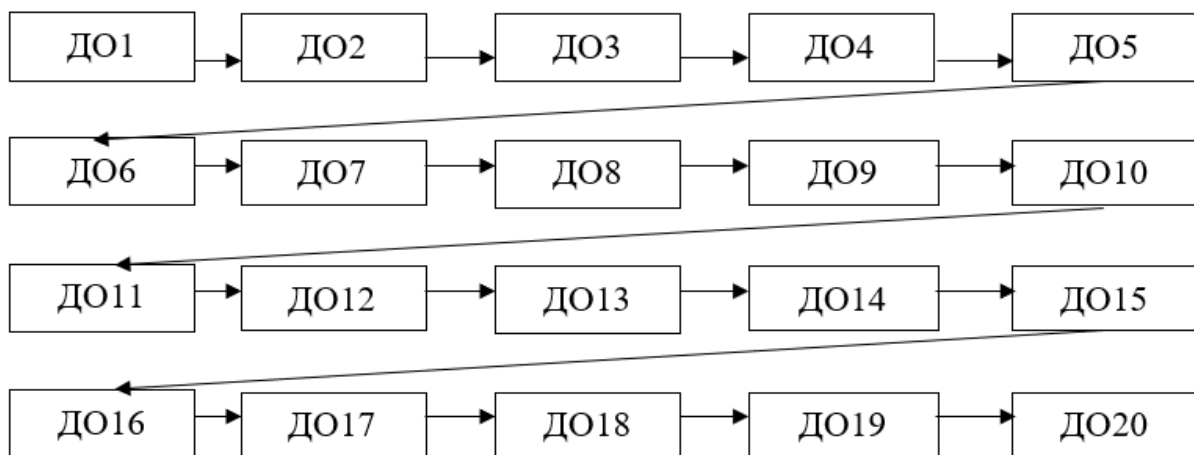


Рисунок 2.3 – Логічний ланцюжок оптимального викладу змісту теми «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Ця послідовність відображає, як елементи змісту органічно зв'язані між собою і як вони повинні бути подані для ефективного навчання та засвоєння матеріалу.

Таким чином, завдяки виконанню аналізу змісту та структури навчального матеріалу, було визначено основні результати навчання з теми

«Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля». Скомпоновано інформаційне поле, що дозволяє охопити всі важливі аспекти цієї теми, а також визначено ключові дидактичні одиниці, які формують основу тексту навчального посібника. Далі була побудована структурно-смілова модель, що наочно ілюструє взаємозв'язки між різними елементами матеріалу та встановлено логічну послідовність їх викладу.

Цей підхід дозволяє створити чітку і зрозумілу структуру, яка забезпечить ефективне засвоєння знань студентами, полегшить розуміння та інтеграцію окремих елементів навчального матеріалу в єдину систему.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА «ОСНОВИ АЕРОДИНАМІКИ ТА КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ»

3.1 Визначення структури та укладання змісту навчального посібника

Зміст навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» є важливим компонентом, який відображає логічну структуру матеріалу та забезпечує послідовне формування знань і умінь у здобувачів освіти. Зміст посібника поділяється на основні розділи та підрозділи, що дозволяє системно висвітлити ключові аспекти аеродинаміки та конструкції кузова, встановлюючи причинно-наслідкові зв'язки між окремими темами. Така організація матеріалу сприяє глибокому засвоєнню як теоретичних понять, так і практичних навичок, необхідних для професійної підготовки фахівців у галузі автомобілебудування та обслуговування транспортних засобів [38].

Посібник «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» складається з чотирьох основних розділів, кожен із яких охоплює конкретну сферу знань і спрямований на досягнення визначених результатів навчання:

1 Основи аеродинаміки автомобіля: цей розділ вводить основні поняття та закони аеродинаміки, розглядає обтікання тіла повітряним потоком, складові опору повітря, підйомну силу та її вплив на стійкість автомобіля, а також основні аеродинамічні коефіцієнти. Крім того, обговорюються методи аеродинамічного моделювання та випробувань, що формує базу для розуміння подальших тем і практичних застосувань.

2 Конструкційні особливості кузова автомобіля: розділ присвячений типам та класифікації кузовів, функціям і вимогам до них, матеріалам для виготовлення, конструкційним елементам та технологіям виробництва.

Особлива увага приділяється сучасним тенденціям у конструкції кузовів, включно з полегшеними матеріалами та інноваційними технологіями.

3 Взаємозв'язок аеродинаміки та конструкції кузова: розділ демонструє, як конструкція кузова впливає на аеродинамічні характеристики автомобіля, його стійкість та керованість. Розглядаються методи аеродинамічної оптимізації форми кузова та використання спеціальних елементів, таких як спойлери, дифузори та активні аеродинамічні системи, а також екологічні аспекти аеродинаміки.

4 Перспективи розвитку аеродинаміки та конструкції кузова автомобіля: цей розділ охоплює новітні концепції дизайну кузова, вплив електрифікації транспорту на аеродинамічні рішення, інноваційні матеріали та технології виробництва, а також розглядає перспективи автономних транспортних засобів і їхню аеродинаміку.

Кожен розділ структуровано у підрозділи та параграфи, що дозволяє поетапно розглядати окремі аспекти теми та забезпечує формування цілісного уявлення про предмет. Така організація сприяє логічній послідовності викладу, підвищує зрозумілість навчального матеріалу та допомагає учням ефективно засвоювати знання й розвивати практичні навички. Зміст навчального посібника із зазначенням розділів та підрозділів представлено на рисунку 3.1.

Після сторінки змісту в навчальному посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» розташований вступ, який виконує важливу організаційну та пізнавальну функцію. Він слугує орієнтиром для здобувачів освіти, дозволяючи їм зрозуміти, чому вивчення аеродинаміки та конструкції кузова є необхідним для професійної підготовки фахівців у галузі обслуговування та ремонту автомобільної техніки.

У вступі обґрунтовується актуальність посібника, підкреслюється значення систематичного підходу до вивчення аеродинамічних процесів та конструктивних особливостей кузова для забезпечення безпеки, економічності та ефективності руху автомобіля. Окремо наголошується на практичному значенні матеріалу: знання аеродинаміки дозволяє оцінювати вплив різних сил на автомобіль під час руху, оптимізувати конструкцію кузова, вибирати

матеріали та технології виготовлення для підвищення аеродинамічної ефективності та стійкості транспортного засобу.

ЗМІСТ	
Вступ	.....
Розділ 1. Основи аеродинаміки автомобіля	.....
1.1. Основні поняття та закони аеродинаміки	.....
1.2. Обтікання тіла повітряним потоком	.....
1.3. Опір повітря та його складові	.....
1.4. Підйомна сила та її вплив на стійкість автомобіля	.....
1.5. Аеродинамічні коефіцієнти: коефіцієнт лобового опору, підйомна сила, коефіцієнт бокового опору	.....
1.6. Методи аеродинамічного моделювання та випробувань	.....
Блок самоконтролю	.....
Розділ 2. Конструкційні особливості кузова автомобіля	.....
2.1. Основні типи кузовів та їх класифікація	.....
2.2. Функції та вимоги до кузова автомобіля	.....
2.3. Матеріали для виготовлення кузовів (метали, композити, пластики)	.....
2.4. Конструкційні елементи кузова	.....
2.5. Технології виготовлення кузовів	.....
2.6. Сучасні тенденції у конструкції кузовів	.....
Блок самоконтролю	.....
Розділ 3. Взаємозв'язок аеродинаміки та конструкції кузова	.....
3.1. Аеродинамічна оптимізація форми кузова	.....
3.2. Вплив конструкції кузова на стійкість та керованість автомобіля	.....
3.3. Використання аеродинамічних елементів	.....
3.4. Екологічний аспект аеродинаміки автомобіля	.....
Блок самоконтролю	.....
Розділ 4. Перспективи розвитку аеродинаміки та конструкції кузова автомобіля	.....
4.1. Новітні концепції дизайну кузова	.....
4.2. Вплив електрифікації транспорту на аеродинамічні рішення	.....
4.3. Інноваційні матеріали та технології у виробництві кузовів	.....
4.4. Автомобілі майбутнього: автономні транспортні засоби та їх аеродинаміка	.....
Блок самоконтролю	.....
Список використаної літератури	.....

Рисунок 3.1 – Зміст навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Вступ також описує основні теми посібника, що включають базові поняття та закони аеродинаміки, опір повітря та його складові, підйомні сили, аеродинамічні коефіцієнти, методи моделювання та випробувань, конструкційні особливості різних типів кузовів, матеріали, технології виготовлення, сучасні тенденції та інноваційні рішення в автомобілебудуванні. Особлива увага приділяється взаємозв'язку аеродинаміки та конструкції кузова, впливу конструкції на керованість та стійкість автомобіля, а також

перспективам розвитку автомобільної інженерії, включаючи електрифікацію та автономні транспортні засоби.

У вступі визначається цільова аудиторія посібника: студенти закладів професійної освіти, які здобувають кваліфікацію слюсарів з ремонту колісних транспортних засобів, викладачі технічних дисциплін, а також фахівці, які прагнуть підвищити рівень теоретичних знань та практичних умінь у сфері аеродинаміки та конструкції кузова. Передмова акцентує увагу на логічній послідовності викладу матеріалу, що сприяє поетапному формуванню знань, умінь та компетентностей, необхідних для професійної діяльності, та на можливості використання матеріалу як для аудиторної роботи, так і для самостійного опрацювання.



Таким чином, вступ навчального посібника виконує функцію орієнтира, що вводить читача у навчальну дисципліну, забезпечує мотивацію до опанування матеріалу та дає загальне уявлення про структуру, зміст і завдання навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля». Фрагмент вступу представлено на рисунку 3.2.

Основний текст навчального посібника оформлений із застосуванням шрифту Times New Roman (розмір 11 пунктів), що забезпечує зручність читання та сприйняття. Для привернення уваги до ключових понять та термінів використовується жирний шрифт, що дозволяє акцентувати увагу студентів на важливих моментах. Крім того, для виділення довідкових та пояснювальних фрагментів тексту застосовуються кольорові лінії, які полегшують орієнтацію в тексті та сприяють кращому засвоєнню матеріалу.

Основний текст навчального посібника є результатом ретельної дидактичної та методичної обробки навчального матеріалу. Усі поняття, закони та принципи представлені систематизовано, з логічною послідовністю та науковою обґрунтованістю. Подання матеріалу орієнтоване на те, щоб не лише передати учневі необхідні знання, а й стимулювати інтерес до вивчення теми, розвивати вміння самостійно працювати з текстом та додатковими джерелами.

ВСТУП

Автомобілі давно стали невід'ємною частиною нашого життя. Вони допомагають людям швидко долати великі відстані, перевозити вантажі та навіть беруть участь у видовищних автоперегонах. Проте мало хто замислюється над тим, що робить автомобіль швидким, економічним і безпечним. Одна з найважливіших наук, яка впливає на всі ці характеристики, – аеродинаміка.

Аеродинаміка вивчає, як повітря обтікає різні об'єкти, з об'єкти. Уявіть, що ви їдете на велосипеді: якщо рухатися повільно, майже не відчувається. Але варто набрати швидкість, і стає важче крутити педалі, тому що повітря починає чинити помітний опір. Те ж саме відбувається з автомобілями. Якщо їхня форма незграбна або має багато виступаючих елементів, машина ніби «впирається» в повітряний потік, витрачаючи більше пального або заряду батареї. Саме тому конструктори прагнуть створювати автомобілі з обтічними кузовами, які легше розсікають повітря.

Форма кузова відіграє вирішальну роль у тому, як швидко й ефективно автомобіль може рухатися. Наприклад, спортивні машини мають низький профіль і плавні лінії, що допомагає їм розвивати високі швидкості. У той же час вантажівки, через свою громіздку конструкцію, мають сильний опір повітря, що змушує їх витрачати більше пального. Для зменшення цього опору інженери застосовують різні хитрощі: встановлюють спойлери, обтічні дзеркала, закриті днища та навіть спеціальні жалюзі, які відкриваються або закриваються залежно від швидкості.

Сучасні автомобілі не лише мають покращену аеродинаміку, а й використовують інноваційні матеріали. Щоб зменшити масу авто і зробити його швидшим та економічнішим, кузова виробляють із легких металів (наприклад, алюмінію) або композитних матеріалів (вуглецевого волокна). Це не лише допомагає авто бути більш динамічним, а й знижує рівень шкідливих викидів у атмосферу.

Окремої уваги заслуговують електромобілі, які сьогодні набувають популярності. Оскільки в них немає двигуна внутрішнього згорання, а значить – і традиційної решітки радіатора для охолодження, їхня форма може бути ще більш обтічною. Наприклад, Tesla Model S має один із найнижчих у світі коефіцієнтів аеродинамічного опору, що дозволяє їй долати великі відстані на одному заряді.

Розуміння аеродинаміки та конструкційних особливостей автомобілів є надзвичайно важливим для майбутніх інженерів, дизайнерів та всіх, хто мріє створювати швидкі, економічні та стильні автомобілі. У цьому навчальному посібнику ми розглянемо, як працюють основні аеродинамічні принципи, яким чином вони впливають на конструкцію кузова та як сучасні технології допомагають робити машини майбутнього ще кращими. Дізнаємось, як наука робить автомобілі не тільки красивими, а й розумними!

Рисунок 3.2 – Фрагмент вступу навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Ілюстративний матеріал у навчальному посібнику є важливим засобом підвищення ефективності навчання, полегшуючи засвоєння складного матеріалу завдяки візуалізації основних ідей, понять і зв'язків. Його використання дозволяє краще розуміти описані процеси, механізми та конструкції. У процесі підготовки ілюстрацій автор орієнтується на дотримання кількох важливих принципів. Ілюстрації мають бути науково обґрунтованими, тобто базуватися на достовірних даних, які відповідають сучасному стану науки. Важливо, щоб вони були чіткими й наочними, а їхня стилістика залишалася єдиною впродовж усього тексту посібника. Це стосується шрифтів, кольорових схем, форматування графічних елементів.

Графіки, схеми, креслення та фотографії повинні гармонійно поєднуватися з текстовим матеріалом і бути безпосередньо пов'язаними з його змістом. Візуальні матеріали мають відповідати рівню підготовки студентів і бути зрозумілими для цільової аудиторії. Розміщення таких елементів здійснюється у безпосередній близькості до відповідного тексту, що забезпечує зручність сприйняття й засвоєння інформації. Кожна ілюстрація супроводжується поясненням, підписами та, за необхідності, номерами, які дозволяють легко орієнтуватися в тексті [38].

Для навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» ілюстративний матеріал відіграє ключову роль у формуванні цілісного уявлення про будову автомобіля, характер аеродинамічних процесів та взаємозв'язок конструктивних елементів кузова.

У посібнику використано різні типи графічних матеріалів, кожен із яких виконує свою дидактичну функцію:

- кольорові зображення конструктивних елементів кузова демонструють будову основних зовнішніх поверхонь автомобіля, а також показують, як форма передньої частини, даху, днища чи заднього блоку впливає на розподіл повітряних потоків. Вони допомагають наочно уявити функціональне призначення аеродинамічних елементів, таких як спойлери, дифузори, повітрозабірники, дефлектори;

- схеми аеродинамічних потоків ілюструють характерні види руху повітря: ламінарні та турбулентні потоки, утворення вихорів, розподіл тиску навколо автомобіля. За допомогою стрілок та зон тиску студенти отримують можливість візуально побачити, як змінюється опір повітря залежно від геометрії кузова;

- графічні моделі випробувань у аеродинамічній трубці дають уявлення про методи експериментального дослідження аеродинаміки автомобіля. На них показано типові схеми розміщення автомобіля в трубці, датчиків тиску, а також приклади візуалізації потоків за допомогою димових або лазерних методів;

- креслення та технічні ескізи виконано переважно в чорно-білому стилі, що дозволяє чітко акцентувати увагу на геометрії та пропорціях

конструктивних елементів кузова. Вони використовуються для демонстрації несучих елементів, зон деформації, компоновки силових елементів, розташування дверних та віконних прорізів, а також особливостей каркасних структур;

– порівняльні таблиці та діаграми подають інформацію про залежність коефіцієнтів аеродинамічного опору від форми кузова, матеріалів, які застосовуються у конструкції, а також про вплив різних модифікацій на характеристики автомобіля.

Такий ілюстративний комплекс не лише підсилює теоретичний матеріал, але й сприяє розвитку інженерного мислення, дозволяє студентам краще зрозуміти зв'язок між формою, структурою та функціональністю кузова. Він робить навчальний посібник доступним, наочним та практично орієнтованим.

Приклад оформлення ілюстративного матеріалу наведено на рисунках 3.3 і 3.4.

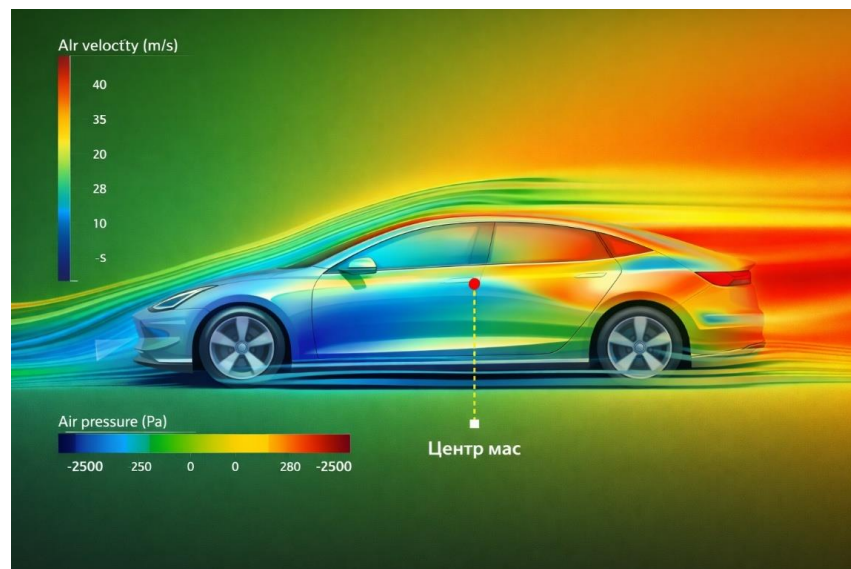


Рисунок 3.3 – Кольорова ілюстрація до навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

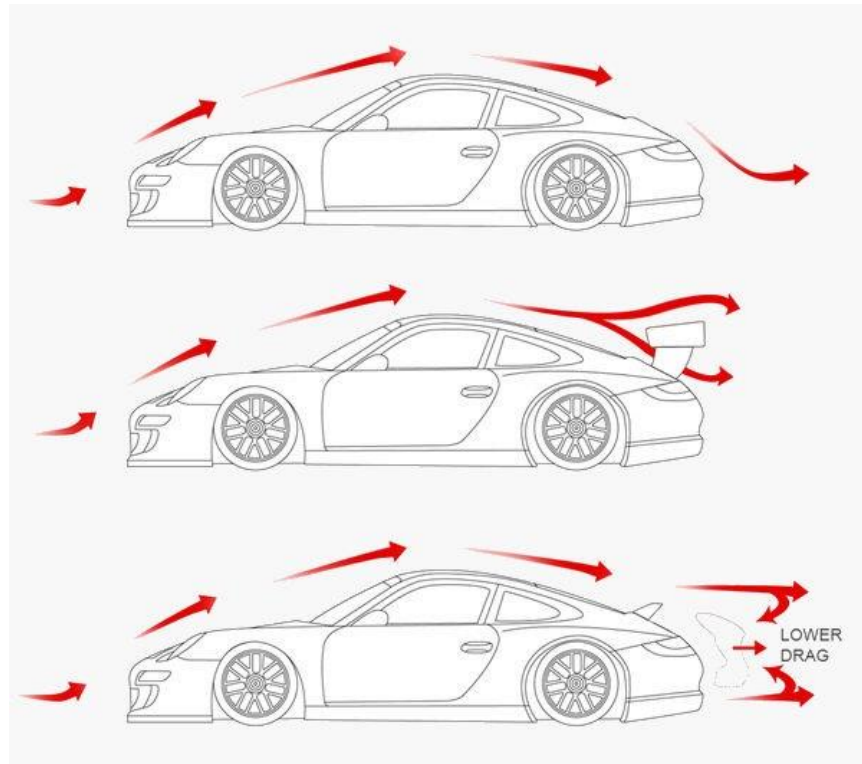


Рисунок 3.4 – Зразок схеми до навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Дотримання принципу достовірності інформації є невід’ємною складовою підготовки навчального матеріалу. У посібнику використовуються лише відкриті джерела, які пройшли експертну оцінку та рекомендовані для використання. Усі фактичні дані супроводжуються посиланнями, що забезпечує прозорість походження інформації та її перевірку. Бібліографічний список, розміщений у рубриці «Література», містить перелік основної та рекомендованої літератури для більш глибокого опрацювання матеріалів теми.

Основними елементами бібліографічного опису є прізвище автора, назва твору, місце випуску, назва видавництва, рік випуску, кількість сторінок [39]. Бібліографічні посилання подаються на останнє видання даного твору або зібрання творів. На рисунку 3.5. показано приклад оформлення бібліографічного опису у посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля».

Список використаної літератури

- 1 Будова й експлуатація автомобілів: підручник / В. Ф. Кисликів, В. В. Лушик. – К.; Видавництво «Либідь», 2006. – 420 с.
- 2 Боровських Ю. І. Будова автомобілів: навчальний посібник / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов. – К.: Вища школа, 1991. – 304 с.
- 3 Будова автомобілів: підручник / О. Г. Іванов, С. В. Петров, В. І. Коваленко. – Київ: Освіта, 2019. – 320 с.
- 4 Білан А. М., Гетта В. Г. Методика навчання будови автомобіля: навчальний посібник. – Чернігів, 2012. – 333 с.
- 5 Як технології та наука змінюють автомобілі: основні інновації сучасності [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://mashyna.com.ua/uk/auto/article/272879>
- 6 Himeno R. Numerical Analysis and Visualization of Flow in Automobile Aerodynamics Development / Himeno R., Fujitani K. // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1993. – vol. 47, pp. 785-790.
- 7 Єгоров А.О. Системи активної аеродинаміки з використанням регульованих дифузорів. / Єгоров А.О., Лобов О.О., Клюєва О.О. // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», 2019, С. 256-259.
- 8 Спойлери для автомобіля: необхідність чи стильний аксесуар? [Електронний ресурс]. – Доступно: https://www.avtoradosti.com.ua/ua/news/02_2025/1263.html?srsId=AfmBOo rEXyWmvR_M748ZTPNJ5j0859favcAwehKPYFZfXAO4kNfQp6eT
- 9 Призначення і загальна будова кузова [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-povlashtuvannju-avtomobilja/rozdi136-pryznachennja-i-zagalna-budova-kuzova>
- 10 Шлях до адаптації автономних транспортних засобів [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://www.unite.ai/uk/the-road-ahead-for-autonomous-vehicle-adoption/>
- 11 Класифікація автомобілів за типом кузова [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://www.arvenauto.com.ua/klasifikacija-avtomobiliv-za-tipom-kuzova-ua-11297.html>

Рисунок 3.5 – Фрагмент бібліографічного списку навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Таким чином, у процесі роботи над навчальним посібником ми визначили ключові вимоги до його створення, які відповідають сучасним освітнім стандартам. Було встановлено структуру посібника, яка забезпечує логічну послідовність подання матеріалу, його доступність та ефективність засвоєння. Окрім цього, розроблено окремі структурні елементи, такі як зміст, передмова, основний текст, ілюстрації тощо.

3.2 Обґрунтування додаткового і пояснювального тексту

У сучасних навчальних посібниках, окрім основного тексту, широко застосовуються додатковий і пояснювальний тексти, які відіграють важливу роль у структурній організації навчального матеріалу. Їх використання зумовлене необхідністю підвищення ефективності навчального процесу, поглиблення розуміння складних понять та формування стійкого інтересу здобувачів освіти до теми [38].

Додатковий текст у навчальному посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» виконує функцію збагачення основного матеріалу завдяки введенню історичних довідок, описів наукових відкриттів, цікавих фактів або фрагментів із технічної літератури. Такі вставки допомагають зробити виклад змісту більш емоційно привабливим та доступним, сприяють формуванню цілісного бачення розвитку автомобільної інженерії.

Наприклад, у розділах, присвячених аеродинамічним властивостям автомобіля, додатковий текст може містити:

- історію розвитку аеродинамічного дизайну — від перших експериментів із формою кузова до появи автомобілів із наднизьким коефіцієнтом опору;
- опис ключових винаходів та інженерних рішень, що вплинули на сучасні конструкції кузовів;
- реальні приклади застосування аеродинамічних рішень у спорті, автоперегонах чи авіабудуванні;
- короткі біографічні відомості про видатних інженерів та дослідників, які зробили значний внесок у розвиток аеродинаміки.

Такі елементи сприяють глибшому осмисленню матеріалу, дозволяють учням побачити практичну значущість аеродинамічних досліджень та встановити зв'язок між теорією й реальними інженерними задачами.

Пояснювальний текст у навчальному посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» виконує важливу функцію

забезпечення доступності складних технічних понять, формул і термінології. Його основне призначення — зробити матеріал зрозумілим для здобувачів освіти, які лише опановують базові положення аеродинаміки та конструкцій автомобіля.

Пояснювальний текст подається у вигляді коротких визначень, уточнень або роз'яснень, які супроводжують основний матеріал. Він допомагає пояснити:

- значення спеціальних термінів (наприклад, «ламінальний потік», «коефіцієнт лобового опору», «турбулентність»);
- математичні залежності та формули, що описують аеродинамічні процеси;
- логіку роботи конструктивних елементів кузова, які впливають на обтікання повітря;
- технічне призначення та взаємодію компонентів, що зображені на схемах, графіках чи рисунках.


Наприклад, у пояснювальному тексті до структурно-графічної схеми повітряних потоків навколо автомобіля можуть бути подані уточнення щодо того, як утворюються зони низького тиску позаду кузова, або які конструктивні елементи зменшують турбулентність. При описі форми передньої частини кузова пояснювальний текст може деталізувати роль радіуса заокруглення, кутів нахилу вітрового скла чи обтічників.

Пояснювальні коментарі також часто супроводжують таблиці та графіки, де подано порівняння аеродинамічних параметрів різних типів кузовів, — це дає можливість учням краще інтерпретувати числові дані та робити правильні висновки.

Додатковий і пояснювальний тексти органічно інтегруються у структуру посібника, забезпечуючи логічність викладу, послідовність засвоєння матеріалу та підвищення його доступності. Завдяки їх використанню здобувачі освіти отримують можливість не тільки краще зрозуміти складні технічні процеси, але й навчитися аналізувати інформацію, пов'язувати її з реальними інженерними завданнями та застосовувати у практичних ситуаціях.

Таким чином, ці види текстів є невід’ємними складовими навчального посібника, що значно підвищують його дидактичну цінність, сприяють розвитку критичного мислення та формуванню ґрунтовних професійних компетентностей.

Для дидактичних одиниць навчального матеріалу було визначено відповідний зміст додаткових та пояснювальних текстів (див. додаток Б).

У навчальному посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» додатковий текст має на меті розширити основний теоретичний матеріал за рахунок цікавих фактів, історичних довідок, прикладів інженерних рішень та сучасних технологій у сфері автомобільної аеродинаміки. Для зручності читача додаткові відомості виділяються курсивом та спеціальною позначкою , що символізує відкриту книгу й сигналізує про можливість отримати поглиблену або контекстуальну інформацію.

Такий підхід дозволяє зробити виклад не лише інформативним, а й більш захопливим. Наприклад, у додаткових текстах можуть бути наведені історичні довідки про створення перших обтічних кузовів, коментарі про інноваційні рішення в спорткарах чи приклади використання аеродинамічних елементів у сучасних електромобілях.

Зразок подачі додаткового тексту у посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» наведено на рисунку 3.6.

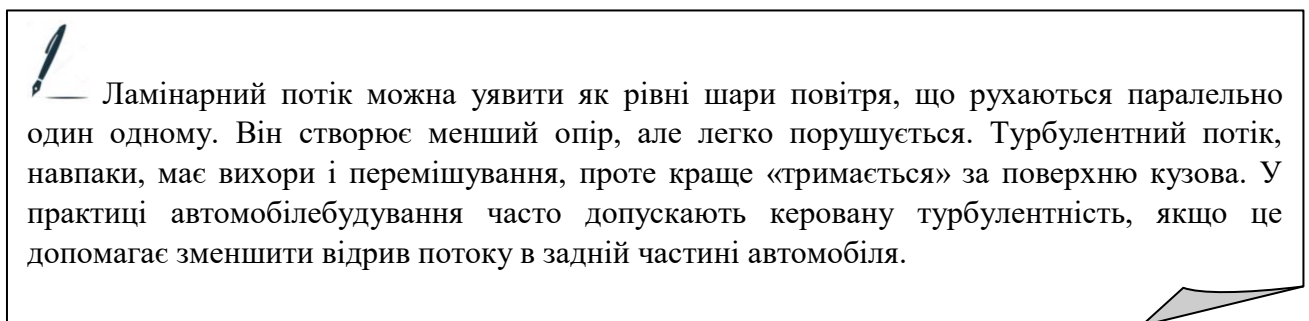



Рисунок 3.5 – Приклад пояснювального тексту навчального посібника

Пояснювальний текст використовується для роз’яснення спеціальної термінології, формул, фізичних закономірностей та принципів роботи конструктивних елементів кузова. Такі тексти подаються в окремих виділених

блоках або виносках, що дозволяє звернути увагу на найбільш критичні для розуміння поняття.

Для швидкої ідентифікації пояснювальні блоки позначаються спеціальним символом , який уособлює процес детального аналізу чи розгляду. Він сигналізує студенту, що в цьому фрагменті міститься термінологічне пояснення або коментар, важливий для глибшого засвоєння матеріалу.

Наприклад, у пояснювальному тексті можуть бути подані визначення таких понять, як «ламінальний потік», «коефіцієнт лобового опору», «відрив потоку», «турбулентна зона», а також пояснення формул, що описують взаємозв'язок між швидкістю повітряного потоку й підйомною силою.

Зразок подачі пояснювального тексту у посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» представлено на рисунку 3.6.



Перші автомобільні кузови практично повністю повторювали форму кінних екіпажів, тому не враховували аеродинаміку. Лише у 1920–1930-х роках інженери почали звертати увагу на вплив форми кузова на швидкість і витрату палива. Саме тоді з'явилися перші обтічні седани з похилим лобовим склом і закритими крилами.

Цікавим фактом є те, що коефіцієнт аеродинамічного опору різних типів кузовів може суттєво відрізнятись. Наприклад, класичний седан зазвичай має менший опір повітря, ніж універсал або позашляховик, через більш плавний перехід повітряного потоку в задній частині кузова. Саме тому багато сучасних кросоверів зовні нагадують купе — це не лише дизайнерський хід, а й спосіб покращити аеродинаміку.

У сучасному автомобілебудуванні межі між типами кузовів поступово стираються. З'являються так звані кросовери, фастбеки та SUV-купе, які поєднують риси одразу кількох класичних типів. Така тенденція пояснюється прагненням поєднати комфорт, місткість і аеродинамічну ефективність в одному автомобілі.

Рисунок 3.6– Приклад додаткового тексту посібника

Таким чином, додатковий і пояснювальний тексти є невід'ємною складовою навчальних посібників, які сприяють не лише глибокому засвоєнню знань, але й розвитку в учнів критичного мислення, вміння аналізувати й

застосовувати інформацію в практичних ситуаціях. Їх грамотне використання значно підвищує дидактичну цінність посібника.

3.3 Розроблення системи навчальних завдань

У структурі навчальної діяльності завдання для самоконтролю та самооцінювання займають важливе місце, сприяючи формуванню активності учня та підвищенню ефективності навчання. Важливість компонентів самоконтролю і самооцінювання була підкреслена в роботах таких педагогів, як В. В. Ягупов, який зазначав, що повноцінне засвоєння учнями дій контролю та оцінювання забезпечує подальше успішне формування навчальної діяльності [40].

Самоконтроль у навчанні забезпечує функціонування внутрішнього зворотного зв'язку, надає учням інформацію про якість засвоєння матеріалу, виявляє недоліки та проблеми. Психологічно самоконтроль слугує стимулом для навчання, дозволяючи учням усвідомити свій рівень знань, перевіряти правильність виконання завдань та оцінювати практичну цінність результатів. У контексті особистісно орієнтованого навчання, ці процедури мають бути систематичними та враховувати індивідуальні особливості учня.

Традиційна система освіти, особливо у сфері фахової передвищої підготовки, рідко акцентує увагу на формуванні навичок самооцінювання. Функції контролю зазвичай покладено на викладача, а учні часто отримують оцінки, недостатньо обґрунтовані або пояснені. Тому в сучасних умовах надзвичайно важливим є створення умов для активного залучення учня до процесу самооцінювання, що дозволяє не лише підвищити якість знань, а й сприяти розвитку самостійності.

Завдання для самоперевірки, які є невід'ємною частиною навчальних посібників, відіграють ключову роль у цьому процесі. Вони забезпечують учня необхідними інструментами для самостійного аналізу своїх досягнень,

допомагають краще зрозуміти вимоги до навчальних результатів та навчитися використовувати їх у навчальному процесі. Самоперевірка також підвищує рівень відповідальності учнів за результати власного навчання, формуючи більш осмислений підхід до вивчення дисципліни [40].

Питання та завдання для самоперевірки у навчальному підручнику відіграють важливу роль у забезпеченні якісного опрацювання навчального матеріалу, сприяючи розвитку навичок самостійної роботи. Вони дозволяють закріпити теоретичні знання, перевірити рівень їх засвоєння, а також формують у учнів уміння застосовувати отримані знання на практиці.

Такі завдання зазвичай розміщуються наприкінці кожного розділу або параграфа, надаючи можливість учневі інтегрувати матеріал та розвинути навички аналітичного мислення. Для підвищення ефективності засвоєння інформації, завдання мають бути різноманітними за формою та рівнем складності, включаючи як прості запитання на відтворення фактів, так і складніші завдання на аналіз, синтез і творче застосування знань.

Методично правильне формулювання запитань є основою для ефективного засвоєння матеріалу. Важливо включати завдання, що стимулюють учнів використовувати додаткові джерела, такі як нормативна й довідкова література, аудіовізуальні засоби або обчислювальна техніка. Це забезпечує міжпредметні зв'язки та навчає учнів працювати з інформацією у форматі, наближеному до реальних професійних умов.


Під час створення навчальних посібників необхідно орієнтувати їх на активну пізнавальну діяльність, розвиваючи в учнів інтерес до самостійної роботи. Завдання повинні сприяти розвитку творчого мислення та навичок розв'язування задач, стимулювати пошук нестандартних рішень і формувати здатність інтегрувати знання у практичну діяльність [40].

Питання повинні бути чіткими та зрозумілими, використовуючи просту мову, яка відповідає рівню підготовки учнів. Важливо, щоб вони були однозначними, щоб уникнути двозначного трактування. Питання повинні відповідати навчальним цілям, щоб перевіряти саме ті знання, які учні повинні засвоїти після вивчення певного розділу чи теми.

Щоб питання були ефективними, слід враховувати їх складність. Варто розрізняти питання, які перевіряють лише знання фактів, і ті, що потребують глибшого аналізу, синтезу чи оцінки. Важливо, щоб питання були структуровані відповідно до логіки навчального матеріалу, що дозволяє поступово ускладнювати завдання. Для кращого засвоєння знань можна використовувати питання, які стимулюють критичне мислення, аналіз ситуацій і формування власних висновків.

Таким чином, добре продумані питання та завдання є важливим інструментом навчального процесу, сприяючи всебічному розвитку учнів і закріпленню знань на всіх рівнях навчальної діяльності.

У навчальному посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» для забезпечення ефективного самоконтролю учнів передбачено запитання для самоперевірки, які розміщуються наприкінці кожного розділу. Їхня функція полягає у тому, щоб допомогти здобувачам освіти оцінити рівень засвоєння теоретичних положень, систематизувати отримані знання та підготуватися до вивчення наступних тем.

Щоб полегшити орієнтацію в структурі посібника, запитання для самоконтролю позначаються спеціальною піктограмою . Символ вагів відображає необхідність збереження балансу між отриманими знаннями та їх усвідомленим застосуванням, підкреслює важливість об'єктивної самооцінки власного рівня підготовки.

Запитання сформульовані таким чином, щоб охоплювати різні аспекти навчального матеріалу — від базових понять та визначень до розуміння фізичних процесів і принципів роботи аеродинамічних елементів кузова. Завдання мають різні рівні складності, що дає змогу врахувати індивідуальні особливості навчання, підтримувати пізнавальну активність та стимулювати розвиток логічного й інженерного мислення.

Кожний блок запитань спрямований на:

- закріплення ключових понять, поданих у розділі;
- перевірку розуміння причинно-наслідкових зв'язків, характерних для аеродинамічних процесів;

- формування вміння аналізувати технічні рішення, застосовані в автомобільних кузовах;
- підготовку до виконання практичних та лабораторних робіт.

Ці питання дають можливість учневі самостійно визначити слабкі місця у власних знаннях, повернутися до необхідних фрагментів матеріалу, а також створюють основу для подальшої роботи над власними навчальними результатами.

Приклад структури таких завдань та їх подання у посібнику наведено на рисунку 3.8.

🔗 Запитання та завдання для самоконтролю
до розділу «Основи автомобільної аеродинаміки»

1. Що таке аеродинамічний опір і які сили формують його структуру?
2. Поясніть вплив коефіцієнта лобового опору (C_d) на витрату палива та динаміку автомобіля.
3. Які конструктивні елементи кузова найбільш суттєво впливають на формування повітряних потоків навколо автомобіля?
4. Назвіть основні типи повітряних потоків, що виникають під час руху автомобіля, та охарактеризуйте їх особливості.
5. У чому полягає різниця між ламінарним і турбулентним режимом течії повітря? Наведіть приклади з конструкції кузова.
6. Чому важливо враховувати положення центру тиску при проєктуванні кузова автомобіля?
7. Яким чином форма передньої частини автомобіля впливає на загальні аеродинамічні втрати?
8. Поясніть призначення дефлекторів, спойлерів та аеродинамічних юбок. Які ефекти вони забезпечують?
9. Що таке підйомна сила автомобіля, як вона виникає та чому є небажаною?
10. Опишіть взаємозв'язок між аеродинамічними характеристиками та курсовою стійкістю автомобіля на високій швидкості.

Рисунок 3.8 – Приклад запитань та завдань для самоконтролю навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Тестові завдання є важливим інструментом для самооцінювання учнів у навчальних посібниках, адже вони дозволяють ефективно оцінити рівень засвоєння навчального матеріалу за короткий проміжок часу. Тести мають стандартизовану форму, що забезпечує однаковість у проведенні діагностики і дає змогу порівнювати досягнення учнів. Вони можуть використовуватися для перевірки знань, умінь і навичок учнів, стимулюючи їхнє логічне мислення, зорову увагу та пам'ять .

Тестування, як метод навчального процесу, є важливим інструментом контролю та самоконтролю, сприяючи визначенню обсягу та якості знань. В

основі тестів лежать різні типи завдань, що відрізняються за своєю функцією і допомагають однозначно перевірити рівень засвоєння навчального матеріалу. Тестування може включати завдання, що перевіряють знання, уміння та навички, які допомагають учням застосовувати отримані знання на практиці [41].

Важливою характеристикою тесту є його цілісність і структура. Цілісність передбачає взаємозв'язок завдань і їх належність загальному критерію вимірювання, що дає змогу оцінювати результати навчальної діяльності комплексно. Кожне завдання тесту має свою роль у загальній структурі, і його видалення може знизити якість вимірювання. Структура тесту включає спосіб взаємозв'язку завдань, що формує так звану факторну структуру. Це означає, що всі завдання мають спільний зміст і сприяють загальній варіації результатів.

Окрім тестів, спрямованих на оцінювання знань із конкретних дисциплін, розробляються й тести, що орієнтовані на оцінку окремих навичок, і навіть тести, що охоплюють уміння, які можуть бути застосовані у кількох навчальних дисциплінах, наприклад, навички роботи з підручниками. Це робить тестування універсальним інструментом для розвитку навчальної діяльності та підвищення її ефективності.

Тестові завдання можуть бути закритої та відкритої форми [41].

Завдання закритої форми — це один із найпоширеніших типів тестових завдань у навчальних посібниках, що дозволяє учням вибирати правильну відповідь з кількох запропонованих варіантів. Вимоги до таких завдань включають кілька важливих аспектів. По-перше, у завданні має бути чітко виділена основна частина, яка формулює проблему, і запропоновані варіанти відповідей. Всі варіанти відповідей мають бути підготовлені заздалегідь, причому правильна відповідь, як правило, одна, хоча можливі й інші варіанти.

Додаткові вимоги включають обмеження кількості неправильних відповідей, яка зазвичай не перевищує п'яти, і необхідність виключення будь-якої двозначності чи неясності в формулюваннях завдання. У тексті питання важливо використовувати якомога більше слів, залишаючи лише ключові слова

для відповіді. При складанні тестів треба стежити за тим, щоб правильна відповідь випадково не вибиралася в однакових місцях у різних завданнях.

Тестові завдання закритої форми мають свої переваги та недоліки. Серед основних переваг слід відзначити швидкість проведення тестування і зручність підрахунку балів, що особливо важливо при великих обсягах учнів. Недоліками таких завдань є можливість ефекту вгадування, який може вплинути на результат, особливо у випадках, коли учень не має достатньої підготовки для відповіді на складні запитання.

Щоб завдання закритої форми були ефективними, вони повинні супроводжуватися зрозумілою інструкцією, яка пояснює правила виконання завдання. Інструкція має включати вказівки щодо способу вибору правильної відповіді, а також, при необхідності, пояснення, як обрати відповідь із запропонованих варіантів.

Завдання відкритої форми в навчальних посібниках є важливим інструментом для перевірки рівня засвоєння навчального матеріалу, оскільки вони вимагають від учня самостійного формулювання відповіді. Вимоги до таких завдань включають кілька ключових аспектів. По-перше, у завданні учень має заповнити пропущене слово, формулу або число, написане після прочерка. Це забезпечує чіткість та точність відповіді, яка не допускає двозначного тлумачення.

Ще однією важливою вимогою є те, що, якщо це можливо, після прочерка слід вказати одиниці виміру. Це дозволяє студенту зрозуміти, які саме величини потрібно вказати у відповіді. Прочерки у відкритих завданнях повинні бути однакової довжини, що забезпечує естетичну єдність завдання і не створює зайвих труднощів при його виконанні.

Всі завдання відкритої форми повинні бути складені так, щоб відповідь на них була чіткою і однозначною, без ризику неоднозначності. Для спрощення синтаксичних конструкцій рекомендується уникати надмірної складності у формулюваннях завдань.

Інструкція до відкритих завдань зазвичай є простою і лаконічною, наприклад, словом «Доповніть», що чітко вказує на завдання учня — додати

відсутню інформацію. Такий підхід стимулює учнів до активної розумової діяльності, самостійного мислення і поглибленого розуміння навчального матеріалу.

Завдання на відповідність є важливою формою контролю знань, яка дозволяє учням демонструвати розуміння зв'язків між елементами різних груп. У таких завданнях учням потрібно встановити відповідність між елементами двох множин, які представлені у вигляді списків. Зазвичай, елементи однієї множини знаходяться зліва, а елементи другої множини — справа, при цьому кількість елементів у правій множині може перевищувати кількість елементів у лівій. Інструкція до завдання, як правило, має вигляд «Встановіть відповідність», що чітко вказує учням, що необхідно зробити.

Однією з головних складностей при розробці завдань цього типу є створення правдоподібних надлишкових елементів у правій множині. Якщо ці елементи занадто очевидні або легко відрізняються від правильних відповідей, ефективність завдання значно знижується. Завдання на відповідність добре підходять для перевірки знань зв'язків між термінами, концепціями та іншими поняттями.

Завдання на встановлення правильної послідовності є ще однією формою тестових завдань, яка перевіряє знання учнями логічного порядку дій, процесів або обчислень. У таких завданнях учень отримує перелік етапів або дій, які подані в випадковому порядку, і має правильно розташувати їх у логічній послідовності, використовуючи цифри або інші позначення. Інструкція для цього виду завдання звучить як «Встановіть правильну послідовність».

Завдання на встановлення послідовності дуже корисні для оцінки рівня знань, оскільки вони дозволяють визначити, чи розуміє учень порядок дій, який є важливим для виконання практичних завдань у професійній діяльності. Наприклад, вони можуть використовуватись у навчальних тестах для перевірки розуміння процесів, що відбуваються в технічних системах або для вивчення методів виконання складних завдань у галузі професійної підготовки.

Вибір форми тестового завдання повинен відповідати специфіці навчальної дисципліни, оскільки кожна дисципліна має свої особливості та

зміст. Викладач повинен враховувати ці особливості при розробці тестів, застосовуючи власний досвід і професійні навички для створення завдань, які найбільш ефективно перевіряють знання та навички учнів [42].

Для навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» було розроблено тестові завдання закритого типу, що дозволяють учням самостійно перевірити рівень засвоєння навчального матеріалу. Ці завдання складаються із запитань, до яких пропонуються варіанти відповідей, і учень має обрати правильний. Такі тестові завдання подані наприкінці кожного розділу, що сприяє систематичному контролю знань після вивчення окремих частин навчального матеріалу.

Розробка тестів передбачає використання ясних і зрозумілих формулювань, аби учні змогли сфокусуватися на суті питання і вибрати найбільш відповідну відповідь. Кожне завдання містить одну правильну відповідь серед кількох варіантів, що дозволяє ефективно перевіряти знання й розуміння матеріалу. Для ілюстрації приклад таких завдань у посібнику подано на рисунку 3.9.

Тестові завдання

1. Що вивчає аеродинаміка автомобіля?

- A. Взаємодію коліс з дорожнім покриттям
- B. Рух повітряного потоку навколо кузова та виникнення аеродинамічних сил
- C. Споживання палива двигуном
- D. Роботу гальмівної системи

2. Ламінарний потік характеризується:

- A. Інтенсивними вихорами та турбулентністю
- B. Впорядкованим рухом шарів повітря без перемішування
- C. Зростанням опору через вихори
- D. Невпливом на опір повітря

3. Турбулентний потік впливає на автомобіль таким чином:

- A. Зменшує лобовий опір
- B. Збільшує опір і створює вихори біля кузова
- C. Не впливає на підйомну силу
- D. Знижує витрату палива

4. Прикордонний шар — це:

- A. Товстий шар повітря навколо автомобіля
- B. Тонкий шар повітря біля поверхні кузова з поступовою зміною швидкості потоку
- C. Зона повного відриву потоку

Рисунок 3.9 – Приклади тестових завдань навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Таким чином, для ефективного самоконтролю та самооцінювання засвоєння навчального матеріалу в посібнику «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» були включені питання та завдання для самоконтролю, які розташовані після кожного розділу. Ці завдання дозволяють студентам оцінити рівень засвоєння матеріалу та переконатися у розумінні ключових аспектів, що викладені в кожному розділі.

Крім того, для більш глибокої перевірки знань були розроблені тестові завдання закритого типу, які допомагають учням самостійно визначити, наскільки ефективно вони освоїли теми, що були висвітлені в навчальному посібнику. Ці завдання включають варіанти відповідей, серед яких потрібно вибрати правильний, що також сприяє розвитку критичного мислення та концентрації на важливих поняттях.

3.4 Експертне оцінювання якості навчального посібника

Оцінювання якості навчального посібника є важливим етапом педагогічного проєктування, оскільки дозволяє визначити рівень його відповідності вимогам професійної освіти, освітнім стандартам і потребам підготовки майбутніх фахівців автомобільного профілю. Особливої актуальності це набуває у процесі вивчення аеродинаміки та конструкційних особливостей кузова автомобіля, де навчальний матеріал має поєднувати наукову обґрунтованість, інженерну точність і практичну спрямованість.

Першочерговим критерієм оцінювання є науковість і достовірність поданої інформації. Відомості щодо законів аеродинаміки, характеру обтікання кузова повітряним потоком, формування сил опору та підйомної сили, а також конструктивних рішень кузова автомобіля повинні відповідати сучасному рівню розвитку автомобільної науки й техніки та базуватися на перевірених наукових джерелах. Важливою є відповідність змісту навчального посібника вимогам ДСПТО за професією 7231 «Слюсар з ремонту колісних транспортних засобів» і робочим навчальним програмам спеціальних дисциплін, що

передбачають формування знань про вплив конструкції кузова на експлуатаційні властивості автомобіля.

Значну увагу приділено оцінюванню системності та логічності викладу навчального матеріалу. Посібник має забезпечувати послідовний перехід від базових понять аеродинаміки до аналізу конструкційних рішень кузова та їхнього впливу на стійкість, керованість і економічність автомобіля. Така логіка сприяє цілісному сприйняттю навчального матеріалу й формуванню інженерного мислення здобувачів освіти.

Одним із ключових показників якості є практична спрямованість посібника. Матеріал повинен містити приклади застосування аеродинамічних принципів у конструкції серійних автомобілів, аналіз типових конструктивних рішень, пояснення ролі спойлерів, дифузорів, активних аеродинамічних елементів, а також завдання, що орієнтують учнів на аналіз і порівняння технічних рішень. Це забезпечує перенесення теоретичних знань у професійну діяльність.

Оцінюється також доступність викладу матеріалу. Текст посібника має бути адаптований до рівня підготовки здобувачів професійної освіти, містити пояснення спеціальної термінології, приклади, ілюстрації та структурно-логічні схеми. Важливо, щоб подання матеріалу відповідало сучасним педагогічним підходам — компетентнісному, діяльнісному та системно-структурному.

Якість ілюстративного матеріалу розглядається як окремий критерій оцінювання. Схеми обтікання кузова, графіки залежності аеродинамічного опору від швидкості, зображення конструктивних елементів кузова повинні бути чіткими, інформативними та безпосередньо пов'язаними зі змістом тексту. Методичне забезпечення посібника, зокрема запитання для самоконтролю, тестові завдання та пояснювальні тексти, сприяє активізації пізнавальної діяльності учнів і самостійному засвоєнню матеріалу.

Експертне оцінювання навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» було проведено з метою визначення його науково-методичної якості, дидактичної цінності та практичної доцільності використання в освітньому процесі. Для цього було організовано анкетування двох груп респондентів: викладачів спеціальних

автомобільних дисциплін і здобувачів професійної освіти за професією «Слюсар з ремонту колісних транспортних засобів». Інструментарієм дослідження стали спеціально розроблені анкети (див. додатки).

Обробка результатів експертного оцінювання здійснювалася з використанням кількісних і якісних методів аналізу. Кількісний аналіз передбачав обчислення відсоткового розподілу відповідей та середніх оцінок за кожним критерієм, що дозволило визначити загальні тенденції та рівень узгодженості оцінок. Якісний аналіз охоплював узагальнення відкритих відповідей, у яких респонденти висловлювали зауваження та пропозиції щодо вдосконалення змісту, ілюстративного матеріалу та методичного апарату посібника.

За результатами анкетування викладачів, проведеного з метою оцінювання навчального посібника, було опитано 8 педагогічних працівників, серед яких 3 викладачі спеціальних дисциплін, 4 майстри виробничого навчання та 1 викладач фізики. Такий склад респондентів забезпечив комплексний і різнобічний погляд на якість посібника з позицій теоретичної підготовки, практичного навчання та міждисциплінарних зв'язків.

Аналіз відповідей засвідчив, що більшість опитаних позитивно оцінили загальну дидактичну цінність навчального посібника. Викладачі спеціальних дисциплін відзначили відповідність змісту чинним освітнім програмам, логічну побудову матеріалу та послідовне розкриття тем — від базових понять до складніших технічних аспектів. Особливо наголошувалося на коректності термінології, науковій обґрунтованості викладу та доцільному поєднанні теоретичного матеріалу з прикладами практичного спрямування.

Майстри виробничого навчання у своїх відповідях акцентували увагу на практичній орієнтованості посібника. Вони зазначили, що поданий матеріал може ефективно використовуватися під час підготовки учнів до виконання практичних робіт, а також при поясненні конструктивних особливостей автомобільних систем безпосередньо в умовах майстерень. Позитивно оцінено наявність ілюстративного матеріалу, схем і структурно-логічних елементів, які полегшують сприйняття складних технічних процесів.

Викладач фізики відзначив доцільність міжпредметних зв'язків, зокрема коректне використання фізичних законів і понять (аеродинаміка, сила опору повітря, тиск, рух повітряних потоків), що сприяє формуванню цілісного наукового світогляду здобувачів освіти. Також було підкреслено, що матеріал посібника може бути використаний для актуалізації та закріплення знань з фізики в професійному контексті.

Окрему увагу респонденти приділили структурі посібника та його методичному апарату. Переважна більшість викладачів схвально оцінила логіку побудови розділів, наявність додаткових і пояснювальних текстів, а також запитань для самоконтролю, які сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів і дозволяють здійснювати поточний контроль рівня засвоєння матеріалу.

Водночас окремі респонденти висловили зауваження рекомендаційного характеру, зокрема щодо можливості розширення практичних прикладів, збільшення кількості ситуаційних завдань та доповнення окремих тем сучасними прикладами з автомобільної галузі. Такі пропозиції свідчать не про недоліки, а про потенціал подальшого вдосконалення посібника.

Узагальнюючи результати анкетування, можна зробити висновок, що навчальний посібник отримав загалом високі оцінки з боку викладачів різних фахових напрямів. Він розглядається як методично доцільний, змістовно насичений і практично орієнтований навчальний засіб, який може ефективно використовуватися в освітньому процесі закладів професійної освіти. Узагальнені результати анкетування подані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Узагальнені результати анкетування викладачів щодо оцінювання навчального посібника

№	Критерій оцінювання	Висока оцінка, осіб	Достатня / часткова оцінка, осіб	Потребує доопрацювання, осіб
Змістовий блок				
1.1	Відповідність змісту вимогам стандартів професійної освіти	6	2	0
1.2	Актуальність матеріалу для сучасної автомобільної галузі	7	1	0
1.3	Повнота розкриття тем	5	3	0
1.4	Рівень науковості та достовірності матеріалу	8	0	0
1.5	Практична спрямованість навчального	5	3	0

	матеріалу			
1.6	Відповідність складності тексту рівню підготовки учнів	6	2	0
Структурно-методичний блок				
2.1	Чіткість і логічність структури посібника	7	1	0
2.2	Послідовність викладу навчального матеріалу	7	1	0
2.3	Якість питань для самоконтролю	6	2	0
2.4	Якість тестових завдань	6	2	0
2.5	Формування професійних компетентностей методичним апаратом	6	2	0
Ілюстративний блок				
3.1	Відповідність ілюстрацій змісту навчального матеріалу	6	2	0
3.2	Якість схем, креслень і графічних матеріалів	5	3	0
3.3	Однорідність стилю ілюстративного матеріалу	6	2	0

Кінець таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Мовно-оформлювальний блок				
4.1	Якість мовного викладу	6	2	0
4.2	Коректність і доцільність використання термінології	8	0	0
4.3	Оформлення списку використаних джерел відповідно до ДСТУ	6	2	0
Узагальнюючий блок				
5.1	Сприяння формуванню професійних компетентностей	6	2	0
5.2	Доцільність використання посібника в освітньому процесі	6	2	0

Анкетування здобувачів освіти було проведено з метою визначення рівня сприйняття, доступності та практичної цінності навчального посібника з позицій безпосередніх користувачів навчального матеріалу. В опитуванні взяли участь 14 студентів, які навчаються за професією, пов'язаною з обслуговуванням і ремонтом автомобільної техніки.

Результати анкетування (див. таблиця 3.3) свідчать про загалом позитивне ставлення здобувачів освіти до змісту та структури навчального посібника. Більшість респондентів відзначили зрозумілість викладу матеріалу та його відповідність рівню їхньої професійної підготовки. Це підтверджує коректний добір навчального матеріалу та доцільність використання пояснювальних і додаткових текстів.

Позитивно оцінено логічність структури та послідовність викладу, що полегшує орієнтацію у змісті посібника та сприяє поетапному засвоєнню навчального матеріалу. Значна частина студентів зазначила, що структура

розділів є зручною для самостійної роботи, а поділ матеріалу на логічно завершені блоки полегшує підготовку до занять і практичних робіт.

Оцінювання ілюстративного матеріалу показало, що більшість здобувачів освіти вважають ілюстрації, схеми та графіки корисними для розуміння будови та принципів роботи систем. Водночас частина студентів вказала на доцільність подальшого вдосконалення окремих схем, що узгоджується з результатами експертного оцінювання викладачів.

Засоби контролю знань – питання для самоконтролю та тестові завдання – переважно оцінені як зрозумілі та ефективні. Студенти зазначили, що ці елементи допомагають узагальнювати матеріал і перевіряти рівень власних знань після опрацювання розділів.

Загальна оцінка навчального посібника є високою: більшість здобувачів освіти оцінили його на рівні «відмінно» або «добре», що підтверджує його дидактичну цінність та доцільність використання в освітньому процесі закладів професійної освіти.

Таблиця 3.3 – Узагальнені результати анкетування здобувачів освіти

№	Критерій оцінювання	Позитивна оцінка, осіб	Часткова оцінка, осіб	Негативна оцінка, осіб
Змістовий блок				
1.1	Зрозумілість викладу навчального матеріалу	10	4	0
1.2	Цікавість і пізнавальна привабливість матеріалу	9	5	0
1.3	Повнота поданої інформації	9	5	0
1.4	Відповідність матеріалу рівню підготовки	10	4	0
Структурно-логічний блок				
2.1	Зручність орієнтації у структурі посібника	11	3	0
2.2	Логічність і послідовність викладу матеріалу	10	4	0
Ілюстративний блок				
3.1	Корисність ілюстрацій для розуміння матеріалу	10	4	0
3.2	Якість схем і графічних матеріалів	8	6	0
Контрольно-рефлексивний блок				
4.1	Зрозумілість питань для самоконтролю	9	5	0
4.2	Ефективність самоконтролю навчальних досягнень	10	4	0
4.3	Якість тестових завдань	9	5	0
Узагальнюючий показник				
5.1	Загальна оцінка навчального посібника	11	3	0

Отже, результати експертного оцінювання та анкетування підтверджують, що навчальний посібник «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» відповідає сучасним вимогам професійної освіти, має високу дидактичну цінність і може бути рекомендований до використання в освітньому процесі закладів професійної освіти. Разом із тим отримані результати визначають напрями його подальшого вдосконалення, зокрема в частині практичної орієнтації та візуального представлення навчальної інформації.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети та послідовно виконано всі визначені завдання дослідження, спрямовані на дидактичне проектування навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» для закладів професійної освіти.

У межах виконання першого завдання було розкрито теоретичні основи дидактичного проектування навчальної літератури в системі професійної освіти. Проаналізовано сутність компетентнісного підходу, поняття результатів навчання, дидактичних одиниць, а також принципи структуризації та логічної організації навчального матеріалу. Встановлено, що ефективність навчального посібника з технічних дисциплін значною мірою залежить від наукової коректності викладу, доступності матеріалу, його наочності та орієнтації на практичні потреби майбутньої професійної діяльності здобувачів освіти.

У ході виконання другого завдання визначено вимоги до змісту, структури та методичного наповнення навчальних матеріалів з автомобільної тематики. Здійснено аналіз державних стандартів професійної освіти, освітніх програм, робочих навчальних планів і чинних підручників. Виявлено недостатню систематизованість і фрагментарність висвітлення питань аеродинаміки автомобіля та конструкційних особливостей кузова, що підтвердило актуальність і доцільність розроблення спеціалізованого навчального посібника з даної тематики.

Виконуючи третє завдання, було розроблено структуру та зміст основного тексту навчального посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля». З урахуванням очікуваних результатів навчання сформовано інформаційне поле теми, виокремлено дидактичні одиниці, що охоплюють основи аеродинаміки автомобіля, вплив форми кузова на аеродинамічні характеристики, конструкційні елементи кузова, матеріали, вимоги до пасивної безпеки та експлуатаційні аспекти. На

основі структурно-сміслового аналізу визначено логічну послідовність подання навчального матеріалу.

У межах четвертого завдання розроблено методичний апарат навчального посібника, спрямований на забезпечення ефективного засвоєння навчального матеріалу та формування професійних компетентностей здобувачів освіти. Сформовано систему запитань для самоконтролю, пояснювальний і додатковий текст, обґрунтовано використання ілюстрацій, схем і таблиць. Запропоновані методичні елементи сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів, розвитку аналітичного мислення та формуванню вмінь застосовувати теоретичні знання в практичних ситуаціях.

П'яте завдання передбачало оцінювання якості розробленого навчального посібника. Проведене анкетування викладачів і здобувачів освіти засвідчило загалом високий рівень актуальності, науковості, логічної структурованості та практичної спрямованості посібника. Отримані результати підтвердили доцільність його використання в освітньому процесі закладів професійної освіти та окреслили перспективи подальшого вдосконалення, зокрема розширення практичних завдань і впровадження сучасних цифрових засобів навчання.

Таким чином, усі завдання кваліфікаційної роботи виконано, а отримані результати свідчать про те, що розроблений навчальний посібник «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля» відповідає вимогам професійної освіти, сучасним тенденціям розвитку автомобільної галузі та може бути ефективно використаний у підготовці майбутніх фахівців з обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Ничкало Н. Г. Розвиток професійної освіти в умовах глобалізаційних та інтеграційних процесів: монографія / Н. Г. Ничкало. – К.: Видавництво НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. – 125 с.
- 2 Гончаренко С.У. Педагогічні дослідження: методологічні поради молодим науковцям. Київ-Вінниця: ДОВ «Вінниця», 2008. 278 с.
- 3 Алексюк А.М. Педагогіка вищої освіти України. Історія. Теорія : підруч. для студ., аспірантів та молодих викл. вузів / А. М. Алексюк; Міжнар. фонд "Відродження". – Київ: Либідь, 1998. – 557 с.
- 4 Кравець, С.Г. (2014) *Реалізація компетентнісного підходу в професійно-технічній освіті* In: Науково-методичне забезпечення професійної освіти і навчання . Інст-т проф.-тех. освіти НАПН України, Інститут професійно-технічної освіти НАПН України, стор. 46-49.
- 5 Ягупов, В. В. (2012) *Компетентнісний підхід у професійній освіті* Вища освіта України: теоретичний і науково-методичний часопис (Додаток 1) : Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технологія (3). стор. 197-208.
- 6 Бахтіярова Х., Романова Г. Дидактичне проектування як умова набуття педагогічного досвіду майбутніми інженерами-педагогами. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Педагогіка. 2020. Вип. 2 (12). С. 6–8.
- 7 Романенчук О. Методичні підходи до добору змісту навчального матеріалу з аеродинаміки в професійній підготовці автомеханіків // Матеріали наукової студентської конференції секції кафедри технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва. (м. Хмельницький, 02 травня 2025 р.) / ред. кол.: І. В. Андрощук, І. П. Андрощук [та ін.]. – Хмельницький : ХНУ, 2025. – 96 с. – С. 34-39.

- 8 Зязюн І. А. Педагогіка і психологія професійної освіти: результати досліджень і перспективи / Іван Андрійович Зязюн. – Київ : КПЕК, 2003. – 679 с.
- 9 Anderson L. W., Krathwohl D. R. (Eds.). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman, 2001.
- 10 Bruner J. *The culture of education*. Harvard University Press, 1996.
- 11 Коваленко О. Е., Сідлецький О. І. Компетентнісний підхід у професійній освіті: теорія і практика. *Професійна освіта*. 2020. № 2 (43). С. 12–20.
- 12 Луговий В. І. Компетентності та компетенції : поняттєво-термінологічний дискурс / В. І. Луговий // Вища освіта України : теорет. та наук.-метод. часоп. / [гол. ред. В. Андрущенко ; редкол. В. Бакіров, І. Вакарчук, В. Луговий та ін.] ; Ін-т вищої освіти НАПН України. – К., 2009. – № 3 (Дод. 1). – С. 8-14.
- 13 Радкевич В. О. Науково-методичні основи модернізації змісту професійної освіти і навчання. Науковий вісник Інституту професійно-технічної освіти НАПН України. *Професійна педагогіка*, 1, 57-68. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://jrnl.ivet.edu.ua/index.php/1/article/view/463/438>
- 14 Методика професійного навчання: методичний посібник / І.Є. Сілаєва, С.С. Шевчук, С.О. Заславська. Донецьк: ІПО ІПП УМО, 2014. 292 с.
- 15 Жосан О. Е. Теорія і практика підручникотворення: історія та сучасний стан // Вісник післядипломної освіти. – 2009. – Вип. 12. – С. 41-51. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://library.kr.ua/wp-content/elib/zhosan/article35.pd>
- 16 Артёмов І. В. Навчальна книга: організація і методика створення: посібник / І. В. Артёмов, О. М. Ващук; Закарпатський ДУ. – Ужгород, 2012. – 238 с.
- 17 Концепція реалізації державної політики у сфері професійної (професійно-технічної) освіти. Київ: МОН України, 2020.

- 18 Державні стандарти професійно-технічної освіти. [Електронний ресурс]:
Міністерство освіти і науки України: Освітні стандарти, навчальні плани
та програми. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://surl.li/qxbdx>
- 19 Шевчук С.С., Кулішов В.С. Дидактика професійної освіти:
практикозорієнтований аспект: навчально-методичний посібник. Біла
Церква: БІНПО ДЗВО «УМО» НАПНУ, 2021. 212 с
- 20 Брюханова Н. О. Педагогічне моделювання: стан і тенденції розвитку /
Н. О. Брюханова, Н. В. Корольова // Теорія і практика управління
соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія. –
2015. – № 3. – С. 64-71.
- 21 Петренко І. В. Діяльнісний підхід у професійній підготовці: методика та
реалізація. – Харків: Основа, 2020. – 144 с.
- 22 Teplytskyi, O., Teplytskyi, I., Semerikov, S., Soloviev, V. *Training future
teachers in natural sciences and mathematics by means of computer
simulation: a social constructivist approach.* — arXiv, 2019
- 23 Белова О. К. Методика професійного навчання. Практикум по
дидактичному проектуванню / О. К. Белова – Харків: УПА, 2000. – 36 с.
- 24 Артюх С. Ф. Педагогічні аспекти викладання інженерних дисциплін.
Посібник для викладачів / С. Ф. Артюх, О. Е. Коваленко, О. К. Белова,
Г. В. Ізюмська, В. В. Белікова. – Харків: УПА, 2001. – 210 с.
- 25 Державні стандарти професійно-технічної освіти [Електронний ресурс]. –
Міністерство освіти і науки України. – Доступно: <http://surl.li/odlbn>
- 26 Будова й експлуатація автомобілів: підручник / В. Ф. Кисликов, В. В.
Лущик. – К.; Видавництво «Либідь», 2006. – 420 с.
- 27 Боровських Ю. І. Будова автомобілів: навчальний посібник /
Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов. – К.: Вища школа,
1991. – 304 с.
- 28 Будова автомобілів: підручник / О. Г. Іванов, С. В. Петров,
В. І. Коваленко. – Київ: Освіта, 2019. – 320 с.
- 29 Білан А. М., Гетта В. Г. Методика навчання будови автомобіля:
навчальний посібник. – Чернігів, 2012. – 333 с.

- 30 Як технології та наука змінюють автомобілі: основні інновації сучасності [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://mashyna.com.ua/uk/auto/article/272879>
- 31 Himeno R. Numerical Analysis and Visualization of Flow in Automobile Aerodynamics Development / Himeno R., Fujitani K. // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1993. – vol. 47, pp. 785-790.
- 32 Єгоров А.О. Системи активної аеродинаміки з використанням регульованих дифузорів. / Єгоров А.О., Лобов О.О., Ключева О.О. // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», 2019, С. 256-259.
- 33 Спойлери для автомобіля: необхідність чи стильний аксесуар? [Електронний ресурс]. – Доступно: https://www.avtoradosti.com.ua/ua/news/02_2025/1263.html?srsId=AfmBOorfXyWmvR_M748ZTPNJ5j0859favcAwehKPYFZfXAO4kNfQp6eT
- 34 Призначення і загальна будова кузова [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil36-pryznachennja-i-zagalna-budova-kuzova>
- 35 Шлях до адаптації автономних транспортних засобів [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://www.unite.ai/uk/the-road-ahead-for-autonomous-vehicle-adoption/>
- 36 Класифікація автомобілів за типом кузова [Електронний ресурс]. – Доступно: <https://www.arvenauto.com/ua/klasifikacziya-avtomobiliv-za-tipom-kuzova-ua-11297.html>
- 37 Структурування навчального матеріалу інженерних дисциплін / С. Ф. Артюх, В. М. Приходько, С. А. Капленко, А. Т. Ашерев, І. В. Федотов. – Харків: УПА, 2002. – 30 с.
- 38 Смирнова І. Методичні основи розробки електронних освітніх ресурсів як контенту інформаційно-освітнього середовища / І. Смирнова // Науковий вісник Інституту професійно-технічної освіти НАПН України. Сер.: Професійна педагогіка : зб. наук. праць. – 2015. – № 10. – С. 78–83.

- 39 Жуковський, О. Л., Сімонова, І. О. Навчальні посібники для закладів професійної освіти: структура, методика розробки, оцінювання якості. *Педагогічний альманах*. 2020. № 48. С. 72–78.
- 40 ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення. Київ: Держспоживстандарт України, 2016.
- 41 Ягупов В. В. Педагогіка: навч. посіб. / В. В. Ягупов. – К.: Либідь, 2003. — 560 с.
- 42 Методичні рекомендації зі складання тестових завдань / В. П. Сергієнко, Л. О. Кухар. – К., НПУ, 2011. – 41 с.

ДОДАТОК А (обов'язковий)

Зміст дидактичних одиниць навчального посібника

ДО1. Основні поняття та закони аеродинаміки

Аеродинаміка – це наука про повітря та його рух, або, простіше, про те, як повітря взаємодіє з автомобілем під час руху. У автомобілебудуванні вона допомагає зрозуміти, як повітря обтікає кузов, які сили і моменти при цьому виникають, і як змінювати форму машини, щоб вона була швидкою, економною, стабільною та безпечною. Кожен автомобіль на дорозі буквально «бореться» з повітрям: чим швидше рухається, тим більше опору створює навколишнє повітря, тим сильніше його «штовхає» і тим важливіша правильна форма кузова.

Повітря — не просто прозора субстанція, що оточує автомобіль. Воно має кілька фізичних характеристик, які впливають на рух машини: густину (ρ), що визначає, скільки сили чинить потік повітря на кузов; в'язкість (μ), яка зумовлює тертя між шарами повітря і формує характер потоку — ламінарний або турбулентний; тиск (p), який може бути статичним (нерухоме повітря) або динамічним (рухоме повітря); і швидкість (v), що показує, як активно повітря взаємодіє з поверхнею кузова. Для більшості автомобільних швидкостей (до ~ 250 км/год) повітря можна вважати несжимаємим середовищем, що значно спрощує розрахунки і моделювання потоків.

Основою аеродинаміки є кілька фундаментальних законів.

Закон збереження маси (рівняння неперервності: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$) говорить, що повітря, що входить у певну ділянку потоку, має дорівнювати повітрю, що з неї виходить. Тобто, якщо канал звужується, швидкість потоку зростає; якщо розширюється — падає. Для автомобіля це пояснює, чому повітря прискорюється біля виступів кузова або сповільнюється в поглибленнях.

Ще один важливий закон — закон Бернуллі, який встановлює зв'язок між швидкістю потоку і тиском:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const.}$$

Це означає, що там, де повітря рухається швидше, тиск зменшується, і навпаки. Для автомобіля це призводить до утворення підйомної сили, яка може «піднімати» машину (негативний ефект для звичайного авто), або притискної сили, що «придавлює» машину до дороги, покращуючи зчеплення — як у спортивних автомобілях.

Не менш важливий закон аеродинамічного опору:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_d \cdot A,$$

де F_d — сила опору повітря, ρ — густина повітря, v — швидкість руху, C_d — коефіцієнт лобового опору, A — площа фронтальної проекції.

З цієї формули видно, що опір повітря зростає квадратично зі швидкістю: якщо швидкість подвоїлася, опір виростає в 4 рази! Саме тому на трасі при високих швидкостях витрата палива або електроенергії значно більша, ніж на низьких швидкостях.

Практично це проявляється в різних автомобілях: легкові машини мають $C_d \approx 0,25–0,35$, вантажівки та автобуси – $C_d \approx 0,5–0,7$, а спортивні авто спеціально проектуєть так, щоб повітря створювало притискну силу і «тримало» машину на дорозі.

Отже, розуміння аеродинаміки дозволяє зменшити витрати енергії на подолання опору, підвищити стійкість та керованість, забезпечити безпеку на високих швидкостях та знизити шум і шкідливі викиди. Іншими словами, аеродинаміка робить автомобіль не лише красивим і швидким, а й розумним та ефективним.

ДО2. Обтікання тіла повітряним потоком

Обтікання тіла повітряним потоком – це процес взаємодії рухомого повітря з поверхнею автомобіля під час його руху, який безпосередньо впливає на аеродинамічний опір, підйомну або притискну силу, рівень шуму та стійкість транспортного засобу. Уявіть собі автомобіль, що рухається на трасі: передня частина кузова «розсікає» повітря, яке стикається з поверхнею, сповільнюється і ущільнюється, створюючи зону підвищеного тиску, яка ніби «підштовхує» машину назад. Далі повітря огинає боки та дах автомобіля, прискорюючись на виступах і звуженнях, сповільнюючись у поглибленнях, а тиск постійно змінюється відповідно до законів аеродинаміки.

Рух повітря може бути ламінарним або турбулентним. Ламінарний потік — це як спокійна річка: шари повітря рухаються плавно і рівномірно, не перемішуючись. Він створює менший опір, але в реальних автомобільних умовах зберігається лише на невеликих ділянках і при низьких швидкостях. Турбулентний потік — як гірська річка з порогами: вихори, пульсації та хаотичне перемішування шарів повітря. Турбулентність підвищує опір, але водночас допомагає повітрю обтікати складні форми кузова і зменшує різкі відриви потоку на вигнутих поверхнях. Наприклад, у спорткарів з широкими спойлерами турбулентність сприяє стабільності на високій швидкості, тоді як у вантажівок турбулентні хвости збільшують опір і витрату палива.



Рисунок 1 – Обтікання тіла повітряним потоком

Особливо важливий прикордонний шар — тонкий шар повітря біля поверхні кузова, де швидкість змінюється від нуля на поверхні до швидкості основного потоку. Він зменшує тертя, але при різких змінах форми кузова або гострих кутів повітря може відриватися, утворюючи зони відриву та вихори. У цих зонах тиск падає, а опір різко зростає. Наприклад, на задніх дверях і багажнику легкового автомобіля або за кабіною вантажівки формуються турбулентні «хвости», що збільшують енергетичні витрати.

Форма кузова має вирішальне значення. Плавні обтічні контури, як у седанів або купе, зменшують турбулентність, стабілізують потік і знижують опір, тоді як гострі кути та різкі переходи, як у старих вантажівок або кросоверів з вертикальними задніми стінками, сприяють вихроутворенню та підвищеному опору.

Таким чином, обтікання автомобіля повітряним потоком — це складний процес, який залежить від швидкості, форми кузова, властивостей повітря і взаємодії ламінарних та турбулентних потоків. Рациональне формування поверхонь, мінімізація зон відриву та

контроль вихорів дозволяють зменшити опір, підвищити стійкість і керованість автомобіля, а також поліпшити комфорт, безпеку та економічність під час руху.

ДОЗ. Опір повітря та його складові

Опір повітря — це одна з основних сил, що протидіє руху автомобіля, коли він «розсікає» повітря під час руху. Ця сила виникає через взаємодію повітряного потоку з поверхнею кузова, виступами та елементами автомобіля, і вона суттєво впливає на динаміку, максимальну швидкість, а також на витрату палива чи електроенергії.

Аеродинамічний опір зростає пропорційно квадрату швидкості руху. Це означає, що якщо швидкість автомобіля подвоїлася, опір виростає в чотири рази, а енергетичні витрати на подолання повітряного опору зростають ще швидше. Тому на низьких швидкостях (місто, 50–60 км/год) лобовий опір і вихрові ефекти менш помітні, а на трасі при 120–150 км/год або швидше вони стають ключовими факторами економічності та стійкості.

Форма кузова визначає характер обтікання та величину опору. Обтічні, плавні контури зменшують утворення турбулентних зон, сприяють рівномірному руху повітря та знижують загальний опір. Гострі кути, вертикальні поверхні, виступи та різкі переходи порушують потік повітря, утворюють вихори та зони відриву, що значно підвищує аеродинамічний опір. Наприклад, старі вантажівки з плоскою передньою частиною мають значно більший опір, ніж сучасні вантажівки з обтічними кабінами та обтічними бамперами.

Опір повітря складається з кількох складових:

1. Лобовий опір — виникає через різницю тисків між передньою та задньою частинами автомобіля. У передній частині кузова повітря стискається і сповільнюється, утворюючи зону високого тиску, а позаду автомобіля виникає зона розрідження. Саме ця різниця тисків створює більшу частину аеродинамічного опору. Уявіть собі вантажівку з вертикальною передньою стінкою — її лобовий опір набагато вищий, ніж у обтічного седана.
2. Опір тертя — виникає у прикордонному шарі повітря, що прилягає до поверхні кузова. Цей шар утворюється через в'язкість повітря та тертя між шарами повітря і поверхнею автомобіля. Опір тертя зазвичай менший за лобовий, але збільшується зі збільшенням площі кузова та при наявності шорсткостей або декоративних елементів. Наприклад, гладкий кузов спорткара має менший опір тертя, ніж кузов позашляховика з рейлінгами та дверними накладками.
3. Індуктивний опір — зумовлений утворенням вихорів та циркуляцією повітряного потоку навколо автомобіля, особливо у місцях відриву потоку або поблизу елементів, що створюють підйомну чи притискну силу. Цей опір супроводжується додатковими втратами енергії через турбулентність. Наприклад, у спорткарів спойлери формують контрольовані вихори, щоб створювати притискну силу, але в менш оптимальних формах — вихори збільшують опір.
4. Хвильовий опір — виникає на дуже високих швидкостях (переважно понад 250–300 км/год), коли швидкість руху автомобіля стає порівнянною зі швидкістю поширення тискових хвиль у повітрі. На цих швидкостях повітряні потоки не встигають обтікати кузов плавно, утворюються хвилі високого і низького тиску, які значно збільшують опір і нестабільність руху. Хвильовий опір особливо важливий для спортивних і гоночних автомобілів.
5. Опір від зовнішніх елементів — дзеркала заднього виду, антени, рейлінги, відкриті колеса та елементи освітлення порушують рівномірність потоку повітря і збільшують турбулентність. Наприклад, відкриті вікна або люк на даху під час руху створюють додаткові вихори, що підвищують загальний опір.



Рисунок 2 – Опір повітря та його складові

Зменшення аеродинамічного опору — одне з ключових завдань сучасного автомобілебудування. Обтічні форми кузова, плавні контури та оптимізація зовнішніх елементів дозволяють підвищити економічність, знизити витрати енергії та шум, а також покращити керованість і стійкість автомобіля на високих швидкостях.

Д04. Підйомна сила та її вплив на стійкість автомобіля

Підйомна сила — це аеродинамічна сила, що виникає внаслідок різниці тиску повітря над і під кузовом автомобіля під час його руху. За напрямком дії вона може бути спрямована вгору або вниз. У першому випадку підйомна сила зменшує притискання автомобіля до дороги, у другому — створює притискну силу, яка підвищує зчеплення коліс з дорожнім покриттям.

Причиною виникнення підйомної сили є нерівномірний розподіл швидкостей повітряного потоку навколо автомобіля. Згідно із законом Бернуллі, у ділянках, де швидкість повітря більша, тиск зменшується. Якщо над кузовом повітря рухається швидше, ніж під днищем, над автомобілем утворюється зона зниженого тиску, що призводить до появи підйомної сили.

У звичайних легкових автомобілях небажаною є саме підйомна сила, спрямована вгору, оскільки вона погіршує стійкість і керованість, особливо на високих швидкостях. Зменшення притискної сили коліс до дороги може призводити до зниження ефективності гальмування, погіршення керованості в поворотах та підвищення ризику втрати курсової стійкості.

Особливо небезпечним вплив підйомної сили стає під час руху на великих швидкостях, при сильному боковому вітрі або під час маневрування. У таких умовах навіть незначна зміна аеродинамічних характеристик може суттєво вплинути на поведінку автомобіля на дорозі.

Для зменшення негативного впливу підйомної сили в конструкції сучасних автомобілів застосовують різні аеродинамічні рішення. До них належать оптимізація форми кузова, вирівнювання днища, використання спойлерів, антикрил та дифузорів. Ці елементи сприяють формуванню притискної сили, яка покращує зчеплення коліс з дорогою та підвищує стійкість автомобіля.

У реальних умовах руху автомобіля важливим є не лише зменшення підйомної сили, а й досягнення оптимального балансу між підйомною та притискною силами. Надмірна підйомна сила погіршує стійкість і керованість, тоді як надмірна притискна сила, хоча й покращує зчеплення коліс з дорогою, супроводжується зростанням аеродинамічного опору та енергетичних витрат.

Для дорожніх автомобілів основною метою є мінімізація підйомної сили без істотного збільшення опору повітря. Конструктори прагнуть до так званої *нейтральної аеродинаміки*,

за якої підйомна сила близька до нуля або має невелике від'ємне значення. Це забезпечує стабільну поведінку автомобіля на високих швидкостях без суттєвого погіршення економічності.

У спортивних та гоночних автомобілях підхід принципово інший. Тут пріоритет надається притискній силі, навіть якщо це призводить до зростання аеродинамічного опору. Такий баланс дозволяє автомобілю проходити повороти з вищою швидкістю, ефективніше гальмувати та зберігати курсову стійкість у критичних режимах руху.

Особливо важливим є розподіл притискної сили між передньою та задньою осями. Якщо притискна сила надмірно зосереджена спереду, автомобіль стає нестабільним на прямій і схильним до надмірної поворотності. Якщо ж домінує притискна сила на задній осі — погіршується реакція на кермо та зростає ризик недостатньої поворотності. Тому в автоспорті аеродинамічні елементи ретельно налаштовуються залежно від траси та умов заїзду.

Отже, підйомна сила є важливим аеродинамічним чинником, який безпосередньо впливає на безпеку руху. Раціональне керування цією силою шляхом конструктивних і аеродинамічних рішень дозволяє підвищити стійкість автомобіля, покращити його керованість та забезпечити безпечну експлуатацію в різних дорожніх умовах.

ДО5. Аеродинамічні коефіцієнти: коефіцієнт лобового опору, підйомної сили та бокового опору

У світі автомобілів існує кілька «секретних чисел», які допомагають інженерам зрозуміти, наскільки добре машина «дружить» із повітрям. Ці числа називаються аеродинамічними коефіцієнтами. Вони дозволяють виміряти, скільки сил діє на автомобіль, коли він мчить дорогою.

Аеродинамічні коефіцієнти — безрозмірні величини, які характеризують інтенсивність взаємодії повітряного потоку з кузовом. Їх основна перевага полягає в тому, що вони дозволяють порівнювати різні автомобілі незалежно від маси, розмірів і швидкості руху, оцінюючи саме ефективність форми кузова. Саме тому два автомобілі однакової маси можуть мати суттєво різну витрату палива — через різні значення аеродинамічних коефіцієнтів.

Найбільш відомим і важливим є коефіцієнт лобового аеродинамічного опору C_x (C_d). Він показує, наскільки сильно повітря «гальмує» автомобіль під час руху вперед.

Чим менше значення C_x , тим легше автомобілю рухатися крізь повітря і тим менше енергії витрачається на подолання опору. Для сучасних серійних легкових автомобілів значення C_x зазвичай перебуває в межах 0,20–0,35, тоді як у старих моделей або автомобілів із коробчастою формою цей показник може перевищувати 0,45.

На величину коефіцієнта лобового опору впливають форма передньої частини кузова, кут нахилу лобового скла, плавність переходів між поверхнями, форма задньої частини, а також наявність зовнішніх елементів — дзеркал заднього виду, рейлінгів, антен, відкритих коліс. Наприклад, зняття багажника з даху або заміна звичайних дзеркал на камери може помітно знизити значення C_x і покращити паливну економічність.

Коефіцієнт підйомної сили C_y (або C_z) характеризує вертикальну складову аеродинамічної сили, яка діє на автомобіль. Якщо значення цього коефіцієнта додатне, виникає підйомна сила, що зменшує притискання автомобіля до дороги. Від'ємне значення означає наявність притискної сили, яка підвищує зчеплення коліс із дорожнім покриттям. Для звичайних дорожніх автомобілів головним завданням є мінімізація підйомної сили, оскільки навіть невелике «розвантаження» коліс на високій швидкості негативно впливає на керованість і ефективність гальмування.

У спортивних автомобілях і болидах, навпаки, прагнуть до суттєво від'ємних значень коефіцієнта C_y . Наприклад, антикрила, дифузори та плоске днище формують потік таким чином, щоб притискна сила зростала зі швидкістю. Це дозволяє автомобілю проходити повороти швидше, ніж це можливо лише за рахунок сили тяжіння.

Коефіцієнт бокового опору описує дію аеродинамічних сил у поперечному напрямку. Він має особливе значення під час руху автомобіля при боковому вітрі, обгоні вантажівок або різких маневрах. Високі значення бокового коефіцієнта можуть призводити до відхилення автомобіля від заданої траєкторії, потреби у постійному підрулюванні та зниження курсової стійкості. Саме тому для високих і вузьких транспортних засобів, таких як фургони або автобуси, аеродинаміка бокових поверхонь має критичне значення.

Таблиця 1 - Приклади аеродинамічних коефіцієнтів у різних авто

Тип автомобіля	Коефіцієнт лобового опору	Коефіцієнт підйомної сили	Коефіцієнт бокового опору	Особливості
Звичайний легковик	~0,30–0,35	трохи >0 (легке «піднімання»)	середній	Баланс між економічністю та комфортом
Сучасний електромобіль	~0,20–0,25	близький до 0 або <0	низький	Максимальна обтічність для економії енергії
Спорткар	~0,28–0,35	<0 (сильна притискна сила)	низький	Висока швидкість і стабільність у поворотах
Позашляховик (SUV)	~0,35–0,45	трохи >0	високий	Менш обтічний, чутливий до бокового вітру
Автобус / вантажівка	~0,50–0,65	>0 (значне «піднімання»)	дуже високий	Великі площі поверхні, сильний вплив вітру

Аеродинамічні коефіцієнти визначаються експериментально під час випробувань в аеродинамічних трубах, де моделі або повномасштабні автомобілі обдуваються контрольованим потоком повітря. Сьогодні дедалі ширше застосовується комп'ютерне моделювання (CFD), яке дозволяє аналізувати повітряні потоки, зони відриву та вихроутворення ще на етапі проектування кузова.

Отже, аеродинамічні коефіцієнти є узагальненими, але надзвичайно інформативними показниками, що дозволяють оцінити ефективність форми автомобіля, передбачити його поведінку на високих швидкостях і приймати обґрунтовані інженерні рішення. Оптимізація коефіцієнтів лобового, підйомного та бокового опору є одним із ключових шляхів підвищення економічності, стійкості, безпеки та комфорту сучасних транспортних засобів.

ДОБ. Методи аеродинамічного моделювання та випробувань

Дослідження аеродинамічних властивостей автомобіля є складним багатоступеневим процесом, який поєднує експериментальні та розрахункові методи. Метою таких досліджень є визначення характеру обтікання кузова повітряним потоком, величини аеродинамічних сил і моментів, а також оцінка ефективності окремих конструктивних рішень ще до запуску автомобіля у серійне виробництво.

Одним із найнадійніших і найпоширеніших експериментальних методів є випробування в аеродинамічній трубі. Під час таких випробувань автомобіль або його масштабну модель розміщують у спеціальному каналі, де створюється контрольований потік повітря з заданою швидкістю. За допомогою високоточних тензOMETричних датчиків вимірюють силу лобового опору, підйомну і бокову сили, а також аеродинамічні моменти, що діють на кузов.

Важливою перевагою аеродинамічних труб є можливість візуалізації повітряного потоку. Для цього використовують дим, шовкові нитки, мильні бульбашки або спеціальні фарбувальні частинки. Такі методи дозволяють наочно побачити, де виникають зони турбулентності, відриву потоку та вихроутворення. Наприклад, інженери можуть легко визначити, як змінюється обтікання при встановленні спойлера, зміні форми дзеркал або нахилу заднього скла.

Поряд з лабораторними дослідженнями важливе місце займають дорожні випробування. Вони проводяться в реальних умовах експлуатації автомобіля з використанням датчиків швидкості, тиску, прискорень і витрати палива або електроенергії. Такі випробування дозволяють оцінити фактичний вплив аеродинаміки на економічність, стійкість, рівень шуму та поведінку автомобіля при боковому вітрі або обгоні інших транспортних засобів. Недоліком дорожніх випробувань є складність забезпечення однакових умов, оскільки на результати впливають погода, стан дороги та інтенсивність руху.

Сучасне автомобілебудування неможливо уявити без комп'ютерного моделювання, зокрема методів CFD (Computational Fluid Dynamics — обчислювальна гідродинаміка). За допомогою спеціалізованих програм створюють тривимірну цифрову модель автомобіля, яку «обдувають» віртуальним повітряним потоком. CFD-моделювання дозволяє детально аналізувати розподіл швидкостей і тисків, формування прикордонного шару, зони відриву та вихроутворення.



Рисунок 3 – Методи аеродинамічного моделювання та випробувань

Головною перевагою CFD є можливість швидкого порівняння десятків варіантів конструкції без виготовлення фізичних прототипів. Наприклад, інженери можуть оцінити, як зміниться коефіцієнт лобового опору при зміні форми бампера або днища, ще на етапі комп'ютерного проектування. Це значно зменшує витрати часу та коштів.

Водночас комп'ютерне моделювання має свої обмеження. Точність результатів залежить від якості математичної моделі, сітки розрахунку та коректного опису турбулентних процесів. Тому в сучасній практиці CFD-розрахунки обов'язково поєднують з експериментальними випробуваннями в аеродинамічних трубах, використовуючи експериментальні дані для перевірки й уточнення розрахункових моделей.

Отже, методи аеродинамічного моделювання та випробувань не є взаємозамінними, а взаємно доповнюють один одного. Комплексне застосування аеродинамічних труб, дорожніх випробувань і CFD-моделювання дозволяє глибоко дослідити аеродинамічні процеси,

оптимізувати форму кузова та створювати автомобілі з високою економічністю, стабільністю, комфортом і безпекою, що відповідають сучасним вимогам автомобільної техніки.

ДО7. Основні типи кузовів та їх класифікація

Кузов автомобіля є однією з найважливіших складових транспортного засобу, оскільки саме він формує його зовнішній вигляд, забезпечує розміщення пасажирів, вантажу та основних агрегатів, а також сприймає значну частину навантажень, що виникають під час руху. Окрім захисної функції, кузов відіграє ключову роль у забезпеченні аеродинамічних характеристик, пасивної безпеки, комфорту та економічності автомобіля.

За характером сприйняття навантажень кузова автомобілів поділяють на **несучі та ненесучі (рамні)**. У ненесучих конструкціях основні силові навантаження сприймає рама, тоді як кузов виконує переважно захисні та компоновочні функції. Серед автомобілів категорії **М1** найбільш поширеними є кілька типів рамних несучих систем, які відрізняються формою, способом розподілу навантажень і сферою застосування. До них належать **сходова, хребтова, Х-подібна та периферійна рами** (рис. 4).

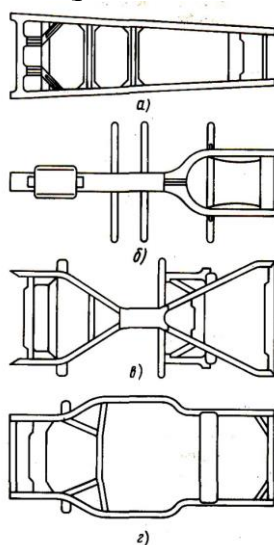


Рисунок 4 – Види рамних несучих систем

Сходова рама є найпростішою та водночас міцною конструкцією, що складається з двох поздовжніх лонжеронів, з'єднаних поперечинами. Вона добре сприймає значні навантаження і тривалий час широко застосовувалася в легкових автомобілях, а нині використовується переважно в позашляховиках і комерційній техніці. Х-подібна рама має характерну центральну форму, яка забезпечує підвищену жорсткість на кручення та кращі показники пасивної безпеки під час бокових зіткнень. Периферійна рама відрізняється розміщенням лонжеронів ближче до країв кузова, що дозволяє знизити рівень підлоги салону та підвищити комфорт пасажирів. Хребтова рама, характерна для окремих моделей, має центральний силовий елемент, до якого кріпляться основні агрегати та кузов, забезпечуючи високу жорсткість конструкції й ефективний захист трансмісії.

Поряд із рамними конструкціями в сучасному автомобілебудуванні широкого поширення набули **несучі кузови**, у яких саме кузов виконує основну силову функцію. За конструктивною схемою несучі кузови поділяються на **каркасно-панельні, скелетні (рис. 5), оболонкові (рис. 6) та безкаркасно-оболонкові (рис. 7)**.



Рисунок 5 - Скелетний несучий кузов



Рисунок 6 – Оболонковий кузов



Рисунок 7 – Безкаркасно-оболонковий кузов

У **скелетному несучому кузові** основне навантаження сприймає просторовий каркас, що складається зі стояків, балок і підсилювачів, до якого кріпляться зовнішні панелі. Така схема забезпечує високу міцність конструкції та дозволяє змінювати окремі зовнішні елементи без порушення її силової цілісності. **Оболонковий кузов** сприймає навантаження завдяки спільній роботі зовнішніх панелей і внутрішніх силових елементів, що сприяє зменшенню маси автомобіля. **Безкаркасно-оболонковий кузов** є найбільш поширеним у сучасних легкових автомобілях: у ньому всі панелі з'єднані між собою так, що утворюють єдину просторову жорстку систему.

В автомобілях з несучим кузовом **відсутня окрема рама**, однак це не призводить до зниження міцності конструкції. Для забезпечення необхідної жорсткості та безпеки використовуються численні **силові підсилювачі**, зокрема посилені пороги, балки дверей, стійки даху, елементи підлоги, лонжерони та підсилювачі даху. Усі ці елементи з'єднують окремі частини кузова в єдину силову систему та забезпечують рівномірний розподіл навантажень.

Особливе значення має формування **зон програмованої деформації**, які поглинають енергію удару під час зіткнення, зменшуючи навантаження на пасажирський відсік. У поєднанні з жорсткою центральною частиною кузова це суттєво підвищує рівень пасивної безпеки автомобіля. Таким чином, у несучих кузовах принцип побудови полягає не в

наявності одного потужного силового елемента, а в **раціональному розподілі навантажень між багатьма взаємопов'язаними деталями**, які спільно виконують несучу функцію.

Еволюція від рамних конструкцій до несучих кузовів зумовлена прагненням зменшити масу автомобіля, покращити аеродинамічні характеристики, підвищити рівень безпеки та комфорту пасажирів. Розуміння різновидів рам і типів несучих кузовів є важливою передумовою для аналізу конструкційних особливостей сучасних автомобілів та їх експлуатаційних властивостей.

За конструктивною схемою виділяють **несучі, напівнесучі та рамні кузова**. Несучі кузова є найпоширенішими в легковому автомобілебудуванні. Напівнесучі конструкції поєднують у собі риси рамної та несучої схем і застосовуються в окремих позашляховиках та комерційних автомобілях. Рамні кузова забезпечують високу міцність і ремонтпридатність, що є особливо важливим для вантажної техніки та автомобілів, які працюють у важких умовах.

Кузови автомобілів за **просторовою схемою** поділяють на **однооб'ємні, двохоб'ємні та трьохоб'ємні**. Під *об'ємом* у цьому випадку розуміють відносно самостійний простір кузова, призначений для розміщення певних агрегатів або пасажирів і відокремлений від інших частин конструктивними елементами (перегородками, панелями або формою кузова).

Двохоб'ємний кузов має чітко виокремлений об'єм для розміщення силового агрегату — моторний відсік із повноцінною кришкою капота. Цей об'єм відділений поперечною перегородкою від другого об'єму, який об'єднує салон і багажне відділення. Така компоновка є характерною для хетчбеків, універсалів і більшості кросоверів. Двохоб'ємна схема забезпечує добру оглядовість, універсальність використання внутрішнього простору та сприятливі аеродинамічні характеристики за рахунок плавного переходу від даху до задньої частини кузова.



Рисунок 8 – Приклад двохоб'ємного кузова.

Трьохоб'ємний кузов має три чітко розділені просторові зони: моторний відсік, пасажирський салон та багажне відділення. Кожен із цих об'ємів конструктивно відокремлений від інших, що забезпечує кращу шумоізоляцію салону, ефективний захист пасажирів у разі зіткнення та традиційно вважається ознакою класичного легкового автомобіля. Найпоширенішим прикладом трьохоб'ємного кузова є седан. Така схема компоновки сприяє стабільності автомобіля на високих швидкостях і дозволяє оптимально розподілити навантаження між осями.



Рисунок 9 – Приклад трьохоб'ємного кузова.

Однооб'ємний кузов має найбільш компактну просторову схему. У ньому відсутній чітко відокремлений моторний відсік у традиційному розумінні. Двигун розміщується в

передній частині автомобіля, але фактично знаходиться всередині загального об'єму салону — під панеллю приладів або між передніми сидіннями. Така конструкція характерна для мінівенів, мікроавтобусів та деяких міських автомобілів. Однооб'ємна схема дозволяє максимально ефективно використовувати внутрішній простір, збільшити пасажиромісткість і зручність трансформації салону, однак висуває підвищені вимоги до шумо- та теплоізоляції, а також до систем пасивної безпеки.



Рисунок 10 – Приклад однооб'ємного кузова.

Поділ кузовів на одно-, двох- і трьохоб'ємні відображає не лише особливості їх конструкції, а й функціональне призначення автомобіля. Вибір просторової схеми кузова визначає рівень комфорту, безпеки, місткість салону та аеродинамічні властивості транспортного засобу, що є важливим фактором під час проєктування та експлуатації сучасних автомобілів.

Важливою ознакою класифікації автомобілів є **форма кузова та кількість дверей**, що значною мірою визначає функціональність, рівень комфорту та зручність експлуатації транспортного засобу. За цією ознакою кузова легкових автомобілів категорії **M1** поділяють на кілька основних груп.

1. Класичні типи кузовів

Седан (Sedan) — класичний варіант легкового автомобіля з чотирма дверима та окремим багажним відділенням. Така компоновка забезпечує добру шумоізоляцію салону, збалансовану аеродинаміку та традиційно асоціюється з комфортом і діловим стилем.

Хетчбек (Hatchback) — кузов із задньою дверцяткою, яка відкриває доступ до багажного відділення разом із заднім склом. Завдяки цьому хетчбек поєднує компактні габарити з підвищеною універсальністю та зручністю завантаження.

Універсал (Station Wagon / Estate Car) — подовжений варіант кузова з великим багажним відділенням і вертикальнішою задньою частиною. Забезпечує значний корисний об'єм і широко використовується для сімейних поїздок і перевезення вантажів.

Купе (Coupe) — автомобіль зі спортивним профілем, зазвичай з двома дверима та заниженою лінією даху. Орієнтований на динаміку руху й естетику, часто має обмежений простір задніх сидінь.

Кабріолет (Convertible) — кузов із відкритим дахом, який може бути м'яким або жорстким складаним. Забезпечує максимальний комфорт під час руху в теплу пору року та асоціюється з рекреаційним стилем експлуатації.

Лімузин (Limousine) — подовжений кузов із підвищеним рівнем комфорту, часто з поділом салону на функціональні зони для водія та пасажирів. Використовується переважно для представницьких і спеціальних перевезень.

2. Позашляхові та кросоверні кузова

Позашляховик (SUV – Sport Utility Vehicle) — автомобіль із підвищеним дорожнім просвітом, збільшеними габаритами та можливістю руху поза дорогами з твердим покриттям. Часто має рамну або посилену несучу конструкцію та повний привід.

Кросовер (Crossover) — поєднання рис легкового автомобіля та позашляховика. Зазвичай має несучий кузов, кращу паливну економічність і орієнтований на експлуатацію переважно в міських умовах із можливістю легкого бездоріжжя.

3. Компактні та міські автомобілі

Мікроавтомобіль (Microcar) — надкомпактний транспортний засіб, призначений для міських умов. Характеризується малими габаритами, невеликою кількістю місць (зазвичай 2) і мінімальною витратою палива або енергії.

Міський хетчбек (City Car Hatchback) — малогабаритний автомобіль, оптимізований для руху в умовах щільного міського трафіку, зручного паркування та коротких поїздок.

4. Спеціалізовані типи кузовів

Фастбек (Fastback) — кузов із плавною, безперервною лінією даху, що переходить у задню частину автомобіля. Поєднує спортивний зовнішній вигляд із покращеними аеродинамічними характеристиками.

Ліфтбек (Liftback) — різновид кузова, у якому задня дверцята відкриває багажне відділення разом із заднім склом, але загальна форма кузова наближена до седана.

Родстер (Roadster) — двомісний спортивний автомобіль з відкритим кузовом, орієнтований на динамічну їзду та водійські відчуття.

Тарга (Targa Top) — кузов із частково знімним дахом, зазвичай із жорсткою центральною секцією та збереженою задньою дугою безпеки.

Купе-кросовер (Coupe SUV) — поєднання спортивного силуету купе та функціональних характеристик кросовера або SUV, із заниженою лінією даху та підвищеним кліренсом.

5. Комерційні та багатомісні варіанти (у межах категорії M1)

Мінівен (Minivan / MPV – Multi-Purpose Vehicle) — автомобіль із просторим салоном, високим дахом і можливістю трансформації сидінь, призначений для сімейного використання або перевезення невеликих груп пасажирів.

Пасажирський фургон (Passenger Van) — кузов із великим внутрішнім об'ємом, призначений для перевезення пасажирів (до 9 осіб включно), який поєднує ознаки комерційного транспорту та легкового автомобіля.



Рисунок 11 – Основні типи кузовів

Кузови також класифікують за кількістю рядів сидінь і пасажирських місць. Двомісні автомобілі зазвичай належать до спортивних або компактних моделей. Чотиримісні є найбільш поширеними та орієнтовані на повсякденне використання. Багатомісні кузова характерні для мінівенів, мікроавтобусів і автобусів, де пріоритетом є перевезення великої кількості пасажирів із належним рівнем комфорту та безпеки.

Ще одним важливим класифікаційним критерієм є **розташування двигуна**, яке безпосередньо впливає на компоновку кузова, розподіл маси та керованість автомобіля. Передньомоторна схема є найпоширенішою і забезпечує стабільну поведінку автомобіля та зручність обслуговування. Середньомоторне розташування двигуна дозволяє досягти майже ідеального розподілу маси між осями, що особливо цінується у спортивних автомобілях. Задньомоторна компоновка покращує зчеплення ведучих коліс із дорогою, але вимагає особливих рішень щодо забезпечення стійкості та керованості.

Таким чином, різноманіття типів і конструкцій кузовів зумовлене необхідністю поєднання міцності, безпеки, комфорту та аеродинамічної ефективності. Розуміння класифікації кузовів є основою для подальшого вивчення їх конструктивних особливостей та впливу на експлуатаційні характеристики автомобіля.

Д08. Функції та вимоги до кузова автомобіля

Кузов автомобіля є не лише зовнішньою оболонкою транспортного засобу, а складною конструктивною системою, яка визначає його безпеку, комфорт, ефективність та експлуатаційні властивості. Саме кузов поєднує в собі силові, захисні, аеродинамічні та ергономічні функції, забезпечуючи цілісність автомобіля як інженерного виробу.

Однією з головних є **несуча та захисна функція кузова**. Під час руху автомобіля кузов сприймає значні статичні й динамічні навантаження, що виникають при розгоні, гальмуванні, проходженні поворотів і подоланні нерівностей дороги. Він забезпечує загальну жорсткість конструкції, зберігає геометричну форму автомобіля та передає навантаження між основними вузлами. Водночас кузов виконує захисну роль, слугуючи бар'єром між пасажиром і зовнішнім середовищем. Він захищає людей і вантаж від механічних пошкоджень, несприятливих погодних умов, пилу, бруду та шуму. У разі дорожньо-транспортної пригоди конструкція кузова бере на себе основний удар, а завдяки зонам програмованої деформації поглинає частину енергії зіткнення, зменшуючи навантаження на пасажирський відсік.

Важливе місце займають **естетична та ергономічна функції кузова**. Саме форма, пропорції та лінії кузова формують зовнішній вигляд автомобіля, його стиль і привабливість для споживача. Дизайн кузова є поєднанням інженерних вимог і художніх рішень, що відображають призначення та клас транспортного засобу. Водночас внутрішня архітектура кузова безпосередньо впливає на комфорт пасажирів і водія. Раціональне розміщення сидінь, органів керування, дверей і вікон забезпечує зручність посадки, хорошу оглядовість і зниження втоми під час руху. Продумане планування внутрішнього простору дозволяє ефективно розміщувати багаж, додаткове обладнання та сервісні елементи, що підвищує практичність автомобіля.

Не менш важливою є **аеродинамічна функція кузова**. Форма кузова визначає характер обтікання автомобіля повітряним потоком і безпосередньо впливає на величину аеродинамічного опору. Плавні контури, оптимальні кути нахилу поверхонь і відсутність різких переходів сприяють зменшенню опору повітря, що, у свою чергу, знижує витрату палива або електроенергії. Крім того, кузов може формувати притиску силу, яка підвищує стійкість автомобіля на високих швидкостях. Для цього використовують спеціальні аеродинамічні елементи, такі як спойлери, антикрила та дифузори. Обтічна форма також сприяє зменшенню турбулентності та аеродинамічного шуму, що покращує акустичний комфорт у салоні.

Кузов автомобіля виконує і **енергетичну та екологічну функції**. Зменшення маси та аеродинамічного опору дозволяє знизити енергетичні витрати на рух, що особливо важливо для сучасних автомобілів з підвищеними вимогами до економічності. Оптимізована форма кузова сприяє більш ефективній роботі двигуна або електричної силової установки, а отже — зменшенню шкідливих викидів у навколишнє середовище та підвищенню загальної екологічної ефективності транспортного засобу.

З урахуванням виконуваних функцій до кузова автомобіля висувається низка важливих вимог. Він повинен мати високу жорсткість і міцність, щоб витримувати експлуатаційні навантаження без небезпечних деформацій. Водночас сучасний кузов має бути максимально легким, оскільки зменшення маси позитивно впливає на динамічні характеристики, економічність і керованість автомобіля. Важливими є ергономічність і комфорт, що забезпечуються раціональним плануванням салону та зручністю доступу до основних елементів. Кузов повинен бути стійким до корозії та атмосферних впливів, що досягається застосуванням сучасних матеріалів і захисних покриттів. Не менш значущими є аеродинамічні властивості, можливість монтажу систем активної й пасивної безпеки, а також зручність технічного обслуговування.

Отже, кузов автомобіля є багатофункціональною інженерною системою, у якій поєднуються вимоги міцності, безпеки, комфорту, аеродинамічної ефективності та екологічності. Раціональне поєднання цих функцій і вимог дозволяє створювати сучасні автомобілі, здатні ефективно та безпечно працювати в різних умовах експлуатації.

ДО9. Матеріали для виготовлення кузовів (метали, композити, пластики)

Вибір матеріалів для кузова автомобіля визначає його механічні характеристики, масу, аеродинамічні властивості, безпеку та довговічність. Сучасне автомобілебудування віддає перевагу комбінованим конструкціям, що дозволяють оптимально поєднати міцність, легкість і стійкість до зовнішніх впливів.

Метали залишаються основним матеріалом для виготовлення кузовів завдяки своїй високій міцності, жорсткості та здатності витримувати ударні та динамічні навантаження. Вибір металу визначає масу автомобіля, його безпеку, експлуатаційні характеристики та довговічність. Найпоширенішими металами є сталь, алюміній і магнієві сплави.

Сталь є базовим матеріалом для більшості легкових та вантажних автомобілів. Вона характеризується високою міцністю та жорсткістю, що дозволяє створювати надійні несучі конструкції кузова, рами та силові елементи. Сталь відмінно поглинає ударні навантаження, забезпечуючи захист пасажирів у разі аварійних ситуацій. Основним недоліком цього матеріалу є велика маса, яка підвищує витрату палива та знижує динамічні характеристики автомобіля, а також схильність до корозії без спеціального захисного покриття. Сталь широко використовується у лонжеронах, поперечинах, дверях, капотах, багажниках та інших елементах кузова.

Алюміній застосовується там, де важлива мінімальна маса конструкції при достатній міцності. Він значно легший за сталь, що дозволяє зменшити загальну вагу автомобіля та підвищити економічність руху. Алюміній має хорошу корозійну стійкість, проте його механічна міцність нижча за сталь, тому для несучих елементів потрібне додаткове посилення. Застосування алюмінію поширене у дверях, капотах, багажниках, окремих несучих конструкціях та спортивних автомобілях преміум-класу.

Магнієві сплави вирізняються надлегкістю та високою корозійною стійкістю. Вони дозволяють максимально зменшити масу деталей, що позитивно впливає на динаміку, керованість та економічність. Завдяки високій здатності поглинати вібрації і удари, магнієві сплави покращують комфорт і безпеку руху. Основним обмеженням їх використання є висока вартість та складність обробки, тому магній застосовується переважно у спортивних автомобілях або для виготовлення внутрішніх елементів кузова та деталей підвіски.

Використання металів у сучасному автомобілебудуванні часто поєднується з іншими матеріалами — композитами та пластиками — для оптимізації маси, підвищення аеродинамічної ефективності, економії палива та поліпшення безпеки пасажирів.

Композитні матеріали дозволяють поєднувати високу міцність із низькою масою, що робить їх особливо цінними для спортивних, преміальних та спеціалізованих автомобілів. Використання композитів дозволяє знизити загальну вагу транспортного засобу, підвищити динамічні характеристики, поліпшити аеродинаміку та зменшити витрату палива, одночасно зберігаючи високу безпеку пасажирів.

Вуглепластик (карбон) вирізняється винятковою міцністю при мінімальній масі. Завдяки цьому він дозволяє створювати легкі несучі елементи кузова, що зберігають жорсткість і стійкість до ударних навантажень. Основними обмеженнями застосування є висока вартість матеріалу та складність технологічного виробництва, що робить його переважно прерогативою спортивних та преміальних моделей автомобілів.

Склопластик є легким і стійким до корозії матеріалом, що дозволяє виготовляти деталі кузова економічно та ефективно. Він менш міцний за вуглепластик, проте має ширше застосування завдяки низькій вартості та простоті обробки. Склопластик зазвичай використовується у бамперах, дахах, зовнішніх панелях кузова та декоративних елементах.

Армовані полімери, такі як кевлар або базальт, поєднують високу ударну міцність із стійкістю до розтріскування, що підвищує безпеку і надійність деталей. Вони часто комбінуються з іншими композитами для підвищення захисних властивостей та зниження ваги конструкції. Армовані полімери застосовуються переважно у спортивних, преміальних та спеціальних автомобілях, де важлива легкість і високий рівень пасивної безпеки.

Пластикові матеріали відіграють важливу роль у сучасному автомобілебудуванні, оскільки дозволяють зменшити масу автомобіля, підвищити корозійну стійкість та спростити обробку деталей. Вони активно застосовуються для виготовлення бамперів, молдінгів, декоративних панелей, внутрішніх елементів салону та інших допоміжних частин кузова.

Основними перевагами пластмас є **низька вага**, що сприяє економії палива та покращенню динамічних характеристик; **стійкість до корозії**, що підвищує довговічність автомобіля; **економічність виготовлення** і простота обробки.

Серед обмежень пластикових матеріалів слід відзначити **обмежену механічну міцність**, що не дозволяє застосовувати їх у відповідальних несучих елементах кузова, а також **чутливість до високих температур та ультрафіолетового випромінювання**, що потребує захисних покриттів або спеціальних добавок.

Для забезпечення достатньої жорсткості та безпеки пластикові деталі зазвичай комбінуються з **металевими або композитними елементами**, що дозволяє створювати легкі, міцні та безпечні конструкції кузова. Завдяки цьому пластики активно застосовуються у серійних легкових автомобілях, спеціалізованих і преміальних моделях, виконуючи функції зниження маси, підвищення естетики та поліпшення ергономіки.

Сучасні автомобілі найчастіше виготовляються з **комбінованих матеріалів**, що дозволяє поєднати переваги металів, композитів та пластикових елементів.

У такій конструкції **металевий каркас** забезпечує основну міцність і жорсткість кузова, гарантуючи безпеку пасажирів та стійкість конструкції до навантажень. **Композитні панелі** застосовуються для зменшення маси автомобіля, покращення аеродинамічних характеристик і підвищення ефективності витрат палива. **Пластикові елементи** виконують захисні та декоративні функції, забезпечуючи стійкість до корозії та ультрафіолету, а також полегшують обробку і монтаж додаткових систем.

Таблиця 2 – Матеріали кузова автомобіля

Матеріал	Основні властивості	Застосування в автомобільному кузові
Сталь	Висока міцність і жорсткість, добре поглинає ударні навантаження, відносно недорога	Несучі частини кузова, рами, двері, капоти, багажники
Алюміній	Легка вага, стійкість до корозії, менша міцність порівняно зі сталлю	Двері, капоти, багажники, окремі несучі елементи
Магнієві сплави	Дуже легкі, стійкі до корозії, висока вартість	Спортивні автомобілі, внутрішні деталі кузова, підвіска
Вуглепластик (карбон)	Висока міцність при низькій масі, дорогий та складний у	Спортивні та преміальні автомобілі, елементи несучих конструкцій

	виробництві	
Склопластик	Легка вага, стійкий до корозії, дешевший за карбон	Бампери, дах, панелі кузова, декоративні елементи
Армовані полімери (кевлар, базальт)	Висока ударна міцність, стійкість до розтріскування	Спортивні та спеціальні автомобілі, посилення композитних елементів
Пластики	Низька вага, корозійна стійкість, легкість обробки; обмежена механічна міцність	Бампери, молдинги, декоративні панелі, внутрішні елементи салону
Комбіновані конструкції	Поєднання міцності, легкості та стійкості; оптимізація аеродинаміки	Металевий каркас + композитні панелі + пластикові елементи декоративно-захисного призначення

Такий комплексний підхід дозволяє створювати автомобілі з оптимальним балансом маси, міцності, аеродинаміки, безпеки та довговічності, що особливо важливо для сучасного легкового, спортивного та преміального транспорту.

ДО10. Конструкційні елементи кузова

Кузов автомобіля — це не просто зовнішня оболонка, а складна інженерна система, що поєднує функції несучої конструкції, захисту пасажирів, формування аеродинаміки, комфорту та естетики. Ефективність кузова визначається взаємодією його численних елементів, кожен із яких виконує конкретні завдання.

Силова структура та основні елементи кузова приховані від очей під оперенням — зовнішніми панелями, які формують вигляд автомобіля. До оперення відносяться крила, капот, кришка багажника або двері багажного відділення, залежно від типу кузова. Іншими словами, це всі елементи, які не виконують функції сприйняття основних навантажень під час руху.

Саме тому, у випадку невеликої або середньої ДТП, пошкодження оперення не впливає на несучу здатність автомобіля. Достатньо замінити або відрихтувати постраждалу панель, і автомобіль знову буде безпечним та експлуатованим.

Оперення кузова виконує насамперед аеродинамічну функцію: воно формує потоки повітря навколо автомобіля, зменшує опір повітря та впливає на стійкість і керованість транспортного засобу. Водночас саме оперення визначає зовнішній вигляд автомобіля та забезпечує його естетичні характеристики, створюючи впізнаваний стиль марки або моделі.

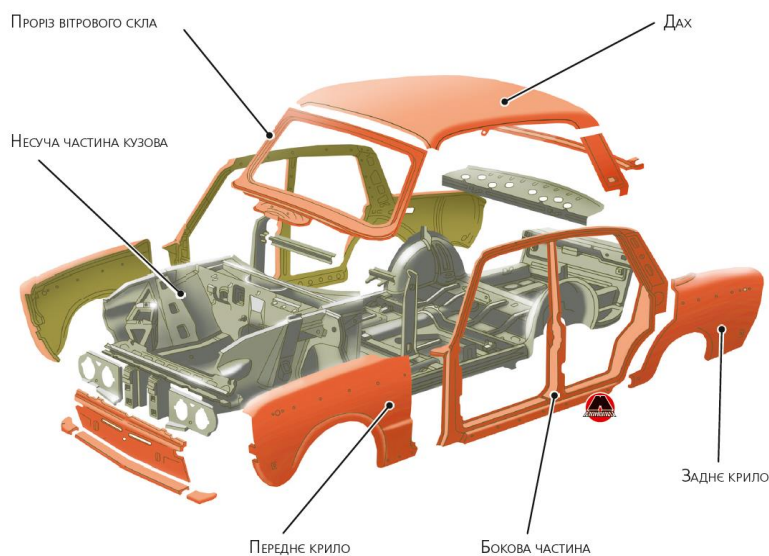


Рисунок 12 – Елементи несучого кузова і його оперення

Щоб краще зрозуміти, як кузов виконує всі свої функції, слід розглянути основні конструкційні елементи, що формують його несучу і функціональну структуру.

1. Каркас кузова

Каркас є основою несучої конструкції автомобіля, що сприймає всі статичні та динамічні навантаження під час руху, гальмування, прискорення та аварійних ситуацій. У монококових кузовах каркас інтегрований із зовнішніми панелями, що підвищує загальну жорсткість конструкції. У рамних автомобілях каркас та рама функціонують окремо: рама сприймає основні сили, а кузов виконує захисну та естетичну функції. Для виготовлення каркасу застосовують сталь, алюміній та сучасні композити, що дозволяє оптимально поєднати міцність і легкість.

2. Панелі кузова

Панелі формують зовнішній вигляд автомобіля та забезпечують його захист і аеродинамічні властивості. До них відносяться бічні стінки, капот, дах, двері, багажник та кришки моторного відсіку. Вони оберігають пасажирів і агрегати від ударів і погодних впливів, сприяють плавному обтіканню повітря та визначають стиль автомобіля. Матеріали панелей можуть бути металевими, алюмінієвими, композитними або пластиковими.

3. Двері та кришки

Двері і кришки забезпечують доступ до салону та багажника. Вони оснащуються замками, ручками, ущільнювачами, системами бічного захисту та подушками безпеки. Конструкція дверей і кришок впливає на герметичність салону та аеродинаміку автомобіля, тому їхнє проектування є важливим елементом безпеки та комфорту.

4. Пороги та підсилювачі

Пороги сприймають навантаження від посадки та висадки пасажирів, а підсилювачі — внутрішні металеві або композитні елементи — збільшують жорсткість кузова, особливо при бокових ударах. Такі елементи забезпечують рівномірний розподіл сил по конструкції і підвищують безпеку пасажирів.

5. Підлога та днище

Підлога та днище виконують одночасно несучу, захисну та аеродинамічну функції. Вони витримують вагу автомобіля та пасажирів, оберігають від пошкоджень дорожнім покриттям і формують повітряні потоки під кузовом, зменшуючи турбулентність. Для підвищення міцності підлога часто обладнана ребрами жорсткості та фермами.

6. Ребра жорсткості

Внутрішні елементи кузова — ребра, шви та вставки — дозволяють підвищити міцність і жорсткість конструкції без суттєвого збільшення маси. Вони застосовуються у дверях, даху, підлозі, багажнику та бічних стінках, забезпечуючи довговічність і безпеку кузова.

7. Опорні та кріпильні елементи

Ці деталі визначають місця монтажу двигуна, трансмісії, підвіски, систем безпеки та електроніки. Вони забезпечують точне позиціонування агрегатів і правильний розподіл навантажень на каркас кузова.

8. Герметизація, шумо- та теплоізоляція

Ущільнювачі, прокладки та ізоляційні матеріали встановлюють на дверях, вікнах, кришках багажника, стінках салону, підлозі та даху. Вони забезпечують комфорт пасажирів, герметичність салону та зменшують шум і тепловтрати, що особливо важливо для міських та міжміських поїздок.

9. Аеродинамічні елементи кузова

Спойлери, дифузори, повітрязбірники та обтічники спрямовують потоки повітря, зменшують опір і підвищують притискну силу автомобіля. Вони впливають на стійкість, керованість та економічність транспортного засобу, а також можуть надати автомобілю спортивного і сучасного вигляду.

Таким чином, конструкційні елементи кузова працюють у єдиній системі: каркас забезпечує жорсткість, панелі та двері — захист і естетику, а аеродинамічні та ізоляційні елементи — ефективність і комфорт. Їхнє продумане поєднання дозволяє створювати автомобілі безпечні, економічні та привабливі для користувачів.

ДО11. Технології виготовлення кузовів

Виготовлення кузова автомобіля є складним технологічним процесом, який включає формування, з'єднання та обробку конструктивних елементів. Вибір конкретної технології визначається матеріалом кузова, типом конструкції, призначенням автомобіля та вимогами до міцності, жорсткості, маси та естетичних характеристик.

Металообробка залишається основною технологією виготовлення металевих кузовів автомобілів, оскільки вона визначає точність, міцність та довговічність елементів конструкції. **Листове штампування** дозволяє формувати металеві панелі під пресами з використанням спеціальних штампів. Цей метод широко застосовується для створення дверей, капотів, даху та бокових панелей, забезпечуючи високу точність, повторюваність форм і можливість виготовлення складних елементів із ребрами жорсткості, що підвищують жорсткість кузова.

Для виготовлення ребер жорсткості, порогів та рамних елементів застосовують **гнуття** та **прокатку** металевих профілів. Холодне та гаряче гнуття дозволяє отримати точні конструктивні елементи, здатні витримувати навантаження під час руху та аварійні ситуації. Завдяки цьому пороги та внутрішні ребра жорсткості забезпечують безпеку пасажирів і довговічність кузова.

Зварювання є основним способом з'єднання елементів каркаса та панелей. Використовують різні види: точкове, дугове, лазерне або фрикційне, що дозволяє досягти високої міцності швів та стабільної геометрії конструкції. Якісно виконане зварювання гарантує здатність кузова витримувати динамічні навантаження під час руху, гальмування та ударів. Воно є особливо важливим для каркасів монококових автомобілів і рамних SUV, де шви повинні сприймати значні сили та забезпечувати цілісність конструкції.

Лиття металу застосовується для виготовлення складних елементів, які важко отримати іншими методами. Зазвичай використовують алюміній, магнієві сплави або спеціальні легкі сталі. Литі елементи, такі як кронштейни, підсилювачі або вузли кріплення агрегатів, відзначаються високою точністю форм і невеликою масою при збереженні міцності. Завдяки цьому зменшується вага автомобіля без втрати жорсткості та безпеки.

Таким чином, сучасна металообробка кузовів поєднує формування панелей, профілів, точне з'єднання та створення складних деталей, забезпечуючи оптимальне співвідношення міцності, жорсткості, точності та довговічності конструкції.

Композитні матеріали потребують спеціального підходу до виготовлення, оскільки їхні властивості сильно залежать від структури шарів і способу обробки. **Ламінація** є основним методом формування композитних панелей. При цьому окремі шари волокон карбону або склопластику укладаються один на один, кожен шар просочується спеціальною смолою, а потім піддається пресуванню. Такий процес дозволяє точно контролювати товщину і орієнтацію волокон у кожному шарі, що прямо впливає на міцність, жорсткість і ударостійкість панелі. Ламінація часто використовується для виготовлення дверей, дахів, капотів, багажників і бамперів високопродуктивних та преміальних автомобілів.

Пресування та **вакуумне формування** додають ще один рівень точності. Панель із зібраних шарів поміщається у форму, після чого повітря вакуумується, що дозволяє щільно притиснути шари один до одного та видалити залишки повітря і надлишок смоли. Ця технологія забезпечує рівномірність матеріалу, високу точність геометрії деталі та відсутність порожнин або дефектів усередині панелі. Вакуумне формування особливо ефективно для дахів, капотів, бамперів та декоративних елементів, де важлива не лише міцність, а й бездоганна поверхня.

Автоклавне затвердіння є найбільш високотехнологічним методом виробництва карбонових деталей преміум-класу та спортивних автомобілів. Панель, підготовлена шар за шаром, поміщається в автоклав, де під дією високого тиску та температури смола рівномірно полімеризується. Це забезпечує максимальну щільність матеріалу, мінімальну масу та виняткову міцність готової деталі. Автоклав дозволяє отримувати панелі складної форми з

високою повторюваністю, низькою ймовірністю дефектів і відмінними механічними характеристиками. Такі деталі витримують значні навантаження при мінімальній вазі, що особливо цінно для спортивних автомобілів, де критично важливе поєднання легкості та жорсткості.

Завдяки цим технологіям композитні матеріали забезпечують не тільки високу механічну міцність, але й можливість створювати складні обтічні форми, зменшувати загальну масу автомобіля та підвищувати його аеродинамічні характеристики, що прямо впливає на динаміку, енергоефективність і безпеку.

Пластикові матеріали застосовуються у виробництві автомобільних кузовів завдяки їхній легкості, корозійній стійкості та простоті обробки. Основним методом виготовлення пластикових деталей є **лиття під тиском**. Розігрітий пластик під високим тиском подається у форму, де швидко застигає, приймаючи потрібну геометрію. Ця технологія дозволяє отримувати складні форми з високою точністю, що особливо важливо для бамперів, молдінгів, декоративних панелей та внутрішніх елементів салону.

Екструзія застосовується для виготовлення ущільнювачів, декоративних планок та профілів різної форми. Пластик під високим тиском видавлюється через спеціальні форми, після чого набуває потрібної довжини і перерізу. Цей метод дозволяє отримувати довгі деталі з рівномірною товщиною стінок і високою якістю поверхні.

Вакуумне формування та термоформування використовуються для обробки тонких пластикових листів. Листи нагріваються до пластичного стану і прижимаються до форми під дією вакууму або спеціального пресування. Це дозволяє створювати плавні, обтічні форми для панелей, внутрішніх облицювань та декоративних елементів з високою точністю і повторюваністю.

Пластикові деталі, отримані за цими методами, відрізняються малою вагою, стійкістю до корозії та хімічних впливів, що сприяє зниженню загальної маси автомобіля і поліпшенню його енергетичних характеристик. Для підвищення жорсткості та безпеки пластикові елементи часто комбінуються з металевими або композитними деталями, забезпечуючи оптимальне поєднання легкості і міцності.

Аддитивні технології, або 3D-друк, набувають все більшого значення у виробництві автомобільних деталей. За допомогою пошарового нанесення матеріалу можна створювати складні та функціонально насичені деталі без необхідності використання складних форм або пресів. 3D-друк дозволяє виготовляти прототипи, індивідуальні деталі та невеликі серії компонентів для салону, кронштейнів, воздухопроводів, декоративних елементів або навіть елементів каркасу. Цей метод забезпечує високу точність, мінімізацію матеріальних втрат і можливість отримання легких структур з оптимальною механічною міцністю.

Застосування аддитивних технологій дозволяє скоротити час розробки та виготовлення деталей, випробувати різні конструктивні варіанти і адаптувати компоненти під конкретні вимоги без значного збільшення виробничих витрат. Це особливо актуально для преміальних, спортивних і концептуальних автомобілів, де важлива не тільки міцність і легкість, а й унікальність форми та дизайну.

Завершальним етапом є поверхнева обробка та захисні покриття. **Фарбування та лакування** надають автомобілю привабливий вигляд і захищають металеві поверхні від корозії. **Гальванічне покриття та антикорозійна обробка** продовжують термін служби елементів кузова, а нанесення плівок і композитних покриттів покращує аеродинаміку та захищає поверхні від подряпин і ультрафіолету.

Сучасні виробничі лінії інтегрують роботизацію та CAD/CAM-технології на всіх етапах виготовлення. Роботи виконують штампування, зварювання та фарбування з високою точністю та повторюваністю, скорочуючи вплив людського фактора. Автоматизація виробництва дозволяє підвищити якість, скоротити цикл виготовлення і зробити процес більш ефективним та передбачуваним.

ДО12. Сучасні тенденції у конструкції кузовів

Сучасна автомобільна промисловість активно впроваджує інновації у конструкцію кузовів, орієнтуючись на зменшення маси, підвищення безпеки, покращення аеродинаміки, комфорт та екологічність. Розвиток технологій і зміна потреб споживачів формують нові тенденції у матеріалах, формах і способах виготовлення кузовів.

Використання легких матеріалів і комбінованих конструкцій є одним із ключових напрямів. Алюміній, магнієві сплави, композити та карбон дозволяють значно знизити масу кузова без втрати жорсткості та міцності. Комбіновані конструкції, що поєднують металевий каркас, композитні панелі та пластикові елементи, забезпечують оптимальне співвідношення жорсткість/маса/безпека. Зменшення маси кузова підвищує динамічні характеристики автомобіля, економічність і знижує витрати палива або електроенергії.

Аеродинамічні та обтічні форми кузова дозволяють зменшити опір повітря та покращити стабільність автомобіля на високих швидкостях. Використовуються активні аеродинамічні елементи — спойлери, дифузори, жалюзі на повітрозабірниках, які змінюють положення залежно від швидкості. Оптимізація форм кузова також зменшує турбулентність, шум і підвищує ефективність витрат енергії.

Безпека пасажирів залишається пріоритетом при проектуванні кузова. Інтеграція зонованих деформаційних елементів, посиленних каркасів дверей та місць кріплення подушок безпеки та ременів дозволяє ефективно поглинати ударну енергію при аваріях. Використання високоякісних сталевих сплавів і композитів підвищує міцність кузова та захист пасажирів.

Модульність і стандартизація конструкцій дають можливість використовувати одні й ті самі елементи на різних моделях автомобілів. Це зменшує виробничі витрати, прискорює випуск нових моделей та спрощує обслуговування.

Інтеграція з електрифікацією також впливає на конструкцію кузова. Електромобілі потребують особливого розташування батарей під підлогою, що зміщує центр мас і впливає на керованість та стійкість. Використання легких матеріалів у цьому випадку стає критично важливим для збільшення запасу ходу.

Сучасні кузова все частіше містять композитні панелі та елементи, виготовлені за допомогою 3D-друку. Це дозволяє зменшити масу, підвищити міцність та поліпшити аеродинамічні характеристики. 3D-друк використовується для виробництва складних або індивідуальних деталей, особливо у преміум- і спортивних автомобілях.

Екологічність та вторинне використання матеріалів стають невід'ємною частиною сучасного виробництва. Використання перероблених алюмінію, пластиків та композитів, а також розробка кузовів, які легко розбираються для повторної переробки, дозволяють знизити викиди CO₂ на етапі виробництва та підвищити загальну енергоефективність автомобіля.

Сучасні тенденції у конструкції кузовів спрямовані на зменшення маси, покращення аеродинаміки, підвищення безпеки, інтеграцію з електрифікацією, екологічність та енергоефективність, а також на модульність і стандартизацію. В результаті сучасні кузова стають легшими, більш безпечними, економічними та функціональними, одночасно відповідаючи вимогам дизайну та комфорту пасажирів.

ДО13. Аеродинамічна оптимізація форми кузова

Форма кузова автомобіля визначає не лише його зовнішній вигляд, а й ефективність руху, стабільність, керованість і витрату енергії. Аеродинамічна оптимізація кузова полягає у створенні такої форми, щоб повітря обтікало автомобіль максимально плавно, без завихрень і турбулентності. Це зменшує опір повітря, покращує стабільність на високих швидкостях, підвищує керованість і знижує витрату палива або електроенергії.

Передня частина кузова, включно з бампером і капотом, формує напрямки повітряних потоків, спрямовуючи їх вгору та в сторони і мінімізуючи утворення вихрових зон. Задня частина, навпаки, звужується або має нахил, щоб «розривати» турбулентність і зменшувати підйомну силу. Для стабілізації потоків застосовують спойлери, дифузори та активні елементи, що змінюють своє положення залежно від швидкості, наприклад піднімаються на

трасі для збільшення притискної сили або закривають жалюзі на повітрязабірниках при низьких швидкостях.

Не менш важливу роль відіграє днище та підлога кузова. Їхня обтічна конструкція дозволяє повітрю проходити під автомобілем без зайвої турбулентності, що знижує шум і підвищує стійкість. Внутрішні елементи — пороги, ребра жорсткості, підсилювачі — не лише зміцнюють кузов, а й формують повітряні потоки всередині і під автомобілем, оптимізуючи розподіл навантажень та впливаючи на стабільність.

Для оцінки аеродинамічних властивостей застосовують комплексні методи. У вітрових тунелях випробовують моделі або прототипи автомобілів, спостерігаючи за поведінкою потоків, вимірюючи силу опору та підйомну силу. Комп'ютерне моделювання (CFD) дозволяє аналізувати поведінку повітря навколо кузова в деталях, оцінювати ефект різних конструктивних рішень і перевіряти нові форми без виготовлення фізичних прототипів. Дорожні випробування демонструють реальну поведінку автомобіля на трасі з урахуванням швидкості, поривів вітру та умов дорожнього покриття.

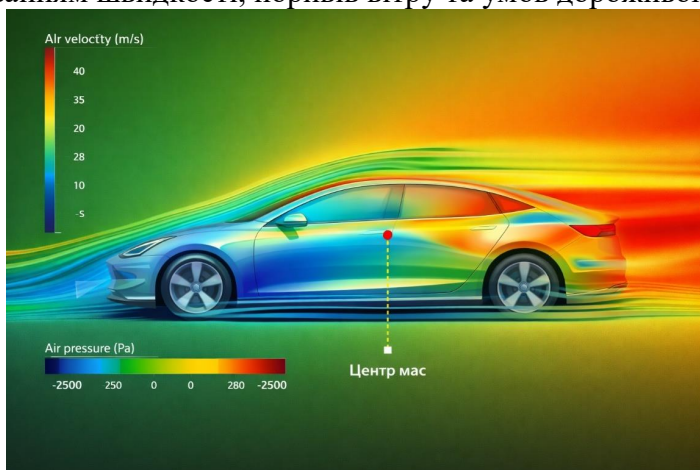


Рисунок 13 - Комп'ютерне моделювання аеродинаміки кузова (CFD)

Особливу увагу приділяють дрібним елементам: дзеркалам, ручкам дверей, решітці радіатора та іншим виступаючим частинам. Їх форма і розташування ретельно продумуються, оскільки навіть невеликі завихрення можуть збільшувати опір. У сучасних автомобілях часто використовують активні елементи, що адаптуються до швидкості та умов руху, забезпечуючи оптимальну аеродинаміку без втрати естетики.

Таким чином, аеродинаміка кузова — це поєднання науки, інженерії та дизайну. Кожна деталь, від даху до спойлера, працює на те, щоб автомобіль рухався легше, тихіше та стабільніше. Раціональна інтеграція аеродинамічних принципів із конструктивними рішеннями забезпечує економічність, безпеку та комфорт у реальних умовах експлуатації.

ДО14. Вплив конструкції кузова на стійкість та керуваність автомобіля

Конструкція кузова безпосередньо впливає на динамічні характеристики автомобіля, зокрема на стійкість, керуваність та безпеку. При русі транспортного засобу на кузов діють різні сили: вага автомобіля, інерційні сили під час прискорення, гальмування та поворотів, а також аеродинамічні навантаження. Раціональне проектування кузова дозволяє оптимально розподілити ці сили, мінімізувати крени, коливання та ризик втрати контролю.

Стойкість автомобіля визначається геометрією кузова, розташуванням маси і центру ваги. **Низький центр мас** зменшує момент перекидання при проходженні поворотів, підвищує стійкість і покращує реакцію на рульові команди. Наприклад, спортивні автомобілі з двигуном низько розташованим у передньому або середньому відсіку демонструють мінімальні крени і швидке повернення до рівноваги після маневру. На противагу цьому, високі кузови SUV або мікроавтобусів мають більший центр масу, що потребує застосування стабілізаторів поперечної стійкості та посиленних підвісок для зниження ризику перекидання.



Рисунок 14 – Порівняння розташування центра мас у легкового автомобіля та SUV

Жорсткість кузова безпосередньо впливає на точність керування. При недостатній жорсткості кузов деформується під впливом навантажень, виникає скручування та прогин, що призводить до неефективного спрацювання підвіски, зростання кренів та «розгойдування» на нерівностях. Використання **ребер жорсткості, підсилювачів підлоги та каркаса**, а також застосування високоякісних сталевих сплавів, алюмінієвих та композитних матеріалів дозволяє підвищити торсійну жорсткість кузова і забезпечити точну передачу рухів підвіски і керма на дорогу. Згідно з теорією автомобіля, підвищення жорсткості кузова навіть на 20–30% може зменшити крени при проходженні поворотів на 10–15%, що істотно підвищує керованість.

Аеродинамічні фактори також критично впливають на стійкість та керованість. На високих швидкостях виникає підйомна сила, яка зменшує притиск автомобіля до дороги, знижуючи зчеплення коліс. **Спойлери, дифузори та активні аеродинамічні елементи** генерують додаткову притискну силу, яка компенсує підйомну і стабілізує автомобіль при проходженні поворотів або при різких маневрах. Оптимальна форма днища, обтічні пороги та спеціальні канали для повітряного потоку зменшують турбулентність та сприяють більш рівномірному розподілу сил на підвіску і колеса.

Розподіл маси кузова і агрегатів визначає моменти інерції автомобіля. Згідно з основами теорії автомобіля, **момент інерції щодо вертикальної осі** впливає на кутову швидкість повороту: низький і рівномірний розподіл маси зменшує перекидання та полегшує контроль під час маневрування. Переднє і заднє навантаження на осі визначає тип керованості: надмірне переднє навантаження збільшує тенденцію до недостатньої поворотності (недостійка керованість), а заднє — до надмірної поворотності (заднє заносне зчеплення).

Конструкція дверей, порогів, підсилювачів і днища також впливає на динаміку руху. Вони не лише забезпечують безпеку при бічних ударах, але й формують додаткову жорсткість і оптимізують розподіл навантажень на кузов. Елементи підлоги та днища з обтічною формою мінімізують турбулентність повітря, зменшують шум і підвищують ефективність підвіски при проходженні нерівностей.

Таким чином, **конструкція кузова є ключовим чинником динамічної стійкості і керованості автомобіля**. Оптимальна комбінація низького центра мас, високої торсійної жорсткості, правильної геометрії та інтегрованих аеродинамічних рішень забезпечує стабільний рух на дорозі, точну реакцію на кермо, ефективне гальмування та комфорт водіння у різних умовах. Сучасні технології дозволяють проектувати кузови таким чином, щоб безпека, керованість та енергоефективність були максимально збалансовані.

ДО15. Використання аеродинамічних елементів

Аеродинамічні елементи кузова — це спеціально спроектовані деталі, які керують потоками повітря навколо автомобіля, формують притискну силу, зменшують опір руху та покращують динамічні характеристики. Вони дозволяють автомобілю рухатися ефективніше, стабільніше і безпечніше, одночасно знижуючи витрату палива або електроенергії та підвищуючи комфорт пасажирів.



Рисунок 15 – Формування повітряних потоків навколо кузова автомобіля

Спойлери є одними з найпоширеніших аеродинамічних елементів. Вони змінюють напрямок повітряного потоку, зменшуючи підйомну силу на задній осі та додаючи притискної сили, що підвищує стійкість автомобіля на високих швидкостях і при проходженні поворотів.

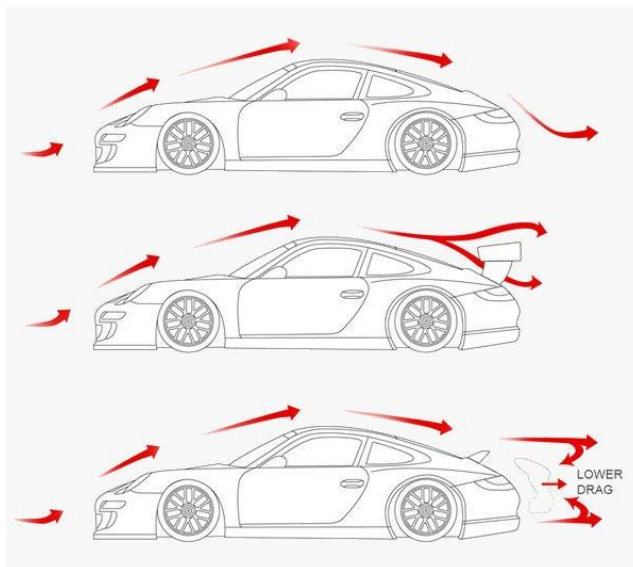


Рисунок 16 – Вплив спойлера на напрямок повітряного потоку

Сучасні спойлери можуть бути активними, змінюючи положення залежно від швидкості або умов руху: піднімаються на трасі для стабілізації і опускаються в міському циклі, щоб знизити опір повітря.



Рисунок17 – Автомобільний спойлер

Дифузори, розташовані в задній частині днища, прискорюють потік повітря під кузовом, зменшуючи тиск і, відповідно, підйомну силу. Це забезпечує додаткову притискну силу і стабільність на швидкості, а також оптимізує проходження повітря навколо задньої частини, зменшуючи вихрові зони і турбулентність. Передні повітрязабірники та жалюзі на решітці радіатора виконують подвійну функцію: вони забезпечують подачу повітря до двигуна та систем охолодження і водночас зменшують аеродинамічний опір, відкриваючись тільки при необхідності.

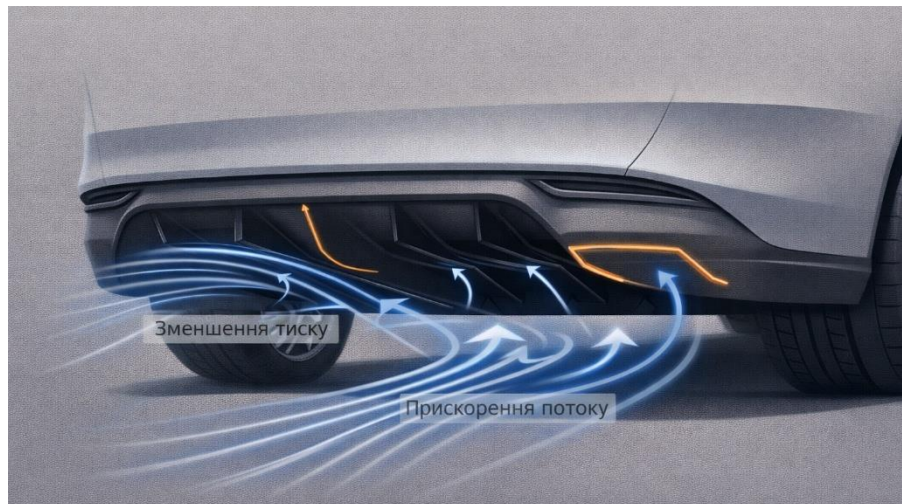


Рисунок 18 – Принцип роботи заднього дифузора

Днище та підлога кузова відіграють ключову роль у формуванні аеродинаміки автомобіля. Обтічне оформлення днища дозволяє повітрю проходити під автомобілем без створення зайвої турбулентності, зменшуючи підйомну силу і покращуючи стійкість. Ребра жорсткості та підсилювачі внутрішньої структури кузова одночасно виконують конструктивну та аеродинамічну функцію, спрямовуючи повітряні потоки та забезпечуючи рівномірний розподіл навантажень.

Колісні дефлектори та накладки на пороги допомагають оптимізувати потік повітря навколо коліс та днища, зменшуючи турбулентність і покращуючи притискову силу. Активні системи, що застосовуються у сучасних спортивних та преміальних автомобілях, автоматично змінюють положення спойлерів, дифузоров і жалюзі залежно від швидкості та режиму руху, забезпечуючи оптимальне поєднання притискової сили та мінімального опору, що одночасно покращує динаміку, стабільність і економічність.

Впровадження аеродинамічних елементів дозволяє не лише підвищити стійкість та керованість автомобіля на високих швидкостях, а й знизити шум та турбулентність, поліпшити комфорт пасажирів і оптимізувати охолодження агрегатів, таких як двигун і гальмівна система. Кожна деталь, від спойлера до днища, працює на те, щоб автомобіль рухався більш ефективно, стабільно та передбачувано, а раціональна інтеграція аеродинамічних принципів із конструкцією кузова забезпечує баланс між динамікою, безпекою, комфортом і економічністю.

ДО16. Екологічний аспект аеродинаміки автомобіля

Аеродинаміка автомобіля відіграє ключову роль у зменшенні його екологічного впливу. Зниження опору повітря безпосередньо впливає на витрату палива або електроенергії, що дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин у атмосферу. Чим плавніше й обтічніше формується потік повітря навколо кузова, тим менше енергії потрібно для підтримки заданої швидкості, а це безпосередньо знижує екологічне навантаження на довкілля.

Раціональна форма кузова та правильно інтегровані аеродинамічні елементи дозволяють оптимізувати рух повітря навколо автомобіля, знижуючи лобовий опір і мінімізуючи турбулентність. Спойлери, дифузори, активні жалюзі та обтічне днище не тільки підвищують стабільність і керованість, але й зменшують енергетичні втрати, що особливо важливо для електромобілів, де кожна кіловат-година впливає на запас ходу.

Використання легких матеріалів, таких як алюміній, карбон і композити, є додатковим чинником екологічної оптимізації. Зменшення маси автомобіля дозволяє знизити потребу в енергії для руху, що веде до економії палива в автомобілях з ДВЗ і підвищення ефективності електромобілів. Разом із аеродинамічною оптимізацією це дозволяє суттєво зменшити викиди CO₂ та інших шкідливих газів.

Крім того, обтічність і контроль потоків повітря знижують аеродинамічний шум, що покращує акустичну екологію у містах і житлових районах. Таким чином, сучасна аеродинаміка не лише покращує динамічні та експлуатаційні характеристики автомобіля, а й є важливим інструментом екологічної безпеки, забезпечуючи економію енергії, зниження шкідливих викидів і підвищення комфорту пасажирів. В результаті автомобіль стає більш сучасним, ефективним і дружнім до довкілля.

ДО17. Новітні концепції дизайну кузова

Сучасний дизайн автомобільного кузова — це поєднання **естетики, функціональності та технологічності**. Новітні концепції орієнтовані не лише на зовнішній вигляд, а й на **аеродинамічну ефективність, безпеку, економічність і екологічність**.

Сучасний дизайн автомобільного кузова все більше черпає натхнення з природи, впроваджуючи **біонічні форми**, які поєднують естетику та функціональність. Біоніка дозволяє створювати плавні, обтічні поверхні, що мінімізують опір повітря та покращують аеродинамічні характеристики автомобіля. Натхнення береться з форм тварин і рослин, де кожна структура оптимізована для руху або витривалості.

Наприклад, форми суперкарів часто нагадують обтічні контури швидкої риби або крила птаха, що дозволяє ефективніше «розрізати» потоки повітря на високих швидкостях, знижуючи турбулентність і підвищуючи стійкість. В електромобілях, таких як Tesla Model S або Lucid Air, плавні біонічні контури кузова допомагають досягти низького коефіцієнта лобового опору ($C_x \approx 0,21-0,24$), що безпосередньо підвищує запас ходу на одній зарядці батареї.



Рисунок 19 – Біонічні форми в дизайні автомобіля і природі

Разом із біонікою активно застосовується концепція **мінімалізму та функціональності**. Сучасні автомобілі позбавляються зайвих декоративних елементів, залишаючи лише ті деталі, які реально впливають на аеродинаміку, безпеку та комфорт пасажирів. Це дозволяє зменшити масу автомобіля, спростити виробництво і обслуговування, підвищити ергономіку салону та оптимізувати використання внутрішнього простору.

Наприклад, дизайн сучасних кросоверів і седанів характеризується гладкими бічними панелями, прихованими ручками дверей і інтегрованими спойлерами, що одночасно покращує обтічність і надає автомобілю сучасного технологічного вигляду.



Рисунок 20 – Мінімалістичний дизайн: плавні поверхні, приховані елементи, функціональна естетика

Поєднання **біонічних форм і мінімалістичного дизайну** дозволяє досягти високої ефективності руху, зменшення витрат енергії, підвищення комфорту і безпеки, а також створення сучасного впізнаваного стилю. Такі автомобілі органічно поєднують технології та естетику, відповідаючи сучасним вимогам до економічності, екологічності та аеродинаміки.

Завдяки такому підходу, сучасні кузови стають не лише привабливими зовні, а й технологічно досконалими: вони підвищують енергоефективність, безпеку, комфорт і зменшують вплив на навколишнє середовище.

8. Вплив електрифікації транспорту на аеродинамічні рішення

Електрифікація транспорту суттєво змінює підходи до проектування автомобільного кузова. Електромобілі (EV) та гібриди мають специфічні особливості, які визначають як конструкцію, так і аеродинаміку. Одним із ключових факторів є маса та розташування батарей великої ємності, що безпосередньо впливає на центр мас і стійкість автомобіля.

Батареї зазвичай розміщують у днищі, формуючи своєрідний «плоский блок» під підлогою. Це знижує центр мас, підвищує стійкість при проходженні поворотів і різкому гальмуванні, а також стабілізує автомобіль при прискоренні. Водночас такий підхід вимагає оптимізації днища: його обтічна форма, додаткові дифузори та спеціальні панелі дозволяють повітрю проходити під кузовом без зайвого опору, зменшують турбулентність і підвищують ефективність руху.



Рисунок 21 – Розташування батарей і оптимізація днища для ефективної аеродинаміки.

Передня частина електромобілів значно відрізняється від класичних автомобілів із ДВЗ. Відсутність великого двигуна та потреби у великих повітрязабірниках дозволяє зробити фронт більш гладким і обтічним. Це зменшує лобовий опір, підвищує енергоефективність і збільшує запас ходу на одній зарядці батареї. Наприклад, у Tesla Model S та Mercedes EQS передній бампер і решітка радіатора виконані максимально гладкими, з інтегрованими активними жалюзі для регулювання потоку повітря.



Рисунок 22 – Гладкий передній профіль електромобіля з активними елементами

Активні аеродинамічні елементи набувають особливої важливості для електромобілів. Спойлери, дифузори та жалюзі на повітрязабірниках змінюють положення залежно від швидкості та умов руху, оптимізуючи баланс між зменшенням опору і підвищенням притискної сили. Це дозволяє зберігати ефективність, стабільність та керованість навіть на високих швидкостях, одночасно покращуючи запас ходу.

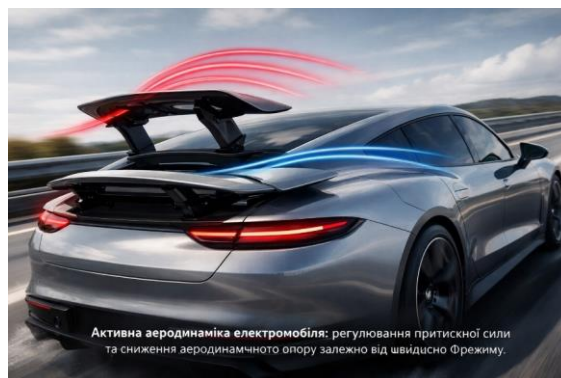


Рисунок 23 – Активна аеродинаміка електромобіля: оптимізація притискної сили та зменшення опору

Таким чином, електрифікація змушує конструкторів переглядати традиційні аеродинамічні рішення. Гладкі обтічні форми кузова, оптимізоване днище та активні аеродинамічні елементи стають ключовими для економії енергії, підвищення ефективності руху та комфорту. Аеродинаміка електромобіля сьогодні є одним із головних факторів, що

визначає запас ходу, стійкість, керованість та загальну ефективність сучасного транспортного засобу.

ДО19. Інноваційні матеріали та технології у виробництві кузовів

Сучасні автомобілі виготовляють із матеріалів, які поєднують легкість, міцність та стійкість до корозії, водночас дозволяючи створювати обтічні форми кузова для покращення аеродинаміки. Використання інноваційних матеріалів і технологій безпосередньо впливає на економічність, безпеку та екологічність автомобіля, формуючи сучасні тенденції у дизайні та конструюванні.

Алюмінієві сплави використовуються для виготовлення панелей, каркасних елементів і капотів. Вони поєднують високу міцність із низькою масою, що дозволяє зменшити загальну вагу автомобіля, покращити динамічні характеристики, підвищити економічність та збільшити запас ходу електромобілів. Наприклад, у багатьох преміальних моделях Tesla, Audi та Jaguar алюмінієві деталі становлять більшу частину кузова.



Рисунок 24 – Використання алюмінієвих сплавів у сучасних автомобілях

Композитні матеріали та карбон дозволяють створювати надміцні й водночас легкі панелі, здатні формувати складні обтічні форми. Це оптимізує аеродинаміку, зменшує турбулентність та підвищує ефективність руху. Карбонові елементи застосовуються у спортивних автомобілях і преміальних EV для дахів, капотів, спойлерів та дифузорів, забезпечуючи максимальну жорсткість при мінімальній масі.



Рисунок 25 – Капот Mansoru (натуральний карбон) для Maserati Levante

Високоміцна сталь використовується для зон, критично важливих для безпеки пасажирів, таких як силові каркаси дверей, передня та задня частини кузова. Поєднання сталі з легкими матеріалами дозволяє досягти оптимальної жорсткості кузова та високого рівня захисту при ударі.

Полімери та інженерні пластики знаходять застосування у виробництві бамперів, молдингів, спойлерів, дифузорів та деяких внутрішніх деталей. Вони легкі, стійкі до корозії та дозволяють створювати складні форми, що важливо для обтічності і зменшення шуму.

Сучасні технології виробництва кузовів включають пресування та формування складних деталей із алюмінію і сталі, ламінацію композитних матеріалів із високою точністю форми, 3D-друк і адитивні технології для прототипування та виготовлення складних елементів. Лазерне зварювання та роботизовані лінії складання забезпечують високу точність, повторюваність і стабільну якість виробництва.

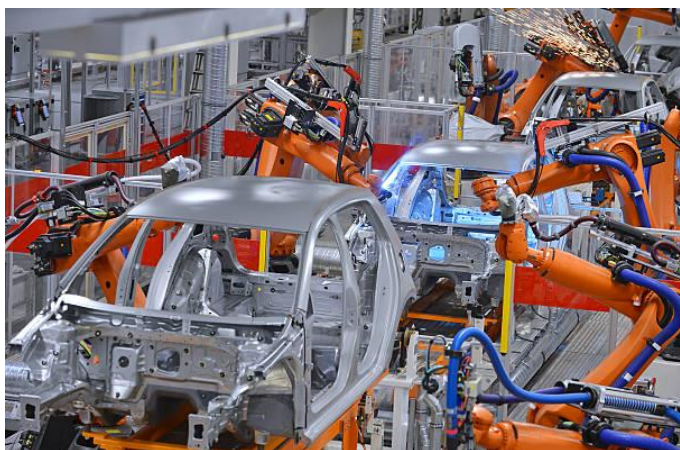


Рисунок 26 – Сучасні технології виробництва кузовів: автоматизація і точність

Використання таких матеріалів і технологій дозволяє не лише зменшити масу автомобіля, а й підвищити аеродинамічну ефективність, стійкість, безпеку та довговічність конструкції. Легкі матеріали та точне складання зменшують витрати палива і електроенергії, а також скорочують шкідливі викиди, що відповідає сучасним вимогам екологічності.

Таким чином, інноваційні матеріали та передові технології є ключовими елементами розвитку сучасного автомобільного дизайну та конструкції кузова, забезпечуючи оптимальне поєднання легкості, міцності, ефективності та екологічності.

ДО20. Автомобілі майбутнього: автономні транспортні засоби та їх аеродинаміка

Автомобілі майбутнього розглядають як автономні транспортні засоби, здатні рухатися без участі водія. Така трансформація впливає не лише на системи керування і безпеки, а й на конструкцію кузова, його форми та аеродинамічні характеристики.

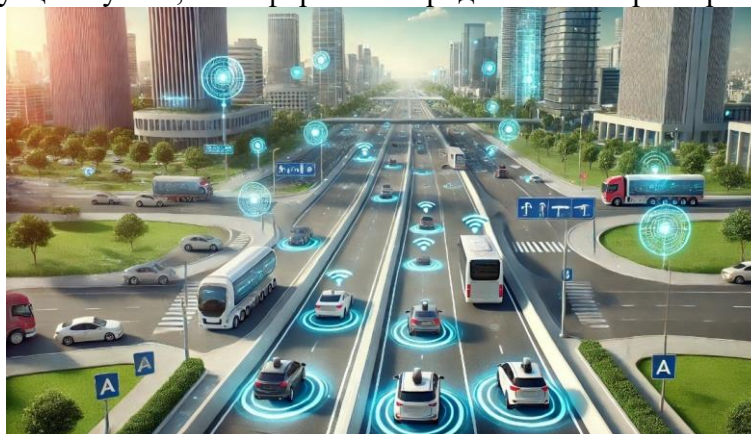


Рисунок 27 – Автомобілі майбутнього: автономні системи керування

Однією з ключових особливостей автономних автомобілів є відсутність традиційних елементів керування: кермо, педалі та прилади можна або перерозмістити, або зробити менш

масивними. Це надає конструкторам більше свободи у формуванні кузова, дозволяючи створювати плавні, гладкі та обтічні форми, що зменшують опір повітря та турбулентність, особливо на високих швидкостях.

Електрифікація і автономність тісно взаємопов'язані. Батареї великої ємності розташовуються в днищі, що знижує центр маси і підвищує стійкість, а сенсори, камери та LiDAR інтегруються в кузов так, щоб не порушувати обтічність. Це дозволяє зменшити енергоспоживання, підвищити запас ходу електромобіля та забезпечити більш плавний і стабільний рух на трасі.

Автономні автомобілі часто мають низький центр маси, плавні лінії даху та задньої частини, закриті колісні арки і інтегровані аеродинамічні елементи. Активні системи аеродинаміки, такі як спойлери і дифузори, здатні автоматично змінювати положення залежно від швидкості та умов руху, оптимізуючи баланс між зменшенням опору повітря і підвищенням притискної сили.

Дизайн автономних транспортних засобів також орієнтований на комфорт пасажирів і безпеку. Гладкі бічні панелі та оптимізовані форми салону зменшують турбулентність і шум, створюючи більш комфортні умови для пасажирів. Аеродинамічно оформлене днище і плавні переходи між елементами кузова забезпечують стабільність руху, покращуючи керованість і передбачуваність автомобіля на різних швидкостях.



Рисунок 28 – Інтеграція сенсорів і обтічні форми для автономного руху



Рисунок 29 – Активні елементи і оптимізація форм у автономних електромобілях

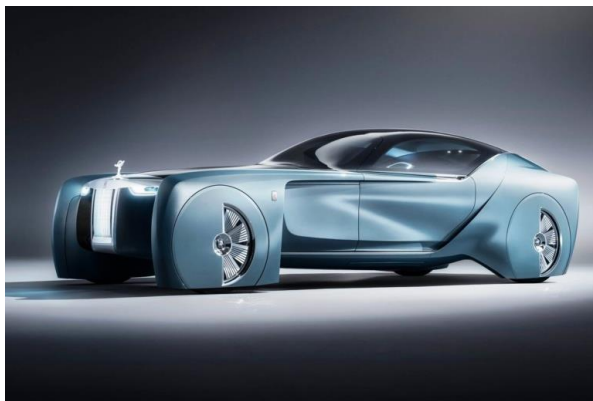


Рисунок 30 – Концепт-кар Rolls-Royce 103EX

Таким чином, аеродинаміка автономних автомобілів — це поєднання обтічних форм, інтегрованих сенсорів і активних елементів, що забезпечує максимальну енергоефективність, стійкість і комфорт. Вона стає невід’ємною частиною концепції майбутнього транспорту, де автомобіль перетворюється на високотехнологічну платформу для автономного, безпечного та екологічного пересування.

ДОДАТОК Б (обов'язковий)

Додатковий та пояснювальний тексти навчального посібника

Таблиця Б.1 – Додаткові та пояснювальні тексти посібника «Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Назва дидактичної одиниці	Додаткові і пояснювальні тексти
1	2
<p>Основні поняття та закони аеродинаміки</p>	<p style="text-align: center;">Пояснювальний текст</p> <p>«Чому повітря вважається робочим середовищем?»</p> <p>У аеродинаміці повітря розглядають не як «порожній простір», а як фізичне середовище, що має масу, густину, тиск і здатність передавати сили. Під час руху автомобіля повітря чинить опір, створює підйомну або притискну силу та впливає на стабільність транспортного засобу. Саме тому при високих швидкостях аеродинамічні сили можуть бути співрозмірними з вагою автомобіля.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Додатковий текст</p> <p>«Аеродинаміка автомобіля і гідродинаміка: спільні принципи»</p> <p>Закони аеродинаміки ґрунтуються на загальних положеннях гідродинаміки — науки про рух рідин і газів. Повітря, як і рідина, може текти ламінарно або турбулентно, створювати зони підвищеного та зниженого тиску, формувати вихори. Тому багато понять аеродинаміки автомобіля аналогічні тим, що застосовуються в суднобудуванні та авіації.</p>
<p>Обтікання тіла повітряним потоком</p>	<p style="text-align: center;">Пояснювальний текст</p> <p>«Чому форма кузова така важлива?»</p> <p>Якщо порівняти рух автомобіля з рухом човна у воді, то стане зрозуміло, що форма корпусу безпосередньо впливає на легкість руху. Квадратний або різко обірваний кузов «розштовхує» повітря, створюючи великі завихрення, тоді як обтічна форма дозволяє повітрю плавно огинати автомобіль. Саме тому сучасні легкові автомобілі мають згладжені лінії, похилі лобові скла і звужену задню частину.</p> <hr/> <p>Додатковий текст: прикордонний шар простими словами</p> <p>Прикордонний шар — це своєрідна «повітряна плівка», що ковзає вздовж поверхні кузова. У цьому шарі повітря ніби «чіпляється» за метал або пластик, поступово набираючи швидкість. Від того, наскільки стабільно прикордонний шар утримується на поверхні, залежить, чи виникнуть завихрення позаду автомобіля. Інженери навмисно керують станом прикордонного шару, використовуючи невеликі ребра, канавки або спеціальні аеродинамічні елементи.</p>

Продовження таблиці Б1

1	2
	<p>Пояснювальний текст</p> <p>Ламінарний потік можна уявити як рівні шари повітря, що рухаються паралельно один одному. Він створює менший опір, але легко порушується. Турбулентний потік, навпаки, має вихори і перемішування, проте краще «тримається» за поверхню кузова. У практиці автомобілебудування часто допускають керовану турбулентність, якщо це допомагає зменшити відрив потоку в задній частині автомобіля.</p> <hr/> <p>Додатковий текст: роль задньої частини кузова</p> <p>Найбільші аеродинамічні втрати виникають не спереду, а позаду автомобіля. Саме тут формується зона зниженого тиску, яка ніби «тягне» автомобіль назад. Плавний спад даху, похиле заднє скло або правильно сформована кришка багажника дозволяють зменшити розміри цієї вихрової зони і, відповідно, знизити аеродинамічний опір.</p>
<p>Опір повітря та його складові</p>	<p>Пояснювальна вставка: «Які сили відчуває автомобіль у повітрі?»</p> <p>Під час руху автомобіль взаємодіє з повітрям так само, як літак — тільки з протилежною метою. Якщо для літака важливо створити підйомну силу, то для автомобіля — навпаки, зменшити її або перетворити на притискну. Кожен рух автомобіля супроводжується дією комплексу аеродинамічних сил, які впливають на швидкість, витрату палива, стійкість і безпеку.</p> <hr/> <p>Додатковий текст: сила аеродинамічного опору</p> <p>Основною силою, що протидіє руху автомобіля, є сила аеродинамічного опору. Вона зростає пропорційно квадрату швидкості, тому на високих швидкостях саме опір повітря, а не опір коченню, стає головним фактором втрати енергії. Це означає, що навіть незначне покращення форми кузова може суттєво знизити витрату палива або збільшити запас ходу електромобіля.</p> <hr/> <p>Додатковий текст: підйомна і притискна сила</p> <p>Під час руху повітря обтікає кузов нерівномірно, створюючи різницю тиску над і під автомобілем. Якщо тиск під кузовом більший, виникає підйомна сила, яка зменшує навантаження на колеса і погіршує зчеплення з дорогою. Щоб цього уникнути, у конструкції кузова застосовують дифузори, спойлери та обтічне днище, які формують притискну силу і «притискають» автомобіль до дороги.</p> <hr/> <p>Пояснювальна вставка: чому підйомна сила небезпечна</p> <p>На високих швидкостях навіть невелика підйомна сила може призвести до втрати курсової стійкості, особливо під час маневрування або поривів бокового вітру. Саме тому спортивні автомобілі мають розвинену аеродинаміку, а серійні моделі — приховані елементи, що стабілізують потоки повітря.</p> <hr/> <p>Додатковий текст: бокова аеродинамічна сила</p> <p>Окрім лобового опору і вертикальних сил, на автомобіль діє бокова</p>

Продовження таблиці Б1

1	2
	аеродинамічна сила, особливо під час руху при сильному вітрі. Високі автомобілі з великою площею бокової поверхні більш чутливі до цього впливу. Раціональна форма кузова і згладжені поверхні дозволяють зменшити нестабільність і підвищити безпеку руху.
Підйомна сила та її вплив на стійкість автомобіля	<p>Додатковий текст: механізм виникнення підйомної сили</p> <p>Коли повітря рухається навколо кузова, швидкість потоку над дахом зазвичай вища, ніж під днищем. Згідно із законом Бернуллі, у зоні більшої швидкості тиск зменшується. Якщо тиск під кузовом залишається вищим, виникає підйомна сила, спрямована вгору. Вона зменшує силу притискання коліс до дорожнього покриття, що негативно впливає на зчеплення шин з дорогою.</p> <hr/> <p>Пояснювальна вставка: вплив швидкості руху</p> <p>Підйомна сила різко зростає зі збільшенням швидкості. На малих швидкостях її вплив майже непомітний, але на швидкостях понад 90–120 км/год вона може суттєво змінювати поведінку автомобіля. Саме тому аеродинамічна стабільність є критично важливою для руху по автомагістралях.</p>
Методи аеродинамічного моделювання та випробувань	<p>Пояснювальна вставка: Як це виглядає на практиці? Конструктори створюють тривимірну цифрову модель кузова, після чого програма «проганяє» навколо неї віртуальний повітряний потік. На екрані відображаються карти тиску, швидкостей і турбулентності, за якими можна визначити, у яких місцях опір найбільший і які елементи кузова потребують доопрацювання. Наприклад, незначна зміна кута нахилу заднього скла може бути оцінена за лічені хвилини без виготовлення нового прототипу.</p>
Основні типи кузовів та їх класифікація	<p>Додатковий текст: Перші автомобільні кузова практично повністю повторювали форму кінних екіпажів, тому не враховували аеродинаміку. Лише у 1920–1930-х роках інженери почали звертати увагу на вплив форми кузова на швидкість і витрату палива. Саме тоді з'явилися перші обтічні седани з похилим лобовим склом і закритими крилами.</p> <p>Цікавим фактом є те, що коефіцієнт аеродинамічного опору різних типів кузовів може суттєво відрізнитися. Наприклад, класичний седан зазвичай має менший опір повітря, ніж універсал або позашляховик, через більш плавний перехід повітряного потоку в задній частині кузова. Саме тому багато сучасних кросоверів зовні нагадують купе — це не лише дизайнерський хід, а й спосіб покращити аеродинаміку.</p> <p>У сучасному автомобілебудуванні межі між типами кузовів поступово стираються. З'являються так звані кросовери, фастбеки та SUV-купе, які поєднують риси одразу кількох класичних типів. Така тенденція пояснюється прагненням поєднати комфорт, місткість і аеродинамічну ефективність в одному автомобілі.</p>
Матеріали для виготовлення кузовів (метали, композити, пластики)	<p>Додатковий текст: Композитні матеріали, такі як склопластик і карбон, спочатку застосовувалися лише в авіації та спорткаробудуванні. Цікаво, що кузов суперкара Ferrari LaFerrari на 40% складається з карбонових елементів, що зменшує масу і одночасно підвищує жорсткість.</p>

Продовження таблиці Б1

1	2
<p>Технології виготовлення кузовів</p>	<p>Додатковий текст: Листова штамповка, яка використовується для виготовлення дверей, капотів і даху, має історію понад 100 років. Цікаво, що на заводах преміум-класу один і той самий штамп може відтворювати панелі з точністю до 0,1 мм, що забезпечує ідеальну підгонку деталей кузова.</p> <hr/> <p>Додатковий текст: Зварювання є одним із ключових методів з'єднання елементів кузова, і його види визначаються матеріалом і призначенням деталі. Точкове зварювання застосовується найчастіше для з'єднання листового металу, наприклад, при складанні дверей або капотів. На сучасних заводах один автомобіль може мати понад 5000 точкових з'єднань, виконаних роботами з точністю до міліметра.</p> <p>Дугове зварювання використовується для товстих елементів каркаса або рамних частин. Цей метод дозволяє отримати міцні шви навіть у великих площах металу. Цікаво, що у виробництві вантажівок та позашляховиків застосовують дугове зварювання для підсилення порогів і лонжеронів, що забезпечує високу жорсткість і безпеку.</p> <p>Лазерне зварювання — високоточний метод, що дозволяє з'єднувати деталі мінімальної товщини з високою повторюваністю. Його використовують у преміальних автомобілях, таких як Audi або BMW, для створення елементів кузова з ідеально гладкими швами та мінімальною деформацією металу.</p> <p>Фрикційне зварювання застосовується рідше, але воно ефективне для з'єднання алюмінієвих сплавів, що важливо для легких кузовів сучасних електромобілів. Цей метод дозволяє отримати шви високої міцності без використання додаткового матеріалу і з мінімальною термічною деформацією.</p> <hr/> <p>Пояснювальна вставка:</p> <p>Зварювання — основний метод з'єднання елементів каркаса та панелей кузова. Вибір виду зварювання залежить від товщини, матеріалу та функціонального навантаження деталей. Точкове зварювання забезпечує міцність у листових конструкціях та дозволяє роботам автоматично виконувати тисячі точок за короткий час. Дугове зварювання ефективне для товстих металевих елементів, забезпечуючи високу жорсткість конструкції.</p> <p>Лазерне зварювання дозволяє отримати акуратні шви на тонких і декоративних панелях, що важливо для преміальних автомобілів. Фрикційне зварювання застосовується для алюмінієвих сплавів та легких конструкцій, мінімізуючи термічну деформацію.</p>

ДОДАТОК В (обов'язковий)

Анкета для викладачів спеціальних дисциплін

АНКЕТА

для викладачів спеціальних дисциплін
з оцінювання якості навчального посібника

«Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Шановний(а) колего!

Просимо Вас взяти участь в експертному оцінюванні навчального посібника «**Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля**», розробленого для здобувачів професійної освіти за професією 7231 «Слюсар з ремонту колісних транспортних засобів».

Отримані результати будуть використані в узагальненому вигляді з науково-дослідною метою та сприятимуть удосконаленню змісту й методичного апарату посібника.

Будь ласка, оберіть варіант відповіді, який найбільше відповідає Вашій думці, або надайте власний коментар у відкритих запитаннях.

1. Загальна інформація про респондента

1.1. Посада:

- викладач спеціальних дисциплін
- майстер виробничого навчання
- інше (вказіть) _____

1.2. Педагогічний стаж:

- до 5 років
- 5–10 років
- 10–20 років
- понад 20 років

1.3. Дисципліни, які Ви викладаєте:

2. Оцінювання змісту навчального посібника

2.1. Відповідність змісту вимогам стандартів професійної освіти (ДСПТО):

- висока
- достатня
- часткова
- низька

2.2. Актуальність навчального матеріалу для сучасної автомобільної галузі:

- дуже актуальний
- актуальний
- частково актуальний
- неактуальний

2.3. Повнота розкриття тем з аеродинаміки та конструкції кузова:

- повна

- достатня
- часткова
- недостатня

2.4. Рівень науковості та достовірності інформації:

- високий
 - достатній
 - потребує уточнення
-

3. Методична та практична спрямованість

3.1. Практична спрямованість навчального матеріалу (прикладі, аналіз конструкцій, застосування знань):

- висока
- достатня
- недостатня

3.2. Відповідність складності матеріалу рівню підготовки здобувачів освіти:

- відповідає
- частково відповідає
- занадто складний
- занадто спрощений

3.3. Сприяння формуванню професійних компетентностей майбутніх фахівців:

- так
 - частково
 - ні
-

4. Оцінювання структури та методичного апарату

4.1. Чіткість і логічність структури посібника:

- висока
- достатня
- порушена

4.2. Послідовність викладу навчального матеріалу:

- висока
- достатня
- частково порушена

4.3. Якість питань для самоконтролю:

- висока
- достатня
- недостатня

4.4. Якість тестових завдань:

- висока
 - достатня
 - недостатня
-

5. Ілюстративне та мовне оформлення

5.1. Відповідність ілюстрацій змісту навчального матеріалу:

- висока

- достатня
- недостатня

5.2. Якість схем, графіків та рисунків:

- висока
- достатня
- потребує покращення

5.3. Коректність термінології та мовного викладу:

- висока
- достатня
- потребує доопрацювання

6. Загальна оцінка посібника

6.1. Загальна дидактична цінність навчального посібника:

- висока
- достатня
- низька

6.2. Чи рекомендуєте Ви навчальний посібник до використання в освітньому процесі?

- так
- так, за умови доопрацювання
- ні

7. Відкриті запитання

7.1. Які, на Вашу думку, **сильні сторони** навчального посібника?

7.2. Які **аспекти** потребують доопрацювання або вдосконалення?

7.3. Ваші **пропозиції** щодо покращення змісту або методичного апарату:

Дякуємо за участь в анкетуванні!

ДОДАТОК Г (обов'язковий)

Анкета для здобувачів професійної освіти

АНКЕТА

для здобувачів професійної освіти
з оцінювання навчального посібника

«Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»

Шановний(а) здобувачу освіти!

Просимо тебе взяти участь в **анонімному опитуванні**, метою якого є визначення якості та ефективності навчального посібника **«Основи аеродинаміки та конструкційні особливості кузова автомобіля»**.

Анкетування проводиться **виключно з науково-дослідною метою**. Твоя відповідь є конфіденційною та не впливає на оцінювання з дисципліни. Просимо відповідати щиро, обираючи варіант відповіді, який найбільше відповідає твоїй думці.

1. Зрозумілість і доступність навчального матеріалу

1.1. Наскільки зрозуміло подано навчальний матеріал у посібнику?

- дуже зрозуміло
- зрозуміло
- частково зрозуміло
- незрозуміло

1.2. Чи відповідає складність матеріалу твоєму рівню підготовки?

- повністю відповідає
- переважно відповідає
- частково відповідає
- не відповідає

1.3. Чи допомагає посібник краще зрозуміти будову та особливості кузова автомобіля?

- так
- частково
- ні

2. Структура та оформлення посібника

2.1. Чи є логічною та зрозумілою структура посібника?

- так
- частково
- ні

2.2. Чи зручно орієнтуватися в матеріалі (зміст, розділи, підрозділи)?

- зручно
- частково зручно
- незручно

2.3. Чи допомагають ілюстрації (схеми, рисунки, креслення) зрозуміти навчальний матеріал?

- дуже допомагають
- допомагають
- мало допомагають
- не допомагають

3. Додаткові та пояснювальні матеріали

3.1. Чи звертав(ла) ти увагу на додаткові тексти, виділені курсивом та спеціальним позначенням?

- так, регулярно
- іноді
- ні

3.2. Чи були для тебе корисними пояснювальні тексти з роз'ясненням термінів і понять?

- дуже корисні
- корисні
- малокорисні
- не корисні

3.3. Чи допомагають пояснювальні тексти краще зрозуміти складні теми?

- так
- частково
- ні

4. Питання та завдання для самоконтролю

4.1. Чи використовував(ла) ти запитання для самоконтролю після вивчення розділів?

- так
- іноді
- ні

4.2. Чи допомагають ці запитання перевірити рівень засвоєння матеріалу?

- так
- частково
- ні

4.3. Наскільки складними для тебе є запитання для самоконтролю?

- легкі
- середньої складності
- складні

5. Загальна оцінка посібника

5.1. Чи підвищив навчальний посібник твій інтерес до вивчення будови автомобіля?

- так
- частково
- ні

5.2. Чи допомагає посібник підготуватися до практичних занять та контрольних робіт?

- так
- частково
- ні

5.3. Загальна оцінка навчального посібника:

- відмінно
- добре
- задовільно
- незадовільно

6. Відкриті запитання

6.1. Що тобі **найбільше сподобалося** в навчальному посібнику?

6.2. Що, на твою думку, **потрібно покращити або змінити**?

Дякуємо за участь в анкетуванні!