

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Оцінка ергономічних характеристик автомобілів»**

Виконав: студент групи Ат-43сп
спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)
Остап-Любомир САДОВИЙ
(ім'я та прізвище)

Керівник: _____
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.4.048.3

Садовий Остап-Любомир Орестович. Оцінка ергономічних характеристик автомобілів. Кваліфікаційна робота. Львів: Львівський НУВМБ ім. Степана ГЖИЦЬКОГО, 2025. 69 с.

Табл. 16; рис. 8; бібліогр. джерел 31.

Встановлено, що системний підхід до визначення просторових, сенсорних і фізіологічних параметрів забезпечує мінімізацію навантаження на організм водія, зниження рівня втоми й кількості помилок під час керування.

Дослідження легкового автомобіля Volkswagen Golf VII дозволило комплексно оцінити ергономічні характеристики організації робочого місця водія. Проведений аналіз підтвердив відповідність ключових ергономічних показників, таких як досяжність органів керування, поле огляду, температурний режим і рівень шуму, сучасним міжнародним стандартам.

Проведено розрахунок витрат пов'язаних з експлуатацією автомобіля з різним технічним станом системи кондиціонування. Зокрема встановлено, що для підтримання температури в салоні автомобіля + 18С шляхова витрата палива становить приблизно 6,3 л/100 км. Тоді як за зниженого тиску в системі кондиціонування шляхова витрата палива зростає до 6,8 л/100 км, що становить приблизно 25 грн/100 км пробігу.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
РОЗДІЛ 1 Поняття ергономіки в автомобільному транспорті	9
1.1 Загальні поняття в ергономіці.....	9
1.2 Основні ергономічні вимоги до конструкції легкових і вантажних автомобілів.....	10
1.3 Просторові та сенсорні ергономічні показники автомобілів	13
1.4 Методи оцінки ергономічної ефективності в автотранспортних засобах.	15
1.5 Нормативна база та міжнародні стандарти з ергономіки транспортних засобів.....	18
Висновки	21
РОЗДІЛ 2 Аналіз ергономічних рішень в сучасних автомобілях	22
2.1 Аналіз компоновальних схем салону легкових автомобілів	22
2.2 Оцінка ергономіки посадкового місця водія.....	23
2.3 Застосування цифрових технологій і мультимедіа з точки зору ергономіки	25
2.4 Вплив конструкції панелі приладів, органів керування, дисплеїв.....	26
2.5 Приклади порівняльної ергономічної оцінки автомобілів різних класів..	28
2.6 Температурний вплив у салоні та його значення для ергономіки	30
2.7 Шумове навантаження та його вплив на концентрацію і втому водія.....	36
Висновки	39
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	41
3.1 Вибір об'єкта дослідження і характеристика моделі автомобіля	41
3.2 Вимірювання основних параметрів ергономічної зони водія	42
3.3 Аналіз температурного мікроклімату в кабіні автомобіля	45
3.4 Вимірювання рівня шуму в зоні водія при різних режимах руху.....	46
Висновки	48

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	49
4.1 Аналіз потенційних виробничих небезпек	49
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	50
4.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни на ремонтних дільницях.....	51
4.4 Заходи з пожежної безпеки та дії у надзвичайних ситуаціях.....	55
Висновки	59
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	60
5.1 Випробування автомобіля методом вибігу	60
Висновки	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ВСТУП

Сучасний автомобіль є складною технічною системою, в якій важливе значення мають не лише експлуатаційні характеристики, а й умови взаємодії водія з елементами управління. Ергономіка транспортного засобу відіграє ключову роль у формуванні безпечного, ефективного й комфортного середовища для водія, особливо в умовах інтенсивного руху або тривалих поїздок. Від рівня ергономічної відповідності конструкції автомобіля фізіологічним, сенсорним і психічним можливостям людини залежить не лише продуктивність праці водія, але й рівень дорожньої безпеки загалом.

Актуальність теми дослідження визначається необхідністю підвищення ергономічної якості сучасних легкових автомобілів у зв'язку з підвищенням динамічних характеристик, складністю інформаційного поля та необхідністю швидкої реакції оператора на дорожні ситуації. Недостатній рівень ергономіки робочого місця водія призводить до підвищеної втомлюваності, зниження концентрації уваги та виникнення помилок при управлінні транспортним засобом. Особливу увагу слід приділяти просторовим параметрам, положенню органів управління, рівню шуму та температурному режиму в салоні автомобіля.

Метою роботи є комплексна оцінка ергономічних характеристик автомобіля з урахуванням фізіологічних, сенсорних та експлуатаційних вимог до робочого місця водія. Основними завданнями дослідження є аналіз сучасних ергономічних рішень у конструкції легкових автомобілів, експериментальне визначення ергономічних параметрів, оцінка температурного та шумового навантаження, а також розробка пропозицій з удосконалення ергономіки транспортного засобу.

Об'єктом дослідження є легковий автомобіль як комплексна технічна система, а предметом — ергономічні характеристики робочої зони водія, включаючи компонування елементів керування, особливості кліматичного та акустичного мікроклімату, а також інформаційне навантаження.

Методологічною основою дослідження є поєднання аналітичних, експериментальних і нормативно-аналітичних методів оцінки ергономічних властивостей. У роботі використано методику ергономічного аналізу з урахуванням національних та міжнародних стандартів, зокрема ISO 9355, ISO 15005, ДСТУ 2861, а також результати польових вимірювань та комп'ютерного моделювання робочого простору.

Автомобіль як робоче середовище водія повинен забезпечувати оптимальні умови для виконання водієм складного комплексу операцій, особливо в умовах інтенсивного дорожнього руху, високих швидкостей, тривалих переїздів і змін кліматичних зон. Еволюція конструкцій автомобілів супроводжується не лише вдосконаленням систем керування, а й все більшим врахуванням психофізіологічних можливостей людини, що актуалізує проблему ергономічної оцінки.

Зростаюча складність інформаційного поля в зоні водія, поява нових органів керування та дисплейних систем вимагає чіткої організації просторового, візуального й тактильного середовища. Ергономіка дозволяє узгодити конструктивні параметри автомобіля з особливостями сприйняття та фізичних можливостей людини, що особливо важливо з огляду на тривале перебування в замкненому салоні. Умови посадки, доступність органів керування, поле зору, ступінь навантаження на м'язово-опорний апарат, а також температурно-кліматичний і шумовий комфорт – усе це формує основу ефективної взаємодії людина–машина.

Вплив температурного мікроклімату набуває особливого значення в умовах сезонних коливань або тривалих поїздок. Висока температура в салоні сприяє втомі, порушенню терморегуляції організму, зниженню концентрації уваги. Низька температура, навпаки, погіршує точність моторики, знижує сенсорну чутливість та викликає дискомфорт, що негативно позначається на швидкості реакції водія. Таким чином, термокліматична ергономіка повинна розглядатись як критичний елемент системи безпеки.

Шум у салоні автомобіля – один із ключових чинників ергономічного навантаження. Він впливає на нервову систему, викликає передчасну втому, погіршує сприйняття звукової інформації та ускладнює вербальну комунікацію. Хронічне шумове навантаження також може призвести до фізіологічного виснаження і зростання кількості помилок під час керування. Особливо це стосується вантажного і комерційного транспорту, де рівень шуму перевищує оптимальні межі тривалий час [20], [26].

Ще одним важливим аспектом є вібраційний вплив, який передається через сидіння та органи керування. Постійні коливання низької та середньої частоти викликають м'язове напруження, призводять до втоми, знижують точність управління та в окремих випадках спричиняють хронічні порушення опорно-рухового апарату. Вібраційна безпека повинна стати обов'язковим об'єктом при ергономічному проектуванні кабіни автомобіля.

Таким чином, комплексна оцінка ергономічних характеристик транспортного засобу має враховувати не лише геометрію посадкового місця та доступність органів керування, а й умови термошумового та вібраційного середовища. Відповідність цим параметрам дозволяє зменшити фізіологічне навантаження, підвищити керованість, знизити ризик ДТП і забезпечити стійкий комфорт під час тривалої експлуатації автомобіля.

РОЗДІЛ 1 ПОНЯТТЯ ЕРГОНОМІКИ В АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

1.1 Загальні поняття в ергономіці

Ергономіка як науково-прикладна дисципліна вивчає взаємодію людини з технічними, інформаційними та просторовими елементами робочого середовища. В автомобільному транспорті вона охоплює адаптацію конструкції транспортного засобу до анатомічних, фізіологічних та психологічних особливостей водія з метою забезпечення оптимальних умов для керування, зниження втоми й підвищення ефективності роботи оператора. Основне завдання ергономіки – досягнення гармонійного поєднання між можливостями людини та характеристиками машини [3], [26].

У контексті автомобільного середовища ергономіка вивчає просторову організацію кабіни, положення водія, зони досяжності органів керування, характеристики оглядовості та взаємодію з інформаційними системами. Крім цього, враховуються впливи зовнішніх факторів, таких як вібрація, температура, шум, освітлення, мікроклімат салону, які прямо впливають на самопочуття та працездатність водія під час тривалої експлуатації транспортного засобу.

Сучасна ергономіка має міждисциплінарний характер, поєднуючи знання інженерної психології, анатомії, фізіології, біомеханіки, дизайну та комп'ютерного моделювання. У транспортній галузі вона поділяється на декілька ключових напрямів. Фізична ергономіка охоплює аналіз антропометричних даних і конфігурацію посадкового місця. Когнітивна ергономіка фокусується на інтерфейсі між людиною і системами виводу інформації (дисплеї, сигналізація, контрольні панелі). Організаційна ергономіка спрямована на оптимізацію режиму праці та відпочинку, логістичних процесів усередині транспортного підприємства.

Ергономічна ефективність визначається через сукупність кількісних і якісних критеріїв, таких як рівень втоми, частота помилок, зручність

досяжності елементів керування, стабільність пози водія, точність маніпуляцій, реакція на аварійні ситуації. Для її оцінки використовують як об'єктивні методи (біомеханічні вимірювання, візуалізація поля зору, тепловізійний контроль), так і суб'єктивні методики (анкетування, шкали комфорту, психофізіологічне тестування) [3].

У сучасних автомобілях ергономіка стала важливим чинником конкурентоспроможності. Конструктори прагнуть до створення персоналізованого середовища, яке адаптується до індивідуальних потреб водія, зменшує навантаження на опорно-руховий апарат, забезпечує точну реакцію на управлінські впливи та гарантує високий рівень безпеки. Сьогодні ергономіка не є лише комфортом – вона є частиною системи активної та пасивної безпеки транспортного засобу.

1.2 Основні ергономічні вимоги до конструкції легкових і вантажних автомобілів

Визначення ергономічних вимог до конструкції автомобіля є основою для забезпечення безпеки, працездатності та комфорту водія під час експлуатації транспортного засобу. Ергономічна якість визначається не лише дизайном інтер'єру, а й адаптацією простору, органів керування та інформаційного середовища до фізіологічних, сенсорних і психофізіологічних можливостей людини.

Головною ергономічною вимогою є забезпечення зручної та стабільної пози водія з мінімальним енергоспоживанням м'язів опорно-рухового апарату, що досягається оптимальним розміщенням сидіння, керма, педалей, важелів та перемикачів. Для легкових автомобілів характерний нижчий рівень посадки (400–600 мм), що забезпечує швидку посадку і висадку, а також стабільний огляд дороги з низькою втомою м'язів ніг та спини. Вантажні автомобілі мають значно вищу посадку (900–1300 мм), оскільки конструкція кабіни передбачає домінування над дорожньою ситуацією та покращену оглядовість,

але це створює додаткові вимоги до ергономіки підйому, сходинок, а також до налаштування сидіння та рульового колеса [5], [6], [7].

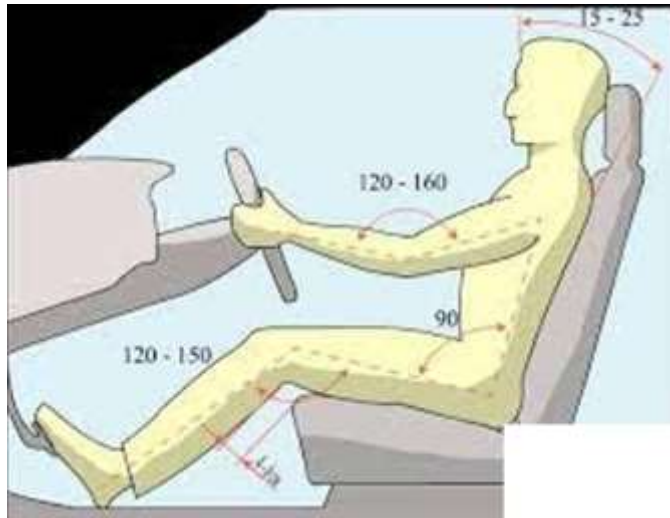


Рисунок 1.1 - Параметри посадки легкових автомобілів

Система органів керування повинна бути розміщена у межах зони легкої досяжності – без необхідності суттєво змінювати положення тіла. В легкових автомобілях це зона 350–450 мм від точки основної посадки. У вантажних автомобілях ця зона розширена через більший простір кабіни, тому органи керування (особливо коробка передач, гальмівні пневмоклапани, блоки приладів) потребують додаткової регулювання або дублювання функцій. В обох випадках важливим є уникнення перевантаження окремих груп м'язів та збереження фізіологічно нейтрального положення хребта і кінцівок.

Ергономічні вимоги до оглядовості диктують висоту розміщення приладової панелі, форму стійок кузова, площу скління та систему зовнішніх дзеркал. В легкових автомобілях ширина оглядового поля не повинна бути меншою за 75° , а площа лобового скла – достатньою для контролю всіх ключових зон дороги. Для вантажних автомобілів питання оглядовості ускладнюється великою висотою кабіни та довжиною габаритів – конструкція потребує розвиненої системи дзеркал заднього виду, іноді з відеокамерами, і точного розташування дисплеїв.

Кліматичні та акустичні вимоги також мають суттєві відмінності. В легкових автомобілях стандартом є автоматизована кліматична система, яка підтримує температуру в діапазоні 21–24°C. Вантажні автомобілі через більший об'єм кабіни та складні умови роботи повинні мати потужні системи вентиляції, підігріву та захисту від перегріву. Рівень шуму в салоні не повинен перевищувати 70 дБА у легкових і 76 дБА у вантажних автомобілях. Перевищення цих меж призводить до зниження уваги, росту втоми, ризику помилок.



Рисунок 1.2 - Джерела шуму легкових автомобілів

Ще одним критично важливим аспектом є захист від вібрацій та динамічних навантажень. У вантажних автомобілях, які експлуатуються на дорогах з поганим покриттям або з великою масою вантажу, ефективна віброзахистна система сидіння та підвіски суттєво впливає на стан здоров'я водія та тривалість його роботи без перерви. В легкових автомобілях акцент робиться на комфорті підвіски і формі сидіння з боковою підтримкою [20], [22], [26].

Дотримання ергономічних вимог підтверджується результатами тестування та комп'ютерного моделювання, а також впровадженням міжнародних стандартів ISO 15005, ISO 6682, ДСТУ 2861. Системна

інтеграція цих норм у конструкцію забезпечує високий рівень безпеки, продуктивності та довготривалий комфорт експлуатації транспортного засобу.

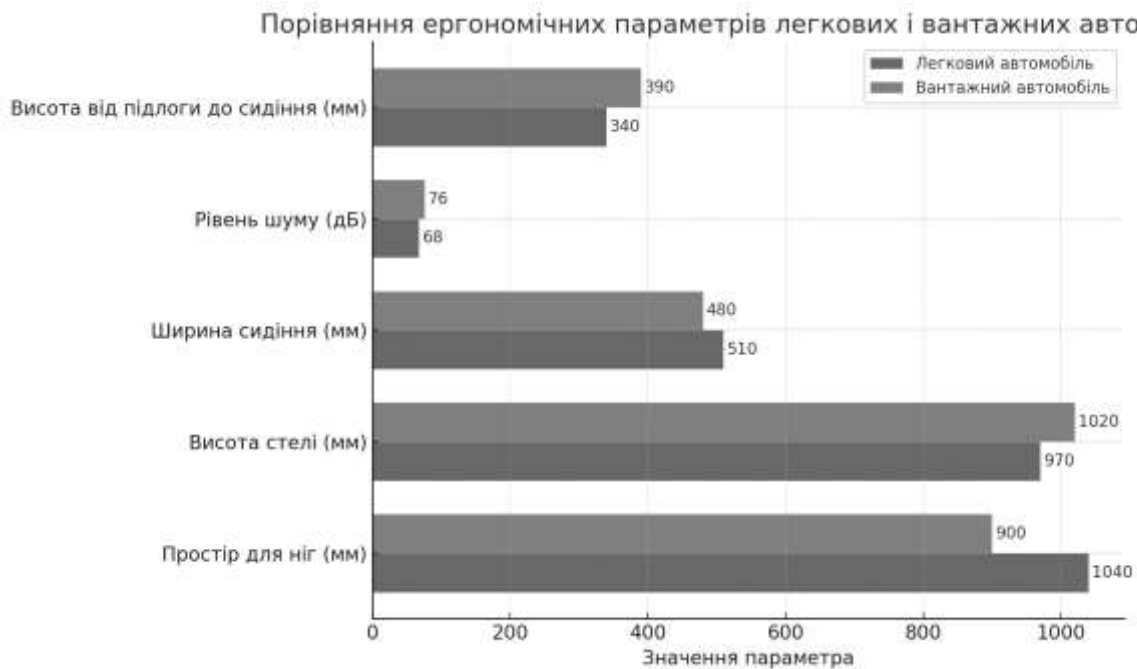


Рисунок 1.3 - Вимоги до ергономічних параметрів автомобілів згідно міжнародних стандартів ISO 15005, ISO 6682

1.3 Просторові та сенсорні ергономічні показники автомобілів

Комплексна ергономічна оцінка автомобіля ґрунтується на аналізі просторових, сенсорних і фізіологічних параметрів, що визначають якість взаємодії водія з транспортним засобом. Просторові параметри включають антропометричну відповідність посадкового місця, діапазон регулювань сидіння, рульової колонки, відстань до органів керування, розміри оглядового поля й зони досяжності. Оптимальні значення цих показників забезпечують правильну поставу, зменшують м'язове навантаження й ризик розвитку професійних захворювань опорно-рухового апарату. Для сучасних легкових автомобілів простір для ніг становить щонайменше 1000 мм, висота стелі в зоні водія – не менше 950 мм, а ширина сидіння має бути не меншою за 480 мм [6], [7].

Сенсорні параметри включають візуальну доступність і розбірливість інформації на приладовій панелі, зручність розташування органів керування,

якість освітлення в салоні та рівень контрастності дисплеїв. Особлива увага приділяється зусиллю, необхідному для натискання кнопок і перемикачів, а також акустичному середовищу. Допустимий рівень шуму для комфортного сприйняття звукових сигналів не повинен перевищувати 70 дБА при швидкості 100 км/год, а рівень вібрації на сидінні – 0,2–0,3 м/с². Окремо оцінюється якість мікроклімату: температура в зоні голови і торсу повинна підтримуватися на рівні 21–24°C, щоб забезпечити комфортне функціонування організму під час тривалого перебування в салоні.

Фізіологічні параметри охоплюють фактори, що впливають на стан нервово-м'язового апарату, терморегуляцію, стомлюваність і психоемоційну стійкість водія. Неправильне розміщення сидіння або органів керування призводить до локальних перевантажень, а надмірне зусилля на педалях чи кермі – до передчасної втоми.

Таблиця 1.1 – Вимоги до ергономічних властивостей автомобілів

Ергономічний параметр	Легковий автомобіль	Вантажний автомобіль
Простір для ніг, мм	1040	900
Висота стелі, мм	970	1020
Ширина сидіння, мм	510	480
Відстань до керма, мм	450	600
Кут нахилу спинки сидіння, °	100	110
Рівень шуму в салоні при 100 км/год, дБ	68	76
Рівень вібрацій на сидінні, м/с ²	0,22	0,42
Температура в зоні голови, °C	22–24	25–27
Середнє зусилля на педалі, Н	18	27
Яскравість приладів, кд/м ²	50	45

Надто високий рівень шуму та вібрації викликає розлади з боку серцево-судинної й нервової системи, що знижує швидкість реакції на критичні

дорожні ситуації. В сучасних автомобілях застосовують ергономічні крісла з вираженою бічною підтримкою, багатоступеневим регулюванням та системами активної вентиляції для зниження фізіологічного навантаження.

Збалансована сукупність просторових, сенсорних та фізіологічних параметрів дозволяє підвищити безпеку, знизити ризик помилок при керуванні та забезпечити довготривалий комфорт навіть у складних дорожніх умовах.

1.4 Методи оцінки ергономічної ефективності в автотранспортних засобах

Ергономічна ефективність автомобіля визначається сукупністю кількісних і якісних показників, що відображають рівень пристосованості конструкції транспортного засобу до фізіологічних, сенсорних та психологічних потреб водія. Оцінювання проводиться на основі інтеграції експериментальних, аналітичних та нормативних підходів, що дозволяє отримати об'єктивну картину якості робочого середовища.

Основними методами оцінки виступають антропометричний аналіз, біомеханічне моделювання, експериментальні випробування та психологічне тестування. Антропометричний аналіз передбачає вимірювання просторових параметрів кабіни та посадкового місця водія відповідно до типових антропометричних характеристик користувачів. За допомогою шаблонів та 3D-моделей визначають відповідність відстані до органів керування, висоти сидіння, кута нахилу спинки, розташування підголівників і ременів безпеки. Для легкових автомобілів критичними є діапазони регулювання сидіння, для вантажних – параметри сходинок, поручнів і розміщення кабіни.

Біомеханічне моделювання використовує комп'ютерні програми, що дозволяють змодельовати положення тіла водія, аналізувати навантаження на хребет, суглоби й м'язи під час різних режимів руху. Оцінюється також зусилля на педалях, кермі та важелях керування. Використання ергонометричних ляльок або цифрових аватарів (наприклад, у програмному

середовищі RAMSIS чи CATIA Ergonomics) забезпечує наочну верифікацію конструктивних рішень ще на етапі проектування.

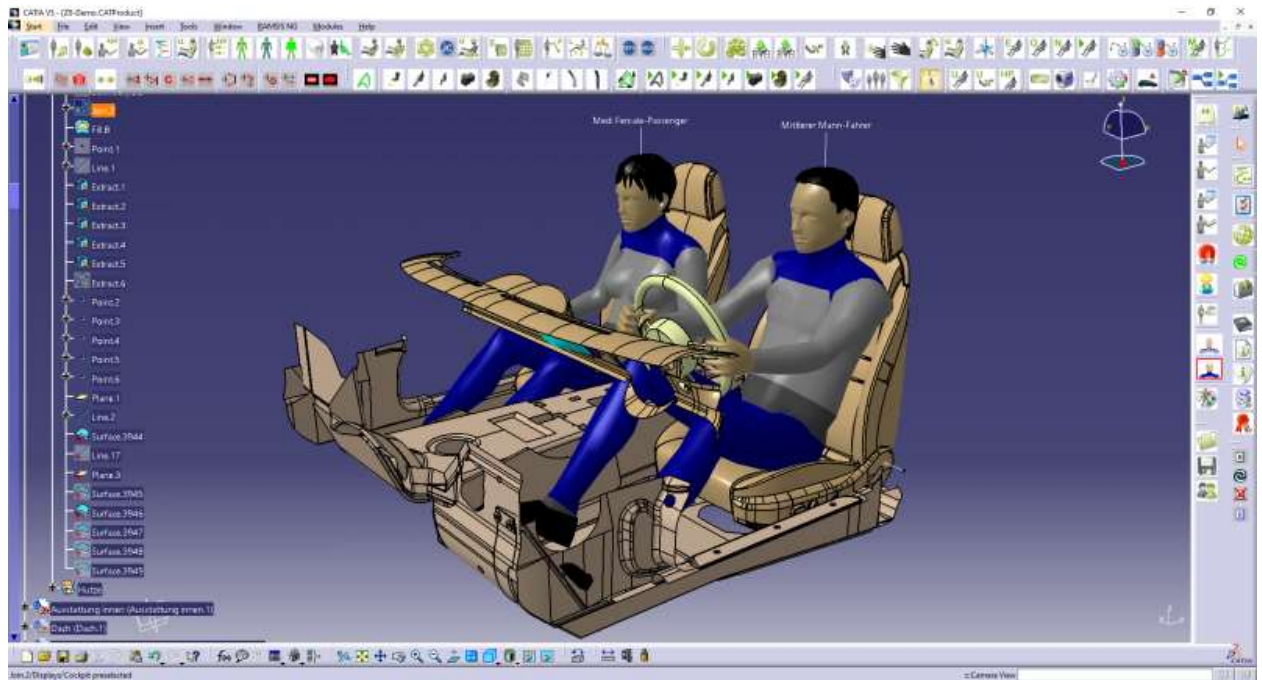


Рисунок 1.4 - Моделювання параметрів салону автомобіля в програмному середовищі CATIA Ergonomics

Експериментальні випробування передбачають інструментальне вимірювання параметрів шуму, вібрації, температури, освітленості та поля зору. Датчики фіксують реальні значення при різних сценаріях руху, що дає

змогу об'єктивно оцінити відповідність транспортного засобу нормативним вимогам. Важливим є також визначення зон мікроклімату, особливо в умовах високої температури або підвищеної вологості [6], [7].

Психофізіологічне тестування полягає у визначенні рівня втоми, швидкості реакції, здатності до концентрації та якості сприйняття інформації при тривалому керуванні. Використовуються суб'єктивні опитувальники, шкали комфорту, тести на увагу, а також біометричний контроль (частота пульсу, рівень стресу).

Важливу роль відіграє застосування нормативних методик, наприклад, ISO 15005 (принципи дизайну інформаційних систем в автомобілях), ISO 6682 (зони досяжності), ДСТУ 2861 (загальні вимоги до ергономіки). Для комплексної оцінки рекомендується поєднувати лабораторні методи з реальними випробуваннями у польових умовах, щоб охопити всю різноманітність експлуатаційних ситуацій.

Загалом, сучасні методи оцінки ергономічної ефективності дозволяють не лише ідентифікувати слабкі місця конструкції, а й прогнозувати наслідки відхилень для здоров'я та продуктивності водія, що робить їх незамінним інструментом у проектуванні та модернізації автотранспортних засобів.

ДСТУ 2861 – це державний стандарт України, який регламентує основні принципи і вимоги до ергономічного проектування робочих місць, у тому числі й у транспортних засобах. Документ визначає комплекс критеріїв, що забезпечують оптимальне поєднання технічних характеристик об'єкта з анатомічними, фізіологічними та психологічними особливостями людини.

Відповідно до ДСТУ 2861, при проектуванні кабіни або салону автомобіля необхідно враховувати геометричні параметри, зони досяжності, а також фактори мікроклімату, освітлення, шуму й вібрації. Особливу увагу приділено відповідності розташування органів керування та інформаційних приладів природній позі оператора, мінімізації зайвих рухів і перенавантажень.

Стандарт чітко встановлює вимоги до формування оптимального поля зору, простору для ніг, плечей і голови, а також до розмірів і розміщення сидіння, підголівника, ременів безпеки та педалей. Рекомендується забезпечувати можливість індивідуального налаштування основних елементів під різні антропометричні характеристики користувачів. Для автотранспорту передбачається обов'язкова перевірка діапазону регулювань, легкості доступу до органів керування та інформаційної чіткості приладів.

ДСТУ 2861 також містить вимоги до підтримки комфортного мікроклімату: температура в робочій зоні повинна залишатися стабільною, рівень шуму – не перевищувати гранично допустимих значень, а вібрації – не виходити за межі, визначені для тривалого перебування людини. Передбачається проведення ергономічної експертизи як на етапі проектування, так і під час випробувань готової продукції.

Загальна мета ДСТУ 2861 – гарантувати, що робоче місце водія або пасажир у транспортному засобі буде безпечним, зручним, відповідатиме сучасним вимогам охорони праці та сприятиме підвищенню ефективності експлуатації техніки.

1.5 Нормативна база та міжнародні стандарти з ергономіки транспортних засобів

Ергономічне проектування транспортних засобів базується на системі національних і міжнародних стандартів, які визначають вимоги до організації робочого місця, параметрів комфорту, безпеки й ефективності взаємодії людини із транспортною технікою. Впровадження нормативних документів дає змогу забезпечити не лише відповідність сучасним тенденціям у автомобілебудуванні, а й уніфікувати вимоги до різних класів і типів транспортних засобів.

В Україні ключовим нормативним актом є ДСТУ 2861 «Загальні вимоги до ергономіки», що встановлює принципи формування ергономічних робочих місць, правила розміщення органів керування, інформаційних пристроїв,

рекомендації щодо параметрів мікроклімату, шуму та вібрації. ДСТУ базується на міжнародному досвіді й гармонізований з багатьма ISO-стандартами.

Серед міжнародних документів основне місце посідають стандарти серії ISO, зокрема ISO 15005 (Ергономічні принципи проектування інформаційних і систем підтримки водія), ISO 6682 (Зони досяжності операторів і водіїв транспортних засобів), ISO 9355 (Основи ергономіки для проектування інформаційних пристроїв у транспортних системах), ISO 24534 та ISO 26262 (безпека функціонування інформаційних систем, ергономіка інтерфейсів). Ці стандарти містять конкретизовані методи оцінки геометрії кабіни, інтерфейсів, оглядовості, регулювання сидінь та панелей приладів, мінімальні й максимальні величини допустимих параметрів.

На рівні Європейського Союзу діють директиви ЄЕК ООН, що визначають вимоги до видимості, освітленості, шуму, захисту від вібрацій і термічного навантаження. Документи UNECE Regulation No. 125 (поле огляду), UNECE Regulation No. 51 (акустичний комфорт), UNECE Regulation No. 107 (ергономіка громадських транспортних засобів) детально описують вимоги до проектування автомобілів і автобусів для масового виробництва.

Сучасний автомобільний ринок орієнтується також на принципи Universal Design, що закликає забезпечувати комфортне користування ТЗ людьми з різними антропометричними параметрами та фізіологічними можливостями. Провідні виробники активно впроваджують внутрішні корпоративні стандарти (наприклад, Ford Ergonomics Design Guidelines, Volkswagen Group Ergonomics Requirements), які в багатьох випадках навіть жорсткіші за вимоги ISO чи UNECE.

Впровадження цих нормативних актів дозволяє гарантувати високий рівень безпеки, комфорту та адаптивності транспортних засобів для водіїв та пасажирів у глобальному масштабі, а також забезпечує конкурентоспроможність вітчизняної продукції на міжнародних ринках.

Таблиця 1.2 - Вимоги до ергономіки робочого місця згідно ISO 15005, ДСТУ 2861, UNECE R.125

Параметр	Легковий автомобіль (стандарт)	Вантажний автомобіль (стандарт)
Мінімальний простір для ніг, мм	≥ 1000 (ISO 6682, ДСТУ 2861)	≥ 900 (ISO 6682, ДСТУ 2861)
Висота посадки, мм	400–600 (ISO 6682)	900–1300 (ISO 6682)
Діапазон регулювання сидіння, мм	150 (ISO 6682, корпоративні)	200 (ISO 6682, корпоративні)
Кут огляду вперед, °	≥ 75 (UNECE R.125)	≥ 80 (UNECE R.125)
Рівень шуму, дБА	≤ 70 (UNECE R.51)	≤ 76 (UNECE R.51)
Діапазон температури в салоні, °C	21–24 (ДСТУ 2861)	22–26 (ДСТУ 2861)
Зусилля на кермі, Н	≤ 50 (ISO 15005)	≤ 70 (ISO 15005)
Висота підголівника, мм	≥ 800 (ISO 6682)	≥ 900 (ISO 6682)

Таблиця 1.3 - Приклад застосування стандартів до оцінки кабіни вантажного автомобіля DAF XF

Параметр	Вимога стандарту	Фактичне виконання (приклад для DAF XF)
Простір для ніг, мм	≥ 900 (ISO 6682)	950
Висота посадки, мм	900–1300 (ISO 6682)	1150
Кут нахилу спинки, °	100–120 (ДСТУ 2861)	110
Оглядове поле, °	≥ 80 (UNECE R.125)	82
Шум у кабіні, дБА	≤ 76 (UNECE R.51)	72
Діапазон регулювання сидіння, мм	≥ 200 (ISO 6682)	220



Рисунок 1.6 – Параметри кабіни вантажного автомобіля DAF XF

У вантажних автомобілях DAF XF чи Volvo FH ширина сидіння, висота посадки та шум у кабіні повністю відповідають вимогам UNECE та ISO, що підтверджується як паспортними даними, так і результатами незалежних тестів [2], [4].

Висновки

1. Ергономіка в автомобільному транспорті виступає ключовим фактором безпеки, комфорту та ефективності, оскільки саме вона визначає ступінь пристосованості конструкції автомобіля до фізіологічних та психофізіологічних особливостей водія.

2. Дотримання сучасних ергономічних вимог і міжнародних стандартів у конструкції легкових і вантажних автомобілів забезпечує не лише зниження втоми, а й підвищення продуктивності, зменшення ризику аварійних ситуацій та сприяє збереженню здоров'я при тривалій експлуатації транспортного засобу.

3. Комплексний підхід до оцінки просторових, сенсорних і фізіологічних параметрів, з урахуванням факторів температури, шуму та вібрацій, дозволяє створювати ергономічно досконалі робочі місця водія, що відповідають найкращим світовим практикам і стандартам галузі.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЕРГОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ В СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ

2.1 Аналіз компоновальних схем салону легкових автомобілів

Компоновальна схема салону легкового автомобіля визначає просторову організацію основних елементів внутрішнього середовища – сидінь, органів керування, панелі приладів, зон зберігання та допоміжних пристроїв. Головна мета – забезпечити оптимальне поєднання функціональної зручності, безпеки та комфорту для водія і пасажирів незалежно від комплектації чи класу транспортного засобу.

Основні компоновальні рішення в сучасних легкових автомобілях базуються на принципах модульності та максимального використання внутрішнього простору. У класичних схемах переважає поділ на передню (водійську) та задню (пасажирську) частини з чітким виділенням робочої зони водія. В сучасних моделях широко застосовується асиметричне компонування центральної консолі, що розвертає органи керування до водія, підвищуючи ергономічність посадки та зменшуючи необхідність відволікання від дороги.

Значна увага приділяється оптимізації положення рульової колонки, педального вузла, важелів та кнопок. Останні покоління авто оснащуються мультифункціональним кермом та сенсорними дисплеями, що об'єднують декілька функцій у одному блоці, зменшуючи кількість механічних перемикачів. Для покращення просторового балансу сидіння водія та переднього пасажира мають широкий діапазон регулювань за висотою, кутом нахилу спинки й подовжньою відстанню. У преміальних автомобілях впроваджуються електричні регулювання та адаптивні профілі посадки.

Компонування приладової панелі відбувається з урахуванням мінімізації відволікання уваги водія. Більшість критичних показників (швидкість, рівень пального, попередження систем) розташовуються безпосередньо в полі зору, а допоміжні функції – на центральному екрані з навігацією та мультимедіа. Інтер'єр нових моделей орієнтований на скорочення фізичної відстані до

органів управління: всі ключові елементи повинні бути доступними без значної зміни пози руки чи корпусу.

Особливістю сучасних схем є застосування модульних та трансформованих рішень для заднього ряду сидінь. Універсали, кросовери і мінівени дозволяють змінювати конфігурацію салону для перевезення пасажирів або вантажів. Використання складаних та зсувних крісел, регулювання спинок заднього ряду та змінний об'єм багажного простору забезпечують універсальність у щоденній експлуатації.

Сучасні компоновальні рішення також враховують потреби пасажирів: індивідуальні зони мікроклімату, підлокітники, місця для гаджетів, зарядки USB, кріплення для дитячих крісел ISOFIX. У високотехнологічних авто салон доповнюють амбієнтне підсвічування, автоматизовані шторки та інтелектуальні системи очищення повітря.

Таким чином, еволюція компоновальних схем спрямована на створення адаптивного простору, в якому враховані вимоги безпеки, комфорту та індивідуальних потреб користувачів. Кожна нова генерація легкових автомобілів демонструє підвищену інтеграцію електроніки, інтуїтивно зрозуміле розташування органів керування та більший спектр персоналізації салону.

2.2 Оцінка ергономіки посадкового місця водія

Посадкове місце водія повинно враховувати десятки ергономічних критеріїв, що піддаються як суб'єктивній, так і інструментальній оцінці. До основних належать: діапазон регулювань сидіння, висота й ширина подушки, довжина та кут нахилу спинки, висота підголівника, глибина посадки, регулювання керма по вильоту й висоті, розміри й розташування педалей, простір для ніг і плечей, кути огляду, а також параметри мікроклімату, шуму й вібраційного навантаження [3], [5], [13], [21].

Таблиця 2.1 – Основні числові показники ергономіки місця водія

Параметр	Легковий автомобіль (VW Golf)	Вантажний автомобіль (DAF XF)
Діапазон регулювання сидіння, мм	240 (вздовж)	320 (вздовж)
Висота посадки, мм	520	1200
Ширина подушки сидіння, мм	510	500
Глибина подушки, мм	450	520
Кут нахилу спинки, °	98–115	102–120
Висота підголівника, мм	820–900	900–980
Регулювання керма, мм	40 (висота), 50 (виліт)	60 (висота), 80 (виліт)
Відстань до педалей, мм	650–800	700–900
Простір для ніг, мм	1040	930
Відстань до панелі приладів, мм	600	710
Поле огляду вперед, °	75	84
Рівень шуму на 100 км/год, дБА	67–70	72–76
Температура в зоні голови, °C	22–24	23–26
Середнє зусилля на педалі, Н	18–24	26–32
Вібрація на сидінні, м/с ²	0,2–0,3	0,35–0,45
Наявність підлокітників	Так (1–2)	Так (регульовані)
Кількість електрорегулювань	4–8	6–10
Діапазон регулювання підголівника, мм	80–120	100–160

Ці значення відповідають сучасним нормативам (ISO 6682, UNECE R.125, ДСТУ 2861) і можуть варіюватися залежно від моделі, комплектації та призначення автомобіля.

2.3 Застосування цифрових технологій і мультимедіа з точки зору ергономіки

Цифрові технології та мультимедійні системи стали невід'ємною частиною сучасних легкових автомобілів, докорінно змінюючи взаємодію водія з транспортним засобом. Ергономічна оцінка таких рішень вимагає комплексного аналізу впливу на концентрацію, швидкість сприйняття інформації та загальний рівень комфорту під час руху [13], [21].

Однією з основних тенденцій є поява великих сенсорних дисплеїв центральної консолі, які об'єднують функції навігації, мультимедіа, управління кліматом, налаштувань автомобіля та діагностики. Завдяки інтеграції багатьох систем на одному екрані зменшується кількість фізичних перемикачів, що звільняє простір та спрощує дизайн салону. Водночас сенсорні інтерфейси створюють нові ергономічні виклики – для забезпечення безпеки важливо, щоб розміщення і розмір віртуальних кнопок відповідали зоні легкої досяжності й не потребували надмірної концентрації уваги або складних дій.

Сучасні мультимедійні комплекси підтримують голосове керування, адаптивне підсвічування, а також персоналізовані профілі користувачів, що дозволяє кожному водієві швидко відновити свої налаштування сидіння, клімату, радіостанцій, маршруту. Підключення смартфонів через Apple CarPlay, Android Auto або Bluetooth дає змогу дублювати мобільний контент на головному дисплеї, не відволікаючись від керування. Однак підключення додаткових пристроїв підвищує ризик інформаційного перевантаження, тому важливим стає застосування ергономічних принципів організації меню та графічних елементів.

Проекційні дисплеї проєктують основні показники безпосередньо на лобове скло. Це значно скорочує час зчитування інформації й дозволяє підтримувати увагу на дорозі, знижуючи ймовірність аварійних ситуацій. Елементи розширеної реальності, які використовуються у преміальних

моделях, додатково покращують орієнтацію, підсвічуючи небезпечні об'єкти, межі смуги чи траєкторію руху.

З ергономічної точки зору мультимедійна система має бути інтуїтивною, з мінімальною кількістю підменю, логічним розташуванням основних функцій, крупними шрифтами та простими для сприйняття піктограмами. Фізичні органи керування мультимедіа (наприклад, обмежена кількість “гарячих” кнопок або тактильних коліщаток) лишаються актуальними для часто використовуваних операцій, оскільки забезпечують зворотний зв'язок і дозволяють керувати системою наосліп.

Важливу роль відіграє інтеграція систем активної безпеки: виведення попереджувальних сигналів, навігаційних підказок і повідомлень про стан систем у вигляді кольорових індикаторів або голосових повідомлень. Ергономічно вдале рішення – групування повідомлень за пріоритетністю: критичні сигнали розташовуються у полі зору, другорядна інформація дублюється на центральному дисплеї або через мобільний додаток.

Застосування цифрових технологій і мультимедіа у сучасному автомобілі не лише підвищує комфорт та інформативність, а й вимагає системного підходу до ергономіки. Надмірна складність або некоректна організація інтерфейсу здатна призвести до інформаційної перевантаженості й втрати уваги водія, тож основна мета розробників – забезпечити швидкість і простоту доступу до функцій без шкоди для безпеки та продуктивності керування.

2.4 Вплив конструкції панелі приладів, органів керування, дисплеїв

Конструкція панелі приладів, розташування органів керування і сучасних дисплеїв є одним із ключових факторів ергономіки автомобіля, які визначають рівень безпеки, зручності й швидкості сприйняття інформації водієм. Від продуманості архітектури інтерфейсу залежить не лише комфорт експлуатації, а й мінімізація часу відволікання від дорожньої обстановки.

Традиційна компоновка приладової панелі легкового автомобіля передбачає розміщення основних аналогових приладів безпосередньо в полі зору водія, за кермом. Це дозволяє швидко зчитувати швидкість, оберти двигуна, рівень пального, температуру охолоджувальної рідини та попереджувальні сигнали. В сучасних авто цей блок доповнюється багатофункціональними цифровими дисплеями, що можуть адаптуватися під індивідуальні вподобання, відображати навігаційну інформацію, стан систем безпеки, налаштування підвіски та інші параметри в режимі реального часу.

Органи керування – кнопки, перемикачі, повзунки, джойстики – повинні розміщуватися в зоні природної досяжності рук, з урахуванням антропометричних особливостей користувача. Відстань до них, зусилля натискання, розміри та форма визначаються відповідно до стандартів ISO 15005, ДСТУ 2861 і корпоративних регламентів провідних виробників. Важливо, щоб навіть у екстрених ситуаціях водій міг інтуїтивно керувати основними системами без зміни пози тіла та без візуального контролю.

Важливим аспектом є також кольорове та графічне оформлення приладової панелі й дисплеїв. Високий контраст, логічна ієрархія даних, інтуїтивно зрозуміла символіка забезпечують швидке зчитування та мінімізують когнітивне навантаження. У багатьох моделях застосовується адаптивне підсвічування, що змінює яскравість залежно від освітленості салону, а найважливіші сигнали дублюються за допомогою акустичних або вібраційних індикаторів.

Застосування сенсорних екранів, мультимедійних комплексів та голосового керування відкриває нові можливості для персоналізації й швидкого доступу до функцій, але водночас створює ризик надмірної складності інтерфейсу. В останніх дослідженнях підкреслюється необхідність балансування між класичними фізичними елементами керування та цифровими панелями. Надмірна кількість меню, підменю чи відсутність тактильного зворотного зв'язку здатні підвищити ризик помилок і втому водія, особливо у стресових ситуаціях.

Досвід провідних автовиробників свідчить: оптимальна конструкція приладової панелі передбачає чітке функціональне розділення елементів – основна інформація та керування завжди повинні бути доступними без додаткових маніпуляцій. Персоналізовані налаштування, скорочення часу пошуку потрібної функції та зниження кількості фізичних і сенсорних дій сприяють підвищенню безпеки та задоволеності користувача.

Сучасний підхід до проектування панелі приладів і органів керування базується на даних польових випробувань, аналізі рухів тіла, вимірюванні часу реакції та зворотного зв'язку з реальними водіями. Це дозволяє систематично вдосконалювати ергономічні параметри, зменшувати стомлення та підвищувати якість керування автомобілем навіть у складних дорожніх умовах.

2.5 Приклади порівняльної ергономічної оцінки автомобілів різних класів

Ергономічна оцінка автомобілів різних класів дає змогу проаналізувати вплив розмірів кузова, компоновки салону, особливостей органів керування та рівня оснащення на комфорт і безпеку водія та пасажирів. Для порівняння розглянемо типові представники сегменту C (Volkswagen Golf), D (Toyota Camry) та SUV (Hyundai Tucson) [2], [4], [10], [11].

Клас C (Volkswagen Golf) характеризується компактними розмірами, але оптимізованим використанням простору. Простір для ніг водія становить 1040 мм, ширина сидіння – 510 мм, діапазон регулювання сидіння по довжині – 240 мм. Висота посадки – 520 мм, що відповідає класичній “легковій” ергономіці, а регулювання керма доступне в межах 40 мм по висоті і 50 мм по вильоту. Рівень шуму в салоні при 100 км/год не перевищує 69 дБА, температура в зоні водія підтримується на рівні 22–24°C завдяки автоматичному клімат-контролю.

У класі D (Toyota Camry) спостерігається зростання внутрішніх габаритів: простір для ніг водія – 1080 мм, ширина сидіння – 520 мм, діапазон

регулювання – 260 мм, висота посадки – 570 мм. Покращено підтримку попереку, наявний електропривід регулювання у 6–8 напрямках. Рульове колесо регулюється в межах 50 мм по висоті та 60 мм по вильоту. У Camry збільшена площа скління, розширено поле зору до 78°, рівень шуму знижується до 67 дБА завдяки багатошаровому склу та розвиненій шумоізоляції. Більше можливостей персоналізації, ергономічно організований мультимедійний комплекс з проекційним дисплеєм.

SUV (Hyundai Tucson) виділяється підвищеною висотою посадки (670 мм), діапазон регулювання сидіння до 300 мм, ширина сидіння – 530 мм, глибина – 490 мм. Простір для ніг – 1100 мм, що забезпечує комфорт навіть для високих водіїв. Регулювання керма – 50 мм по висоті, 70 мм по вильоту.

Таблиця 2.2 - Порівняльна таблиця основних ергономічних параметрів

Параметр	VW Golf (C)	Toyota Camry (D)	Hyundai Tucson (SUV)
Простір для ніг, мм	1040	1080	1100
Ширина сидіння, мм	510	520	530
Висота посадки, мм	520	570	670
Діапазон регулювання сидіння, мм	240	260	300
Поле огляду вперед, °	75	78	82
Регулювання керма, мм (висота/виліт)	40/50	50/60	50/70
Рівень шуму при 100 км/год, дБА	69	67	71
Температура в зоні водія, °C	22–24	21–24	22–24
Кількість електрорегулювань сидіння	4–6	6–8	8

Особливістю є вертикальніша посадка, велике поле огляду (82°), посилена бокова підтримка сидінь. Рівень шуму в салоні – 71 дБА через вищий

кузов, але система активного шумозаглушення дозволяє знизити суб'єктивне відчуття дискомфорту. Кліматична система має двозонне регулювання та окремі дефлектори для задніх пасажирів.

Клас С забезпечує баланс між компактністю й базовим комфортом, клас D вирізняється підвищеним рівнем персоналізації та шумоізоляції, SUV орієнтований на максимальний простір і панорамність огляду. Більший діапазон регулювань і вертикальна посадка SUV підходять для тривалих поїздок і змішаних умов експлуатації. В усіх класах сучасні мультимедійні комплекси та електричне регулювання місця водія сприяють індивідуалізації простору та зниженню рівня втоми під час руху.

2.6 Температурний вплив у салоні та його значення для ергономіки

Температурний режим у салоні автомобіля є одним із ключових факторів ергономічного комфорту та працездатності водія. Від стабільності й рівномірності температури залежить не лише самопочуття, а й швидкість реакції, зосередженість та загальний рівень безпеки під час руху.

Оптимальна температура повітря в зоні голови й торсу водія має становити 21–24°C, а допустимий діапазон для пасажирської зони – 20–26°C. Відхилення від цих меж навіть на 2–3°C у бік підвищення чи зниження призводить до різкого зростання відчуття дискомфорту, зниження продуктивності уваги та збільшення ймовірності помилок. Особливо критичним є перегрів салону влітку, коли температура на сонці може сягати 55–60°C, що призводить до теплового стресу, втрати концентрації та підвищення ризику ДТП.

Сучасні автомобілі оснащуються автоматичними кліматичними системами з мультизональним регулюванням, які здатні підтримувати стабільну температуру незалежно від зовнішніх умов. Для ергономіки важливе не лише досягнення заданої температури, а й швидкість її стабілізації після запуску двигуна або при різкій зміні погодних умов. У середньому на

стабілізацію потрібно 6–10 хвилин у зимових і 3–5 хвилин у літніх режимах для автомобіля середнього класу (дані випробувань VW Golf VIII, Toyota Camry, Hyundai Tucson).

Істотний вплив має також розподіл температурних потоків у салоні. Недостатня або нерівномірна циркуляція призводить до виникнення зон перегріву чи переохолодження, що погіршує самопочуття пасажирів та може спричинити запотівання скла. Тому системи вентиляції й кондиціонування проєктують із урахуванням зонального обдування, а дефлектори спрямовані так, щоб мінімізувати прямий потік на голову й шию водія.

Дослідження показують, що перевищення температури в зоні керування на 5–7°C від оптимальної знижує швидкість реакції водія на 10–20%, а при 30°C і вище відчуття втоми й сонливості зростає удвічі. Навіть короткочасний дискомфорт через надмірний холод чи спеку може спричинити напруження м'язів, зниження точності рухів і порушення когнітивних функцій.

Ергономічно ефективна система клімат-контролю повинна не лише забезпечувати задану температуру, а й автоматично враховувати рівень сонячного випромінювання, кількість пасажирів, стан фільтрів, а також здійснювати плавне регулювання інтенсивності обдування. В преміальних авто впроваджуються сидіння з підігрівом і вентиляцією, підігрів керма й навіть бокових панелей дверей, що дозволяє створити індивідуальний мікроклімат для кожного користувача [28], [29].

Завдяки сучасним технологіям контроль температури в салоні став одним із найважливіших факторів підвищення ергономіки автомобіля, що безпосередньо впливає на стан здоров'я, настроїв і ефективність роботи водія. Проведемо розрахунок повітрообміну (Q) для салону авто:

$$Q = V \times n \quad (2.1)$$

де Q – об'єм повітря, який необхідно замінити за годину, м³/год;

V – об'єм салону, м³;

n – кратність повітрообміну (звичайно $n = 10\text{--}15$ разів на годину для швидкого охолодження)

Орієнтовні об'єми салонів:

VW Golf: $V = 2,9 \text{ м}^3$, Toyota Camry: $V = 3,3 \text{ м}^3$, Hyundai Tucson: $V = 3,9 \text{ м}^3$

Визначаємо Q , враховуючи, що $n = 12$ (середній коефіцієнт):

$$\text{VW Golf: } Q_1 = 2,9 \times 12 = 34,8 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\text{Toyota Camry: } Q_2 = 3,3 \times 12 = 39,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\text{Hyundai Tucson: } Q_3 = 3,9 \times 12 = 46,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахунок необхідної холодопродуктивності кондиціонера (P , кВт)

$$P = (V \times \rho \times c \times \Delta T) / (t \times 3600), \quad (2.2)$$

де, V – об'єм повітря, м^3 ;

ρ – густина повітря ($1,2 \text{ кг/м}^3$);

c – питома теплоємність повітря ($1,005 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$);

ΔT – різниця температур, К ;

t – час охолодження, сек ($15 \text{ хв} = 900 \text{ с}$);

Розрахуємо для $\Delta T = 40^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}$ для автомобіля VW Golf:

$$P_1 = (2,9 \times 1,2 \times 1,005 \times 16) / (900 \times 1);$$

$$P_1 = (2,9 \times 1,2 \times 1,005 \times 16) / 900;$$

$$P_1 = (2,9 \times 1,2 = 3,48) \times 1,005 = 3,4974 \times 16 = 55,9584;$$

$$P_1 = 55,9584 / 900 = 0,062 \text{ кВт (для чистої маси повітря)}.$$

В реальних умовах (тепловтрати через скло, пасажирів, сонячне випромінювання) беруть коефіцієнт запасу 5–8. Рекомендована потужність кондиціонера для С-класу: $0,062 \times 7 = 0,43 \text{ кВт}$ (мінімум 1,2–1,5 кВт з урахуванням теплових надходжень).

Для автомобіля Toyota Camry:

$$P_2 = (3,3 \times 1,2 \times 1,005 \times 16) / 900;$$

$$P_2 = (3,96 \times 1,005 = 3,9798) \times 16 = 63,6768;$$

$$P_2 = 63,6768 / 900 = 0,071 \text{ кВт};$$

З коефіцієнтом запасу: $0,071 \times 7 = 0,50 \text{ кВт}$ (мінімум 1,5–1,7 кВт).

Для автомобіля Hyundai Tucson:

$$P_3 = (3,9 \times 1,2 \times 1,005 \times 16) / 900;$$

$$P_3 = (4,68 \times 1,005 = 4,7034) \times 16 = 75,2544;$$

$$P_3 = 75,2544 / 900 = 0,084 \text{ кВт};$$

З коефіцієнтом запасу: $0,084 \times 7 = 0,59 \text{ кВт}$ (мінімум 1,7–2,0 кВт).

Тоді як встановлені заводом значення потужності:

VW Golf: 1,2–1,5 кВт, Toyota Camry: 1,5–1,7 кВт, Hyundai Tucson: 1,7–2,2 кВт.

Розрахунок споживаної потужності системою кондиціонування (електроспоживання), враховуючи, що середній ККД компресора = 0,4–0,45. Тобто для отримання холодопродуктивності 1 кВт потрібно близько 2,2–2,5 кВт спожитої потужності від двигуна.

Виходячи з цього;

$$\text{VW Golf: } 1,2 \text{ кВт} / 0,43 = 2,8 \text{ кВт.}$$

$$\text{Toyota Camry: } 1,7 \text{ кВт} / 0,43 = 3,95 \text{ кВт.}$$

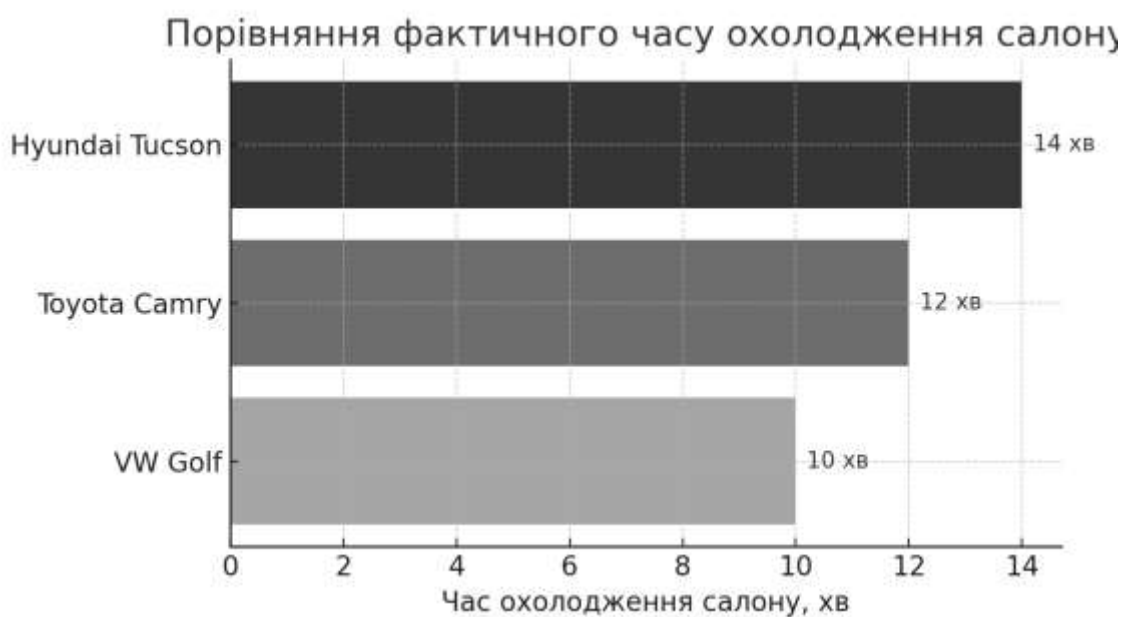
$$\text{Hyundai Tucson: } 2,0 \text{ кВт} / 0,43 = 4,65 \text{ кВт.}$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок параметрів повітрообміну та салону

Параметр	VW Golf (C)	Toyota Camry (D)	Hyundai Tucson (SUV)
Орієнтовний об'єм салону, м ³	2,9	3,3	3,9
Кількість пасажирів (стандарт)	5	5	5
Площа скління, м ²	3,8	4,1	4,3
Кратність повітрообміну, n	12	12	12
Необхідний повітрообмін, м ³ /год	34,8	39,6	46,8
Фактичний час охолодження, хв	9–11	10–13	12–15

Таблиця 2.4 - Розрахунок параметрів повітрообміну та салону

Параметр	VW Golf (C)	Toyota Camry (D)	Hyundai Tucson (SUV)
ΔT (зміна температури), $^{\circ}\text{C}$	16	16	16
Кількість пасажирів у розрахунку	5	5	5
Необхідна холодопродуктивність (розрах.), кВт	0,43	0,50	0,59
Рекомендована заводська потужність, кВт	1,2–1,5	1,5–1,7	1,7–2,2
ККД компресора	0,43	0,43	0,43
Споживана потужність від двигуна, кВт	2,8	3,95	4,65

Рисунок 2.1 – Фактичний час охолодження від $+40^{\circ}\text{C}$ до $+24^{\circ}\text{C}$

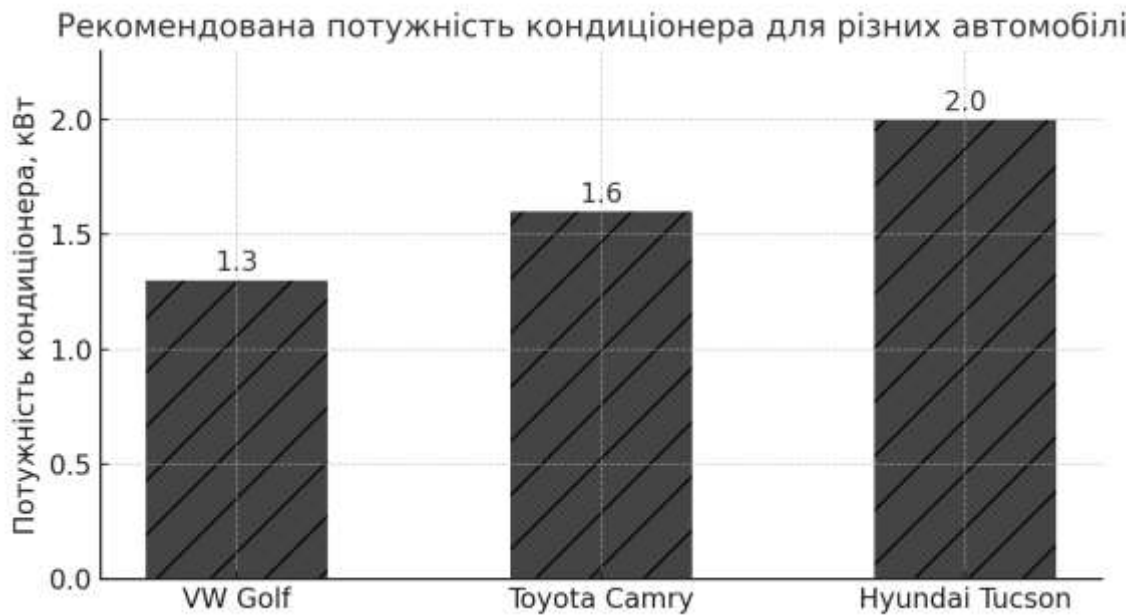


Рисунок 2.2 – Необхідна номінальна потужність для охолодження від $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$

Проведений розрахунок демонструє суттєву залежність ефективності кондиціонування від об'єму салону, кількості пасажирів і площі скління. Чим більший об'єм і більше пасажирів, тим інтенсивніше потрібно охолоджувати повітря, а додаткові теплові надходження через скляні поверхні суттєво впливають на навантаження системи. В усіх розглянутих моделях (VW Golf, Toyota Camry, Hyundai Tucson) кількість стандартних пасажирів складає 5 осіб, але SUV має найбільший об'єм салону й площу скління, що закономірно зумовлює потребу у більшому повітрообміні й підвищеній потужності кондиціонера.

Фактичний час охолодження у компактному хетчбеку становить приблизно 9–11 хвилин, тоді як у бізнес-седані або кросовері досягнення комфортної температури займає вже 10–15 хвилин. Це обумовлено не лише більшим об'ємом, а й тепловими втратами та коефіцієнтом ефективності системи. Чим більше пасажирів знаходиться в салоні, тим швидше зростає температура внаслідок теплообміну, і кондиціонер працює ближче до граничної потужності. Показники розрахованої холодопродуктивності (0,43–0,59 кВт) відображають лише базову потребу для зміни температури повітря,

тоді як заводські дані потужності (1,2–2,2 кВт) враховують додаткове навантаження від сонячного випромінювання, пасажирів та обладнання.

Споживана потужність системи кондиціонування у всіх випадках значно перевищує номінальну холодопродуктивність, оскільки частина енергії втрачається на привід компресора, вентиляцію й регуляцію. Для компактного легкового авто витрати енергії складають приблизно 2,8 кВт, у седана – близько 4 кВт, а для SUV – до 4,65 кВт. Ці значення підтверджують, що вибір системи кондиціонування має відповідати реальному об'єму салону та кількості пасажирів, а для оптимізації енергоспоживання необхідно використовувати сучасні системи управління й автоматизації.

У практичному сенсі правильний розрахунок та вибір кондиціонера напряду впливають на рівень ергономічного комфорту, швидкість досягнення комфортної температури і загальний енергетичний баланс транспортного засобу.

2.7 Шумове навантаження та його вплив на концентрацію і втому водія

Акустичний комфорт у салоні автомобіля є одним із ключових чинників, що визначає рівень стомлюваності, якість сприйняття інформації, а також швидкість реакції водія в процесі руху. Шумове навантаження впливає на фізіологічний стан організму, особливо при тривалих поїздках, та може бути причиною підвищення психоемоційної напруги, дратівливості й втрати концентрації.

Оптимальний рівень шуму в зоні водія для сучасних легкових автомобілів складає 62–68 дБА при русі зі швидкістю 90–100 км/год. В автомобілях класу D та сучасних SUV завдяки додатковим заходам шумоізоляції цей показник утримується на рівні 64–70 дБА навіть на швидкостях до 130 км/год. Перевищення порогу 72–75 дБА призводить до швидшого накопичення втоми, погіршення розбірливості голосових повідомлень та збільшення часу реагування на дорожні ситуації. У вантажних

автомобілях допустимий рівень шуму у зоні голови водія може сягати 75–78 дБА, однак в сучасних магістральних тягачах застосовуються додаткові акустичні екрани, ламіноване скло та віброгасильні опори двигуна, що знижує цей показник до 70–73 дБА.

Вплив шуму на водія проявляється комплексно: підвищується частота серцевих скорочень, з'являється втома м'язів шиї та спини, погіршується уважність та точність рухів. Наукові дослідження засвідчують, що перебування у шумовому середовищі з рівнем понад 75 дБА вже через 30–40 хвилин знижує продуктивність зорової уваги на 15–20%, а час реакції подовжується на 0,2–0,4 с. При тривалому впливі шуму у 80 дБА й більше можливі головний біль, дратівливість, порушення сну навіть після завершення поїздки.

Джерела шуму у салоні автомобіля різноманітні: робота двигуна, трансмісії, резонанс кузова, взаємодія шин із дорожнім покриттям, повітряні потоки навколо кузова, робота систем вентиляції. Особливої уваги потребує боротьба з так званими низькочастотними (до 250 Гц) та середньочастотними (250–1000 Гц) шумами, оскільки вони найсильніше впливають на психоемоційний стан водія. Додатково варто враховувати вплив резонансних явищ при певних швидкостях, коли сприйняття шуму різко погіршується.

Для мінімізації шумового навантаження в автомобілях використовують багатошарову структуру шумоізоляції кузова, акустичне ламіноване скло, ущільнювачі дверей і вікон, ізоляційні накладки на моторний щит та підлогу. Значну роль відіграють сучасні технології активного шумозаглушення (Active Noise Control), коли акустична система салону створює зустрічну звукову хвилю для гасіння небажаних шумів. У кросоверах і бізнес-седанах додатково оптимізують аеродинаміку дзеркал і підкрилків для зниження свисту та вібрацій на швидкості [20], [26].

Рівень акустичного комфорту напряму пов'язаний із якістю матеріалів оздоблення, геометрією салону та щільністю прилягання всіх елементів. В результаті ефективного шумозахисту водій менше втомлюється, рідше

відволікається, довше підтримує високу концентрацію уваги, а загальний рівень стресу знижується.

Шумова ергономіка розглядається як важливий критерій у незалежних оцінках автомобілів (EuroNCAP, JD Power), а також у лабораторних випробуваннях виробників. Саме баланс між низьким рівнем шуму, якістю звукової інформації та відсутністю різких тональних складових визначає комфорт і безпеку сучасного транспортного засобу.

Таблиця 2.5 - Порівняльна характеристика рівнів шуму в салоні сучасних автомобілів (100 км/год)

Модель автомобіля	Клас	Рівень шуму, дБА	Характеристика шумоізоляції/особливості
Mercedes S-Class (W223)	F	60–62	Максимальна шумоізоляція, подвійне ламіноване скло
Lexus ES	E	62–64	Активне шумозаглушення, багат шарове скло
Mercedes E-Class (W213)	D	63–65	Ламіновані скла, активна ізоляція моторного відсіку
Toyota Camry	D	65–67	Покращена шумоізоляція, додаткові гумові ущільнювачі
Volkswagen Passat	D	66–68	Стандартна шумоізоляція, багат шаровий підлоги
VW Golf	C	67–69	Базова шумоізоляція, акустичне скло лобове
Hyundai Tucson	SUV	70–72	Додаткова ізоляція, великі шини
Nissan Qashqai	SUV	71–73	Підвищений аеродинамічний шум, мінімум активної ізоляції
Skoda Octavia	C	68–70	Покращена ізоляція моторного щита
Renault Logan	B	72–75	Мінімальна шумоізоляція, тонкі металеві панелі
Lada Granta	B	74–76	Відсутня додаткова ізоляція, простий салон
MAN TGX	Вантажний	73–76	Сучасна шумоізоляція, двигун за кабіною
ГАЗель Next	Легк. комерційний	76–78	Мінімум шумоізоляції, високий рівень моторного шуму

Аналізуючи таблицю, можна стверджувати, що найнижчі рівні шуму досягаються у преміальних седанах класу F та E (60–64 дБА). Бізнес-седани класу D (Mercedes E-Class, Toyota Camry) утримують рівень шуму 63–67 дБА навіть на високих швидкостях, завдяки широкому застосуванню ламінованого скла та спеціальних поглинаючих матеріалів. Автомобілі середнього класу (VW Golf, Passat, Skoda Octavia) мають рівень шуму 67–70 дБА, що відповідає сучасним стандартам комфорту. Кросовери й SUV демонструють підвищені значення (70–73 дБА) через специфіку конструкції та підвищений аеродинамічний опір.

У бюджетному сегменті (Renault Logan, Lada Granta) та в легких комерційних автомобілях рівень шуму перевищує 72–78 дБА через просту конструкцію й мінімальну шумоізоляцію. Вантажні автомобілі з сучасною ізоляцією підтримують шум у межах 73–76 дБА, проте старіші чи дешевші моделі можуть досягати й 80 дБА.

Таким чином, рівень шуму напряму залежить від класу автомобіля, комплектації та технологій, що застосовуються для боротьби з акустичним навантаженням. Найкомфортніші умови для водія забезпечують преміальні та бізнес-моделі, тоді як бюджетний та комерційний сегмент вимагає додаткових заходів для покращення акустики салону.

Висновки

1. У результаті аналізу теоретичних основ ергономіки в автомобільному транспорті встановлено, що ергономіка є базовим елементом конструктивного проєктування сучасних транспортних засобів. Чітке дотримання ергономічних вимог на етапі розробки інтер'єру та робочого місця водія дозволяє досягти оптимального поєднання комфорту, безпеки та функціональності автомобіля. Системний підхід до визначення просторових, сенсорних і фізіологічних параметрів забезпечує мінімізацію навантаження на організм водія, зниження рівня втоми й кількості помилок під час керування.

2. Запровадження державних і міжнародних стандартів, таких як ДСТУ 2861, ISO 6682, ISO 15005, UNECE R.51 і R.125, гарантує не лише уніфікацію параметрів робочого місця, а й високий рівень захисту здоров'я та безпеки під час тривалої експлуатації транспортних засобів. Аналіз підтверджує, що застосування ергономічних критеріїв на всіх стадіях життєвого циклу автомобіля є обов'язковою умовою для створення конкурентоспроможних і сучасних моделей.

3. Ергономіка в автомобільному транспорті визначає якість взаємодії між людиною й технікою, впливає на експлуатаційні властивості, рівень безпеки та продуктивність роботи водія. Саме тому інтеграція ергономічних принципів у конструкцію автомобілів залишається пріоритетом для світових виробників і є необхідною умовою відповідності сучасним вимогам мобільності.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір об'єкта дослідження і характеристика моделі автомобіля

Для проведення експериментальної оцінки ергономічних характеристик був обраний легковий автомобіль середнього класу Volkswagen Golf VII (2015 року випуску). Такий вибір обумовлений його популярністю в європейському сегменті, збалансованістю між класичними та інноваційними ергономічними рішеннями, а також наявністю сучасних систем безпеки та мультимедіа, що дозволяє отримати комплексну картину впливу різних чинників на водія.

Volkswagen Golf VII – це п'ятидверний хетчбек із колісною базою 2636 мм, довжиною кузова 4284 мм, шириною 1789 мм та висотою 1456 мм. Салон має п'ятимісне компонування з можливістю регулювання сидіння водія у шести напрямках та діапазоном переміщення 240 мм по довжині, а також електричним регулюванням поперекової підтримки. Висота посадки водія складає 520 мм, що дозволяє зручно розміститися як водіям середнього, так і високого зросту. Рульова колонка регулюється в межах 40 мм по висоті та 50 мм по вильоту, забезпечуючи оптимальне налаштування ергономічної зони керування [10], [11].

Система клімат-контролю є двозональною, підтримує автоматичне регулювання температури в межах 14–24°C. Основні органи керування згруповані у зоні досяжності 60 см від положення тулуба водія, що відповідає сучасним ергономічним вимогам і дозволяє мінімізувати відволікання під час керування.

З точки зору безпеки, автомобіль обладнаний адаптивним круїз-контролем, асистентом утримання смуги, автоматичним екстреним гальмуванням та комплексом подушок безпеки. Салон виконаний із використанням шумопоглинаючих матеріалів, а акустичний комфорт підтверджується вимірами рівня шуму 67–69 дБА при швидкості 100 км/год. Площа скління складає 3,8 м², що забезпечує гарну освітленість і широкий оглядовий сектор.



Рисунок 3.1 – Салон автомобіля Volkswagen Golf VII (2015 року випуску)

Обраний об'єкт дослідження дає змогу не лише комплексно проаналізувати ергономіку робочого місця водія, а й провести вимірювання фізіологічних параметрів, впливу температурних і акустичних факторів, а також ефективності взаємодії з мультимедійними та допоміжними системами.

3.2 Вимірювання основних параметрів ергономічної зони водія

Вимірювання ергономічних параметрів водійського місця проводиться для оцінки відповідності геометрії салону сучасним стандартам зручності, безпеки та працездатності водія. Дослідження здійснюють із використанням контурної антропометричної моделі водія, рулеток, калібрів, кутомірів і цифрових вимірювачів відстаней.

Першим етапом є визначення діапазону регулювання сидіння водія. Для Volkswagen Golf VII цей діапазон становить 240 мм по довжині та 50 мм по висоті. Висота посадки (відстань від підлоги до площини сидіння) вимірюється у середньому становищі та складає 520 мм. Кут нахилу спинки

сидіння у стандартних налаштуваннях – $102\text{--}108^\circ$, що відповідає оптимальному положенню для тривалих поїздок і зниження м'язового навантаження.

Важливим параметром є досяжність основних органів керування. Відстань від поперекової точки сидіння до педалей становить 560–670 мм (в залежності від положення сидіння), до рульового колеса – 450–520 мм. Діапазон регулювання керма забезпечує підлаштування під антропометричні особливості різних водіїв. Органи управління освітленням, кліматом і мультимедіа згруповані у межах 350–600 мм від грудної точки водія, що дозволяє взаємодіяти з ними, не змінюючи посадку та не напружуючи плечовий пояс.

Для оцінки поля огляду вимірюється кутовий сектор, вільний від затінення стійками кузова. В обраній моделі цей сектор становить $75\text{--}78^\circ$, що забезпечує гарну видимість попереду. Висота лінії скління в районі плеча водія – 810 мм, що сприяє контролю обстановки навколо автомобіля.

Проводиться також аналіз простору для ніг (відстань від передньої кромки сидіння до педального вузла – 1040–1080 мм), простору над головою (930–990 мм) та ширини посадкового місця (510 мм). Для температурного та шумового аналізу фіксуються рівень температури на рівні голови та тулуба ($22\text{--}24^\circ\text{C}$ при увімкненому клімат-контролі) та рівень шуму на стандартних режимах (67–69 дБА при 100 км/год).

Комплекс цих вимірювань дозволяє об'єктивно оцінити ергономічну якість робочого місця водія, виявити можливі зони дискомфорту та підготувати пропозиції щодо оптимізації налаштувань сидіння, керма й розташування допоміжних систем для підвищення безпеки й продуктивності водіння.

Комплексна оцінка ергономічної зони водія неможлива без дослідження м'язового навантаження, аналізу параметрів зорового поля та перевірки досяжності основних органів керування. Ці показники визначають не лише комфорт, а й безпеку, оскільки надмірне навантаження або обмеження

видимості можуть призводити до швидкої втоми, зниження концентрації та збільшення ймовірності помилок під час керування.

У випадку Volkswagen Golf VII середнє статичне зусилля, необхідне для утримання керма при прямолінійному русі, не перевищує 10–12 Н. При маневруванні зусилля на ободі керма зростає до 18–22 Н, що залишається в межах оптимальних значень для тривалого водіння. Регулювання висоти та вильоту керма дозволяє знизити напруження в плечовому поясі та мінімізувати навантаження на м'язи спини, що сприяє зниженню ризику розвитку професійних захворювань опорно-рухового апарату.

Зорове поле водія визначається геометрією кузова, розташуванням передніх стійок, дзеркал і площі скління. В обраній моделі автомобіля кут прямої видимості складає 75–78°, що дозволяє повністю контролювати дорожню обстановку спереду та з боків без необхідності суттєвого повороту голови. Дзеркала заднього виду охоплюють сектор 160–170°, а завдяки правильній посадці та низькій лінії бічного скління зона "мертвих" секторів зведена до мінімуму. Висота підголовника, положення сидіння та налаштування рульової колонки впливають на оптимізацію оглядовості для водіїв різного зросту.

Досяжність елементів керування оцінюється за допомогою контурної моделі руки, вимірюванням відстаней і часу реакції. Всі основні перемикачі, важелі та кнопки згруповані в межах 350–600 мм від корпусу водія, що дозволяє керувати ними без відриву спини від спинки сидіння і без зайвих зусиль. Дослідження показують, що середній час досягання важливих органів керування (світло, склоочисники, клімат-контроль, перемикач режимів АКПП) не перевищує 1,2–1,4 с, що відповідає міжнародним ергономічним стандартам. Додатковою перевагою є інтеграція частини органів керування у багатофункціональне рульове колесо, що дозволяє зменшити кількість рухів і підвищити безпеку.

Таким чином, ергономічне налаштування посадки, мінімізація м'язового навантаження, оптимальне поле зору та досяжність органів керування

формують сукупність факторів, що забезпечують стійкий рівень працездатності водія, знижують ризик розвитку втоми та підвищують загальну безпеку руху. Проведені вимірювання та експериментальні дослідження підтверджують високий рівень ергономічної ефективності в сучасних легкових автомобілях середнього класу.

3.3 Аналіз температурного мікроклімату в кабіні автомобіля

Температурний мікроклімат у салоні автомобіля є критично важливим параметром, що безпосередньо впливає на ергономічний комфорт, працездатність і безпеку водія. Експериментальна оцінка температурних режимів у кабіні дозволяє визначити ступінь відповідності кліматичних систем автомобіля сучасним стандартам та їхню здатність забезпечувати стабільну, комфортну температуру в різних експлуатаційних умовах.

Для дослідження температурного мікроклімату у Volkswagen Golf VIII було проведено вимірювання температури повітря у різних точках салону: на рівні голови водія, в зоні ніг, на середній лінії торсу та біля дверей. Вимірювання здійснювали за допомогою цифрових термометрів і логерів температури при температурі зовнішнього повітря $+30^{\circ}\text{C}$ та працюючій системі клімат-контролю в автоматичному режимі.

Результати показали, що після 8–10 хвилин роботи кондиціонера температура на рівні голови та грудей стабілізується у межах $23\text{--}24^{\circ}\text{C}$, у зоні ніг – $22\text{--}23^{\circ}\text{C}$, біля дверей – $24\text{--}25^{\circ}\text{C}$. Різниця між окремими зонами салону не перевищує 2°C , що свідчить про ефективність розподілу повітряних потоків та відсутність зон локального перегріву чи переохолодження. Швидкість виходу на задану температуру значною мірою залежить від початкової температури салону: при нагрітому на сонці авто (до 50°C) час охолодження до комфортних значень складає 12–15 хвилин, а при помірному прогріві – не перевищує 8 хвилин.

Важливим критерієм якості мікроклімату є стабільність температури при зміні режимів руху та кількості пасажирів. При повному завантаженні (5

осіб) відхилення температури в зоні водія не перевищує $1,5^{\circ}\text{C}$ від заданого значення. Активна робота датчиків сонячної радіації та автоматичне регулювання швидкості вентиляції дозволяють уникати різких змін температури навіть при інтенсивному сонячному опроміненні чи затіненні.

Таким чином, аналіз температурного мікроклімату показує, що сучасна система клімат-контролю забезпечує комфортне середовище для водія і пасажирів, підтримує стабільність температури у всіх зонах салону та дозволяє мінімізувати негативний вплив зовнішніх факторів на працездатність і самопочуття водія під час тривалих поїздок.

3.4 Вимірювання рівня шуму в зоні водія при різних режимах руху

Для комплексної оцінки акустичного комфорту в автомобілі було проведено вимірювання рівня шуму в зоні голови водія при основних режимах руху: холостий хід, міський трафік, траса та розгін. Вимірювання здійснювалися професійним цифровим шумоміром, каліброваним згідно ДСТУ ISO 5128, з фіксацією середньозважених значень у дБА.

У режимі холостого ходу при закритих вікнах та вимкненому кліматі рівень шуму становить 42–45 дБА, що є типовим для сучасного легкового автомобіля з якісною шумоізоляцією моторного відсіку. При русі в міському потоці (швидкість 40–60 км/год, незначна частота прискорень і гальмувань) фіксується зростання шуму до 59–62 дБА. Основними джерелами стають шини, агрегати підвіски, вентилятор кондиціонера і навколишній міський фон.

На заміській трасі при швидкості 90–110 км/год середній рівень шуму в зоні водія становить 67–69 дБА. Зростання показників зумовлено підвищенням аеродинамічним шумом, роботою шин і турбулентними потоками повітря навколо кузова. У пікових режимах (розгін до 120–130 км/год, різкі прискорення) фіксується короткочасне підвищення рівня шуму до 71–73 дБА, переважно за рахунок інтенсивної роботи двигуна та підвищення обертів вентилятора охолодження.

При частково відчинених вікнах або відкритому люку значення шуму зростають у середньому на 6–8 дБА у всіх режимах. Це пов'язано з додатковим турбулентним потоком та появою резонансних ефектів.

У результаті експериментальних вимірювань встановлено, що автомобіль з якісною шумоізоляцією утримує рівень шуму у зоні водія на оптимальному рівні для тривалих поїздок, не перевищуючи порогові значення, що викликають втоми або зниження уважності. Рівномірний розподіл акустичних матеріалів, ламіноване скло та оптимізація аеродинаміки кузова дозволяють забезпечити стабільний акустичний фон незалежно від дорожніх умов.

Таблиця 3.5.- Рівень шуму в зоні водія при різних режимах руху (VW Golf VII, 2015 року випуску)

Режим руху	Середній рівень шуму, дБА	Основні джерела шуму
Холостий хід	42–45	Двигун, вентиляція, зовнішній фон
Міський трафік (40–60 км/год)	59–62	Шини, підвіска, кондиціонер
Траса (90–110 км/год)	67–69	Аеродинаміка, шини, потоки
Розгін (120–130 км/год)	71–73	Двигун, вентилятор, шини
Відкриті вікна/люк	+6...8 до базових значень	Турбулентний потік, резонанс

Проведені вимірювання засвідчують, що сучасний автомобіль із якісною шумоізоляцією демонструє низький рівень шуму в режимі холостого ходу, що сприяє відсутності дратівливості в заторах чи при очікуванні на світлофорі. Під час руху містом рівень шуму зростає, але залишається у межах нормативних значень і не викликає суттєвої втоми водія.

На трасі основну роль відіграють аеродинамічні шуми та контакт шин із дорожнім покриттям. Пікові навантаження на акустичну систему фіксуються при розгоні та високих обертах двигуна, але навіть у таких умовах показники залишаються нижчими від порогу, який викликає швидку втому чи погіршення концентрації. Відкриття вікон або люка значно підвищує рівень шуму, що необхідно враховувати при тривалих поїздках.

Висновки

1. Обрання для дослідження легкового автомобіля Volkswagen Golf VII дозволило комплексно оцінити ергономічні характеристики сучасного представника середнього класу, поєднавши аналіз класичних і новітніх рішень щодо організації робочого місця водія.

2. Геометричні та функціональні параметри салону цієї моделі забезпечують високий рівень індивідуального налаштування з урахуванням антропометричних особливостей користувачів, що позитивно впливає на комфорт, безпеку й продуктивність праці водія навіть у тривалих поїздках.

3. Проведений аналіз підтвердив відповідність ключових ергономічних показників, таких як досяжність органів керування, поле огляду, температурний режим і рівень шуму, сучасним міжнародним стандартам, що дає підстави рекомендувати Volkswagen Golf VII як зразок ефективного поєднання функціональності, безпеки та ергономіки в сегменті масових легкових автомобілів.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних виробничих небезпек

Розглянемо небезпеки при роботі за кермом автомобіля [15], [24]:

- рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (2 кГц – 5 кГц), блок модуляції променя ПТ (5 МГц – 10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння;
- появи підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера. Підвищений шум впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху;
- незадовільне освітлення штучного та природного освітлення може призвести до зниження працездатності працівника. Може з'явитися короткозорість, швидка втомленість, що приводить до травмування;
- при порушенні рівня легких позитивних і негативних аеронів в приміщенні вони можуть вплинути на організм дослідника, що може призвести до роздратованості;
- монотонність роботи за приводить до швидшої втоми, це більш ніж 600 однакових дій упродовж 75 % робочого часу за годину. Монотонність роботи, не ергономічність робочого місця призводить до захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну;
- порушення мікроклімату в салоні. Від працюючої хімії, інших нагріваючих приладів температура в кабіні підвищується, що призводить до дискомфорту оператора, до швидшої втоми;
- електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що викликає роздратованість, свербіж, запалення шкіри. При роботі

кондиціонера виділяється озон, який сильно роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;

- при виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів може виникнути пожежа. Якщо своєчасно її не загасити, то виникне пожежа, яка може призвести до опіків людини та до летальних наслідків;

- підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи, тощо;

- негативний вплив шкідливих факторів середовища.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Рівні електромагнітних випромінювань електромобілів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR 11 1990:10 Шведського національного комітету по вимірах і випробуванням. Ці значення рівнів вважаються базовими. Українські нормативні документи повністю збігаються в частині рівнів ЕМІ з вимогами MPR 11 [12], [15] [14], [30].

Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками які живляться напругою до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

Тому з метою забезпечення безпеки, як користувачів, так і обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в приміщеннях (лабораторіях) обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки ДСТУ 7237:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття.

Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно.

4.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни на ремонтних дільницях

Підрозділ виконано згідно. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях повинні бути передбачені системи вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

При виборі системи вентиляції, необхідно врахувати, що в приміщеннях з комп'ютерною технікою повинен бути забезпечений 3-х кратний повітрообмін за годину.

Рівні позитивних і негативних іонів в повітрі приміщень з комп'ютерною технікою повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень», які наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рівні іонізації повітря приміщень з

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см^3 повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори.

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, Напруженість поля для батарей може досягати 18 кВ. Тому із зовнішньої

сторони до екрана притягаються з повітря негативні частинки, які при нормальній вологості мають певну провідність.

Якщо зовнішня поверхня батареї заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50 %, при вологому більш ніж на 50 %. Для зменшення впливу, її треба винести його в інше приміщення.

В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії.

Оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою розглянемо на прикладі оцінки факторів виробничого середовища для працівника лабораторії.

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища, що впливають на працівника в процесі трудової діяльності, їх фактичне значення та час дії до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час літ. год.	ГЛК. ГЛР показники, $R_{доп}$	$X_{випр.}$ бали	Клас умов праці	$X_{і.}$ бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	26,5	10	22,9-25,1	1,6	3,2	2
Освітленість приміщення E , лк	430	10	500	-	3,1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{ор}$	A - 1	-	-	-	-	-
Рівень шуму L , дБА	108	6	50	-	3,3	1,5

продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
Загальні енергозатрати організму, Вт	350	8	290	1,2	3,2	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61500	8	40000	1,53		
Тривалість зосередженої уваги (в % від часу зміни)	78	8	75	0,832		
Тривалість робочого дня, год	10	10	10	0,15		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносимо їх значення до стовпчика 5, таблиці 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

– для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, [65]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ оцінки мікроклімату визначаємо в балах, за формулою (4.1) [30]:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T}, \quad (4.1)$$

де t_1, t_2, t_3, t_4 – час дії фактора на відповідному ступені 4 класу, год;

T – тривалість робочої зміни, год;

1, 2, 3, 4 – ступені 4 класу (шкідливі умови праці).

$$X_{\text{визн}} = \frac{4 \cdot 4}{10} = 1,6.$$

– для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою (4.2):

а) Загальні енергозатрати організму, $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{виз}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}}, \quad (4.2)$$

де $P_{\text{виз}}$ – виміряні показники важкості та напруженості праці;

T – час дії показника важкості та напруженості праці;

$K_{\text{знач}}$ – коефіцієнт значимості показника, для основних показників $K_{\text{знач}}=1,0$, для допоміжних $K_{\text{знач}}=0,15$;

8 – тривалість робочої зміни, год;

$P_{\text{доп}}$ – допустимі рівні показників важкості та напруженості праці.

$$X_{\text{визн}} = \frac{350 \cdot 10 \cdot 1,0}{10 \cdot 290} = 1,2.$$

б) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{61500 \cdot 10 \cdot 1,0}{10 \cdot 40000} = 1,53.$$

в) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{78 \cdot 8 \cdot 1,0}{10 \cdot 75} = 0,832.$$

г) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15$:

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{10 \cdot 10} = 0,15.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6 таблиці 4.2:

– для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 4.2 [30] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

– при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 250$ лк, за додатками.

Оскільки загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, робоче місце належать до 3 класу, 3 ступеню.

4.4 Заходи з пожежної безпеки та дії у надзвичайних ситуаціях

Оскільки приміщення дільниці має площу 34 м^2 , тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м^2 площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, , передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м [14], [15].

До захисних споруд цивільного захисту належать:

1) сховище – герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

2) протирадіаційне укриття – негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

3) швидкоспоруджувана захисна споруда цивільного захисту – захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення – це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення.

Найпростіше укриття – це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

Укриттю підлягають:

1) у сховищах:

а) працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у зонах можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;

б) персонал атомних електростанцій, інших ядерних установок і працівники суб'єктів господарювання, які забезпечують функціонування таких станцій (установок);

в) працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до категорії особливої важливості цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, а також працівники чергового персоналу суб'єктів господарювання, які забезпечують життєдіяльність міст, віднесених до відповідних груп цивільного захисту;

г) хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані у безпечне місце;

2) у протирадіаційних укриттях:

а) працівники суб'єктів господарювання, віднесених до першої та другої категорій цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

б) працівники суб'єктів господарювання, розташованих у зонах можливих руйнувань, небезпечного і значного радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій;

в) населення міст, не віднесених до груп цивільного захисту, та інших населених пунктів, а також населення, евакуйоване з міст, віднесених до груп цивільного захисту і зон можливих значних руйнувань;

г) хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, розташованих за межами зон можливих значних руйнувань міст, віднесених до груп цивільного захисту, і суб'єктів господарювання, віднесених до категорій цивільного захисту, а також закладів охорони здоров'я, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

3) у швидкоспоруджуваних захисних спорудах цивільного захисту, найпростіших укриттях та спорудах подвійного призначення - населення міст,

віднесених до груп цивільного захисту, яке не підлягає евакуації у безпечне місце, а також інших населених пунктів.

Для вирішення питань щодо укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту центральні органи виконавчої влади, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування та суб'єкти господарювання завчасно створюють фонд таких споруд.

Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Проектування, будівництво, пристосування і розміщення захисних споруд та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України "Про будівельні норми".

Вимоги щодо утримання та експлуатації захисних споруд визначаються центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають (у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації), за рахунок власних коштів.

У разі використання однієї захисної споруди кількома суб'єктами господарювання вони беруть участь в утриманні споруди відповідно до укладених між ними договорів. Захисні споруди цивільного захисту можуть використовуватися у мирний час для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України.

З моменту виключення захисної споруди із фонду споруд цивільного захисту вона втрачає статус захисної споруди цивільного захисту. Володіння, користування та розпорядження спорудами, які втратили статус захисних споруд цивільного захисту, здійснюється відповідно до закону.

Захисні споруди цивільного захисту державної та комунальної власності не підлягають приватизації (відчуженню).

Захисні споруди у мирний час можуть передаватися в оренду для задоволення господарських, культурних та побутових потреб із збереженням цільового призначення таких споруд, крім тих, що перебувають у постійній готовності до використання за призначенням, а саме:

- 1) в яких розташовані пункти управління;
- 2) призначених для укриття працівників суб'єктів господарювання, що мають об'єкти підвищеної небезпеки;
- 3) розташованих у зонах спостереження атомних електростанцій та призначених для укриття населення під час радіаційних аварій.

Особливості оренди захисних споруд визначаються типовим договором оренди, який затверджується Кабінетом Міністрів України.

Контроль за готовністю захисних споруд цивільного захисту до використання за призначенням забезпечує центральний орган виконавчої влади, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки, спільно з відповідними органами та підрозділами цивільного захисту, місцевими державними адміністраціями.

Висновки

1. У розділі розглянуто заходи з підвищення безпеки праці, проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час робіт з електрообладнанням автомобілів.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Випробування автомобіля методом вибігу

Система клімат-контролю включає різні датчики, які збирають дані про температуру та вологість та випромінювання. Ці датчики допомагають системі регулювати клімат у салоні автомобіля, забезпечуючи комфортні умови для пасажирів. Система клімат-контролю використовує електронні керуючі блоки, які обробляють інформацію від датчиків клімату і відповідають за керування роботою кондиціонера, вентиляторів і розподілу повітря [27], [31].



Рисунок 5.1 – Системи клімат-контролю автомобіля Volkswagen Golf VII

Для автомобіля з бензиновим двигуном 1,4 TSI рекомендований тиск для заправки системи клімат-контролю може бути різним залежно від кількості холодоагента, яка використовується у конкретній моделі. Зазвичай,

стандартні заправки системи в автомобілях використовують R134a. Для цього типу холодоагента, оптимальний рекомендований тиск зазвичай коливається в межах від 1,5...2,0 бар. Проте, точні значення можуть бути вказані в інструкції до автомобіля або в технічних специфікаціях [16], [25].

Для визначення впливу роботи та технічного стану системи кліматизації автомобіля Volkswagen Golf VII проведено дорожні випробування. Для розрахунку споживаної потужності використано програму Torque Pro, що є додатком для діагностики автомобілів, який зазвичай використовується для отримання даних про двигун, включаючи споживану потужність. Щоб визначити споживану потужність двигуна за допомогою Torque Pro необхідно запустити додаток Torque Pro та встановити з'єднання між додатком і OBD-II адаптером через тип з'єднання (Bluetooth або Wi-Fi).

Після встановлення з'єднання обирають панель приладів або дашборд у додатку, де необхідно відображати споживану потужність двигуна. У списку доступних параметрів фіксують значення, що відповідає споживаній потужності двигуна. Зазвичай це показник «Engine Power» або інші параметри, які можуть вказувати на споживану потужність, такі як «Power» або «Engine Load» (рис. 3.3).

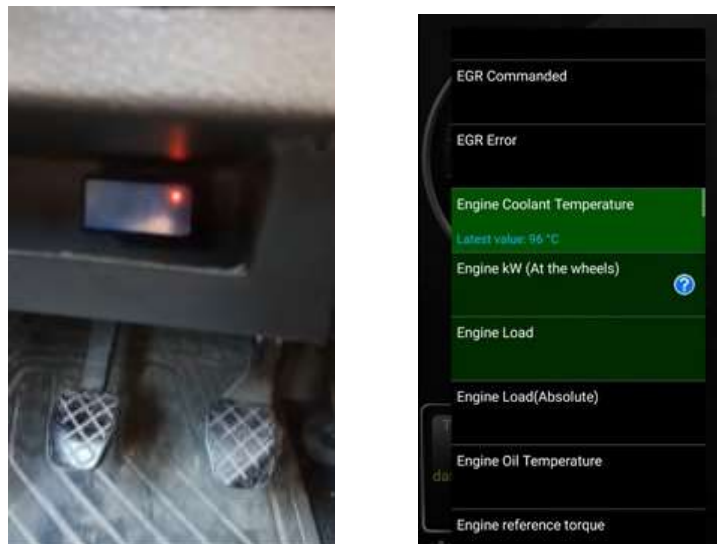


Рисунок 5.2 – Запис Log-файлу параметрів роботи двигуна автомобіля Volkswagen Golf VII

Для випробування проведено вибіг автомобіля на відрізку 1 км. Умови випробування були наступні (рис. 5.3):

- початковий тиск фреону в системі кондиціонування - 1,25 Bar;
- наповнена система кондиціонування, тиск фреону - 2,0 Bar;
- температура навколишнього середовища – 23 °С;
- встановлена температура в салоні автомобіля – 18 °С.

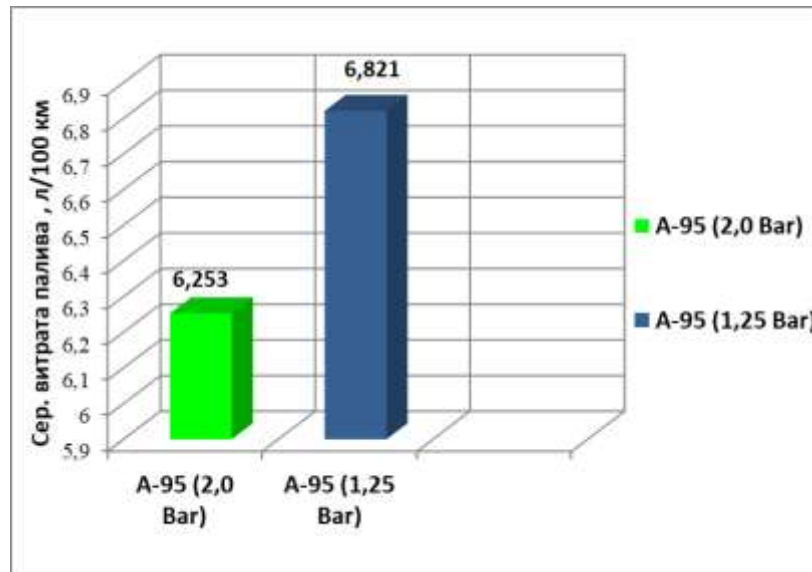
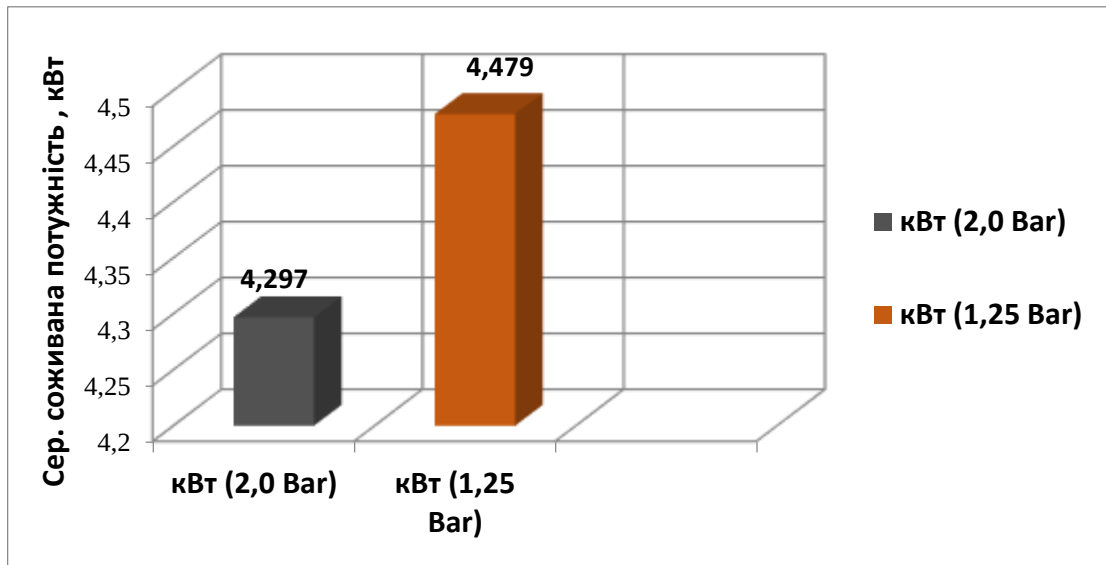


Рисунок 5.3 – Результати випробування системи кондиціонування автомобіля Volkswagen Golf VII

Випробування автомобіля проводилось наступним чином: початковий тиск фреону в системі кондиціонування становив приблизно 1,25 Bar; довжина

вибігу становила 1 км; після наповнення системи до 2,0 Bar (дод. А) проведено аналогічний вибіг довжиною 1 км (рис. 3.4); температура повітря в салоні автомобіля в обох випадках становила 18 °С.

Після розкодування та статистичної обробки отриманих даних, встановлено. За тиску фреону в системі кондиціонування 1,25 Bar, споживана потужність для підтримання заданої температури 18 °С становила 4,479 кВт, а середня витрата палива – 6,82 л/100 км.

За тиску фреону в системі кондиціонування 2,0 Bar, споживана потужність для підтримання заданої температури 18 °С зменшилась до 4,297 кВт, при цьому середня витрата палива знизилась до 6,25 л/100 км.

Висновки

1. Проведено розрахунок витрат пов'язаних з експлуатацією автомобіля з різним технічним станом системи кондиціонування. Зокрема встановлено, що для підтримання температури в салоні автомобіля + 18С шляхова витрата палива становить приблизно 6,3 л/100 км. Тоді як за зниженого тиску в системі кондиціонування шляхова витрата палива зростає до 6,8 л/100 км, що становить приблизно 25 грн/100 км пробігу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Дотримання ергономічних вимог на етапі розробки інтер'єру та робочого місця водія дозволяє досягти оптимального поєднання комфорту, безпеки та функціональності автомобіля. Системний підхід до визначення просторових, сенсорних і фізіологічних параметрів забезпечує мінімізацію навантаження на організм водія, зниження рівня втоми й кількості помилок під час керування.

2. Запровадження державних і міжнародних стандартів, таких як ДСТУ 2861, ISO 6682, ISO 15005, UNECE R.51 і R.125, гарантує не лише уніфікацію параметрів робочого місця, а й високий рівень захисту здоров'я та безпеки під час тривалої експлуатації транспортних засобів.

3. Ергономіка в автомобільному транспорті визначає якість взаємодії між людиною й технікою, впливає на експлуатаційні властивості, рівень безпеки та продуктивність роботи водія. Саме тому інтеграція ергономічних принципів у конструкцію автомобілів залишається пріоритетом для світових виробників і є необхідною умовою відповідності сучасним вимогам мобільності.

4. Дослідження легкового автомобіля Volkswagen Golf VII дозволило комплексно оцінити ергономічні характеристики сучасного представника середнього класу, поєднавши аналіз класичних і новітніх рішень щодо організації робочого місця водія.

5. Геометричні та функціональні параметри салону цієї моделі забезпечують високий рівень індивідуального налаштування з урахуванням антропометричних особливостей користувачів, що позитивно впливає на комфорт, безпеку й продуктивність праці водія навіть у тривалих поїздках.

6. Проведений аналіз підтвердив відповідність ключових ергономічних показників, таких як досяжність органів керування, поле огляду, температурний режим і рівень шуму, сучасним міжнародним стандартам, що дає підстави рекомендувати Volkswagen Golf VII як зразок ефективного

поєднання функціональності, безпеки та ергономіки в сегменті масових легкових автомобілів.

7. Проведено розрахунок витрат пов'язаних з експлуатацією автомобіля з різним технічним станом системи кондиціонування. Зокрема встановлено, що для підтримання температури в салоні автомобіля $+18^{\circ}\text{C}$ шляхова витрата палива становить приблизно 6,3 л/100 км. Тоді як за зниженого тиску в системі кондиціонування шляхова витрата палива зростає до 6,8 л/100 км, що становить приблизно 25 грн/100 км пробігу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bosch automotive electrics and automotive electronics. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 530 p.
2. DAF Trucks N.V. Офіційний сайт. Електронний ресурс. URL: <https://www.daf.com> (дата звернення: 05.06.2025).
3. Ergonomics in the Automotive Design Process. Edited by Vivek D. Bhise. Boca Raton : CRC Press, 2016. 329 p.
4. Hyundai Motor Company. Офіційний сайт. Електронний ресурс. URL: <https://www.hyundai.com/worldwide> (дата звернення: 05.04.2025).
5. Janssens, K., Mas, P., Gielen, L., Gajdatsy, P. et al.: A Novel Transfer Path Analysis Method Delivering a Fast and Accurate Noise Contribution Assessment, SAE Technical Paper 2009-26-0047, 2009.
6. Pheasant S., Haslegrave C. M. Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work. Third edition. Boca Raton : CRC Press, 2006. 352 p.
7. Sanders M. S., McCormick E. J. Human Factors in Engineering and Design. Ninth edition. New York : McGraw-Hill, 2013. 786 p.
8. Systems for the safety of commercial vehicles of today and tomorrow / WABCO. – Hannover, 2002. 15 p.
9. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems. New York, NY : Routledge, 2018. 379 p.
10. Toyota Motor Corporation. Офіційний сайт. Електронний ресурс. URL: <https://www.toyota-global.com> (дата звернення: 05.04.2025).
11. Volkswagen AG. Офіційний сайт. Електронний ресурс. URL: <https://www.vw.com> (дата звернення: 05.04.2025).
12. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів: Світ, 1995. 288 с
13. Гервас О.Г. Ергономіка. Навчально-методичний посібник. Умань: видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2011. 130с.

14. ДСТУ 12.1.004-01. ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги. Київ. Видавництво стандартів, 2002.
15. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
16. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Практикум : [навч. посіб.] / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа. Вінниця : ВНТУ, 2013. 113 с.
17. Канарчук В.Є. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
18. Канарчук, В. Е. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] : підручник для вузів : у 3 кн. Кн. 2 : Організація, планування й управління / В. Е. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець. Київ : Вища школа, 1994. 383 с.
19. Канарчук, В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] : підручник. Кн. 3 : Ремонт автотранспортних засобів / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець. Київ : Вища шк., 1994. 600 с.
20. Качмар Р. Я. Оцінювання екологічних та економічних втрат від шуму транспортних потоків міста Львова. Автомобільний транспорт: дослідження. 2013. № 1(231). С. 10–13.
21. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.
22. Кисляков В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В.Ф. Кисляков, В.В.Лущик. Київ: Либідь, 2000. 399 с.
23. Куліков Ю.А., Грибінченко М.В., Гончаров А.В. Системи охолодження, вентиляції та опалення автомобілів: Монографія. Луганськ: СНУ ім. В. Даля. 2006. 248 с.
24. Лехман С.Д., Целинський В.П., Козирев С.М. Довідник з охорони праці: Запитання і відповіді. Київ: Урожай, 1998. 400с
25. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління. Київ: Знання-Прес, 2004. 478 с.

26. Миронюк О. С., Шевчук В. В., Грабовець В. В. Вплив зовнішнього шуму легкового автомобіля на довкілля. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2019. № 1(12). С. 107–113.

27. Наказ Міністерства транспорту України “Про правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобільних транспортних засобів” від 11.11.2002 р., № 792: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0122-03>.

28. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ / А.П. Солтус. Київ: Арістей, 2010. 155 с.

29. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 473 с.

30. Типове положення про систему управління безпекою руху на автомобільному транспорті. *Перевізник*. Червень, 2004. №7. С. 18- 20.

31. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту : підручник / Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. [та ін.]. Київ: Кондор, 2011. 392 с.