

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«Харківський політехнічний інститут»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт

«Ергономічні властивості та екологія самохідних машин»

з курсу «Ергономічні властивості та екологія самохідних машин»

для студентів спеціальностей

133 «Галузеве машинобудування»

274 «Автомобільний транспорт»

Затверджено

редакційно-видавничою радою

університету,

протокол № 3 від 26.10.2022 р.

Харків

НТУ «ХПІ»

2022

«Ергономічні властивості та екологія самохідних машин». Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 274 «Автомобільний транспорт» / уклад. А.П. Кожушко; Б.І. Кальченко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 84 с.

Укладачі: А.П. Кожушко
Б.І. Кальченко

Рецензент *О.Ю. Ребров*

Кафедра автомобіле- і тракторобудування

Зміст

Вступ.....	4
Вимоги до оформлення роботи.....	4
<u>Практична робота №1: Ергономічна оцінка панелі приладів транспортного засобу.....</u>	5
<u>Практична робота №2: Оцінка ергономічних властивостей робочого місця водія транспортного засобу.....</u>	12
<u>Практична робота №3: Оцінка оглядовості дзеркал заднього виду</u>	18
<u>Практична робота №4: Оглядовість з місця водія транспортного засобу.....</u>	26
<u>Практична робота №5: Аналіз зміни стану водія транспортного засобу.....</u>	33
<u>Практична робота №6: Взаємозв'язок внутрішньої та зовнішньої аеродинаміки легкового автомобіля.....</u>	36
<u>Практична робота №7: Шум. Звуковий тиск. Віброзахист.....</u>	43
<u>Практична робота №8: Тепловий баланс кабіни</u>	49
<u>Практична робота №9: Оцінка технічної досконалості автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки.....</u>	56
<u>Практична робота №10: Оцінка викидів шкідливих речовин при різноманітних швидкостях руху вантажного автомобіля.....</u>	70
<u>Практична робота №11: Оцінка валових викидів шкідливих речовин від автотранспорту</u>	74
<u>Практична робота №12: Визначення якості атмосферного повітря на території автопарку</u>	79
Рекомендовані джерела	83

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Ергономічні властивості та екологія самохідних машин» належить до обов'язкових дисциплін професійної підготовки магістранта. Вона ґрунтується на фізіології, біології, медицині, психології, біомеханіки, промислової гігієни, нейрофізіології, антропометрії та інших науках про людину.

Метою вивчення даної навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з сучасними тенденціями розвитку ергономічних властивостей транспортних засобів, а також з екологічними нормами та загальною екологічною безпекою транспортних засобів. Дисципліна відноситься до освітньо-професійної програми підготовки магістра та уособлює послідовну, від простого до складного, організацію робочого місця водія транспортного засобу, вибір основних параметрів кабіни, кузова, салону, зони оглядовості, та структура елементів конструкції автомобіля, які впливають на людину та навколишнє. Окрім того, досліджуються основні норми екологічної безпеки транспортних засобів.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Звіт про виконання практичних робіт складається кожним студентом окремо. Звіти про роботу оформлюються на стандартних аркушах розміром А4 або у зошиті.

Звіт про кожну практичну роботу повинен бути перевірений викладачем, після чого проводиться співбесіда. На співбесіді викладач з'ясовує наскільки самостійно виконано практичну роботу, чи вміє студент вирішувати поставлені завдання. За позитивних результатів співбесіди практична робота зараховується, про що викладач робить позначку «Зараховано» на титульному аркуші роботи і рецензії, зазначаючи дату, своє прізвище та підпис. При незадовільних результатах співбесіди студент з'являється на повторну співбесіду. Якщо у ході повторної співбесіди остаточно встановлено, що практична робота виконана студентом не самостійно, йому видається інше завдання.

Практична робота №1
**ЕРГОНОМІЧНА ОЦІНКА ПАНЕЛІ ПРИЛАДІВ
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

Мета роботи – ознайомитися з методикою і порядком проведення ергономічної оцінки панелі приладів транспортного засобу.

Теоретична частина

Ергономічна оцінка експлуатованих систем «людина-машина», пультів управління складних автоматичних ліній і приладів дає змогу з'ясувати рівень надійності, пропускну спроможності і ступінь точності роботи водія, спрогнозувати поведінку діючої систем «людина-машина», а також взяти заходи для максимального підвищення ефективності їх праці. Оцінка починається із складення плану проведення досліджень. Основні етапи таких досліджень формуються за наступним алгоритмом:

а) ознайомлення з призначенням, метою системи, задачами і основними вимогами до неї;

б) побудова структурної схеми, що відтворює зв'язки окремих підсистем, потоки інформації і хід регулювання. При цьому окремо виділяються «людські» ланцюги з позначенням прямих і зворотних зв'язків між оператором систем «людина-машина» і машиною, а також між окремими операторами (слід відзначити інтенсивність зв'язків і їх відносну важливість);

в) оцінка середовища, в якому система функціонує, і його вплив на систем «людина-машина», що досліджується;

г) опис функцій системи і її підсистем для всіх режимів роботи (включаючи малоймовірні аварійні ситуації). При визначенні функцій системи слід зазначити, які операції найважливіші і що є динамічною структурою системи, тобто які здвиги виникають в окремих підсистемах при управлінні, дії перешкод і т.д.

д) детальна ергономічна оцінка робочого місця;

е) оцінка засобів відображення інформації і органів управління;

ж) розгляд функцій оператора для нормального режиму роботи і, окремо, для екстремальних ситуацій. При цьому необхідно докладно проаналізувати умови, які можуть привести до виникнення аварійної ситуації;

з) оцінка суміщення функцій оператора за часом;

На підставі всіх вищезазначених даних формується висновок про надійність і ефективність системи і даються рекомендації по модернізації або удосконаленню окремих підсистем, вузлів або всього приладу.

Етапи проведення ергономічної оцінки панелі приладів транспортного засобу:

1. **Загальний опис** включає в себе коротку характеристику об'єкта, що досліджується:

- призначення;
- місце розташування;
- визначення основних та додаткових параметрів регулювання;
- основні задачі водія (за якими параметрами він слідкує, які регулює, по яким питанням приймає рішення) і послідовність виконання операцій.

Ведучі канали інформації (*зоровий, слуховий*); моторні дії (*ручне або ножне управління*); контингент осіб на який розраховано пульт або прилад (стать, вік, країна); можливі аварійні ситуації і відмови, обмеження в роботі або якісь особливі умови розміщення та експлуатації.

2. **Складання антропометричної характеристики.** Вихідні дані беруться із аналізу довідкових матеріалів по антропометричним вимірам. Користуючись цими матеріалами оцінюється фактичне робоче місце водія і розроблюють його найбільш раціональну конструкцію.

Уточнюється відповідність панелі приладів, зони огляду, ергономічним вимогам. Оцінюється робоча поза, сидіння водія, визначаються сфери захвату.

Вибір пози і положення водія значною мірою залежить від розмірів інформаційного поля і відстані від приладів до очей водія.

При роботі з невеличкими приладами (шкалами) відстань до очей повинна дорівнювати 12-25 см; таку роботу виконують тільки в позі сидячи. При роботі з віддаленням від панелі на 25-30 см сидяча поза також вважається кращою. При віддаленні від засобів відтворення інформації і органів управління на 35-50 см робота частіше виконується в положенні стоячи і, нарешті, при відстані від очей до об'єкту стеження більш ніж на 50 см робота виконується тільки в положенні стоячи.

При роботі біля пульта управління (лицьової панелі приладу) повинні витримуватись оптимальні кути зору. При роботі стоячи кут зору $\alpha \leq 30^\circ \pm 2,5^\circ$, а в положенні сидячи $\alpha \leq 38^\circ \pm 2,1^\circ$. Необхідно визначити

кутовий розмір панелі і порівняти з нормальним кутом зору. Кутівий розмір визначається з виразу

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{S}{2 \cdot L}, \quad (1)$$

де α – кутівий розмір панелі, град;
 S – висота панелі, м;
 L – відстань від панелі до водія-оператора, м.

На основі помічених відхилень складаються рекомендації і вносяться зміни в конструкцію за даними антропометрії.

3. Оцінка умов праці на робочому місці дається на підставі порівняння нормативних вимог з фактичними характеристиками виробничого середовища. Бажано заміряти температуру, вологість і швидкість руху повітря, а також освітленість робочого місця водія (що виконується з урахуванням фактору часу, тобто довготривалість і темп виконання цієї роботи).

Оцінюючи умови праці необхідно зазначити: які несприятливі фактори можуть бути присутні на цьому робочому місці і проаналізувати їх; заходи по усуненню шкідливого впливу середовища на роботу водія (якщо воно є) і дати рекомендації до цього розділу у загальному плані (умови праці оператора вимагають поліпшення і т.д.).

4. Оцінка засобів відтворення інформації.

а) описується загальний вигляд, розміри і розташування інформаційних панелей. Вибір панелі залежить від її розмірів. У горизонтальній площині кут обзору (при фіксованому погляді в центр панелі) повинен мати $30^\circ - 40^\circ$, допускається кут $50^\circ - 60^\circ$, максимальний кут (як виняток) досягає 90° .

Відстань між водієм і панеллю визначається співвідношенням

$$L = \frac{b}{2 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right)}, \quad (2)$$

де L – відстань від панелі до оператора, м.
 α – кут обзору, град;
 b – ширина екрану, м.

Для панелей, де $b < 10$ м, співвідношення ширини до висоти складає 1,3:1.

При виконанні цього пункту необхідно врахувати такі обставини. У випадку, якщо $\alpha > 50^\circ$, краще використовувати сферичний пульт. При фронтальному пульта, розташованому по вертикалі з кутом, що не перевищує 30° , може бути одна плоска секція. Вона розташована так, що її верхній край знаходиться на рівні лінії горизонтального погляду, але сама площина панелі повинна складати з площиною, яка перпендикулярна лінії погляду, кут $0^\circ - 20^\circ$ у нижнього краю панелі. Якщо кут розташування панелі по вертикалі складає більше 30° , але не більше 45° , то нижче основної додається ще одна секція, що складає кут $30^\circ - 50^\circ$ до горизонталі.

б) проводиться оцінка окремих приладів. При цьому вказується загальна кількість приладів, їх призначення і характеристика (стрілочні, картинні, віконцеві і т.д.). Ці дані приводяться в порівнянні з нормативними.

в) аналізується розташування приладів. Прилади повинні бути розташовані так, щоб найбільш важливі з них у функціональному відношенні (а також прилади з найчастішим звертанням) знаходились у центрі поля зору. Звертання до приладу орієнтовно визначається в залежності від задач управління. На схемі розташування приладів останні нумеруються за частотою звертання. Після цього перевіряються зв'язки, тобто порядок нагляду за приладами. Прилади з більш тісними зв'язками повинні розташуватися поряд.

Після проведення оцінок дається загальний висновок по засобам відтворення інформації.

5. Оцінка органів управління. При оцінці органів управління необхідно позначити найменування, призначення і кількість органів управління, відповідність розташування органів управління робочим зонам, розмір, форму, колір, послідовність звертання і частоту використання органів управління; число вмикань за час роботи, напрямок, величину переміщень і прикладених до цього зусиль, загальну величину витраченої енергії при виконанні операцій, пов'язаних з управлінням.

При оцінці тумблерів та перемикачів слід вказувати і довжину плеча важеля; ширину самої широкої частини; напрямок вмикання; кількість положень і кут повороту перемикача; поверхню ручки, що захвачується рукою (довжина, ширина, глибина).

При оцінці органів ножного управління (педалі) необхідно відобразити: нормальне положення (сидячи, стоячи), відстань між педальми та їх нахил,

відстань від крісла до педалі, частоту звертання, можливість регулювання і затрачені зусилля.

Найважливіші органи управління слід розташовувати попереду і праворуч від оператора в зоні досягнення правої руки. Максимальний розмір зони досягнення обох рук складає 700×1100 мм. Розмір зони досягнення за шириною (1100 мм) може бути збільшений в деяких випадках на 200 – 300 мм.

Глибина робочої панелі не повинна перевищувати 800 мм.

Висота пульта, призначеного для роботи сидячи за столом, чи стоячи, повинна бути в межах 750-850 мм, а кут нахилу його панелі до горизонтальної площини – в межах 10-20°.

Місце на пульті для видання записів, розміщення реєстраційних журналів і технічної документації, повинно розташовуватись безпосередньо перед оператором. Його мінімальні розміри – 1000 мм в ширину і 300-400 мм у глибину.

Написи на пульті повинні розташовуватись однаково: під або над кожним зазначеним елементом. Написи розташовують так, щоб вони читалися зліва направо. Кожен текст повинен використовуватись для зазначення тільки однієї функції. Співвідношення висоти та ширини знаків повинно дорівнювати приблизно 3:2, висота букв та інших символів на панелях, що знаходяться безпосередньо перед оператором – не менше 3 мм.

Рекомендовані розміри букв в написах приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Рекомендовані розміри букв та цифр в приладах

Відстань до очей,	Розміри букв та цифр, мм	
	Важливі написи	Звичайні написи
м		
0,7	2,5 – 5,0	1,2 – 4,0
1,0	3,3 – 6,6	1,5 – 4,5
2,0	6,6 – 12,0	3,3 – 10,0
6,0	22,0 – 43,0	11,6 – 33,0

При оптимальній відстані до оператора (приблизно 25 см) ширина штриха чорних цифр і букв на білому фоні повинна складати приблизно 1/6 висоти, а білих цифр і букв на чорному фоні – приблизно 1/7 – 1/8 їх висоти.

Рекомендована ширина штриха букви залежить від тієї відстані, на якій розташовано пульт від оператора. Так, при відстані 1; 2; 3; 4; 5 і 6 м ширина

штриха букви (чорні на білому) повинна бути відповідно 0,5; 0,8; 1,1; 1,4; 1,7 та 2 мм.

У висновках необхідно звернути увагу на такі питання: чи відповідає розташування органів управління логіці діяльності оператора; особливості групового розташування органів управління, що регулюють один параметр; відповідність індикаторів органам управління; розташування органів управління відносно індикаторів (вище, нижче індикаторів); розташування аварійних органів управління; відповідність напрямку руху рукоятки (важеля) напрямку руху стрілки; влаштування місця для ведення записів, розміщення реєстраційних журналів і технічної документації.

6. Загальний висновок і пропозиції по вдосконаленню системи. Крім текстової частини пропозиції повинні мати також графічну.

Практична частина

Охарактеризувати відповідність вимог ергономіки фактичного розташування засобів відображення інформації, індикаторів панелі приладів транспортного засобу. Результати вносяться до табл. 2 і 3.

Таблиця 2 – Характеристика елементів панелі приладів

Тип приладу	Назва приладу	Розмір по вертикалі	Діаметр шкали	Розмір напису	Розмір цифр	Відхилення від нормативу кутових розмірів

Таблиця 3 – Результати вимірювання параметрів панелі приладів

Показник	Величина	
	Фактична	Нормативна
Відстань від оператора (водія)		
Кут огляду		
Відхилення		
Рекомендації		

Самостійна робота

Визначити відповідність вимог ергономіки фактичного розташування засобів відображення інформації, індикаторів панелі приладів транспортного засобу, який є у наявності.

Контрольні питання:

1. Перерахуйте етапи ергономічної оцінки.
2. Що дозволяє виявити ергономічну оцінку систем «водій-машина-середовище»?
3. Які рекомендуються розміри та як їх визначити на панелі приладів?
4. Яким чином слід розташовувати прилади автомобілів на панелі?
5. Яким чином повинні бути розташовані написи на панелі приладів?
6. Яким вимогам повинні відповідати прилади та пульти керування автомобілів та тракторів?
7. На що впливає правильний вибір параметрів конструкції приладів автомобіля?

Практична робота №2

**ОЦІНКА ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОГО
МІСЦЯ ВОДІЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

Мета роботи – ознайомитися з методом оцінки ергономічних властивостей робочого місця водія транспортного засобу.

Теоретична частина

Проектування кузова легкового автомобіля починається з проектування салону. Під час компонування принципові рішення визначаються наступними обставинами:

1. Вимогами до салону та багажного відділення (розташування та розміри сидінь, розміщення багажу).
2. Конструктивними вимогами (пасажиромісткість, швидкість, розміщення агрегатів шасі).
3. Вимогами до форми кузова (видимість, аеродинаміка, загальний вигляд, технологічність).

Для визначення розмірів сидінь, довжини та розмірів салону, а також розміщення органів керування, автомобілю служать моделі тіл (манекени) з розмірами, одержаними внаслідок численних замірів. Розділяють три групи зросту: малий, середній, великий.

Розроблено та стандартизовано манекени, антропометричні характеристики яких відповідають певним перцентилям. Ці манекени отримали назву посадкових, тому що з їхньою допомогою визначаються робочі пози та інші параметри, що характеризують положення водія на сидінні. Існують тривимірні та двомірні посадкові манекени.

Тривимірний посадковий манекен можна використовувати лише при дослідженнях готового виробу – сидіння або автомобіля.

При конструкторських роботах застосовують двомірні посадочні манекени, які за своїми розмірами відповідають тривимірному, налаштованому на певний рівень репрезентативності. Двовимірні посадкові манекени (рис. 1) виготовляють із будь-якого прозорого матеріалу. Зазвичай використовують три двовимірні манекені – 10, 50 і 95%-ного рівнів репрезентативності. Для розміщення переднього сидіння манекен 50-го рівня репрезентативності повинен відповідати середньому положенню; манекен чоловіка 95-го рівня репрезентативності повинен братися за основу для

виявлення положення водія, коли сидіння максимально зсунує назад і опущене вниз, а манекен жінки 5-го рівня репрезентативності відповідно, коли сидіння переміщене вперед і повністю підняте вверху. Цим визначається зона регулювання сидіння за довжиною та висотою.

Робоче місце водія повинно забезпечувати під час роботи зручну позу та виконання простих, економічних рухів. Зручне положення водія під час роботи забезпечується раціональною конструкцією сидіння, його спинки та межами регулювання. Розміри робочого місця водія та розміщення основних органів керування повинні забезпечувати зручне управління автомобілем для водіїв від 5-го до 95-го рівня репрезентативності. Параметри робочої пози водія повинні відповідати вимогам рис. 2.

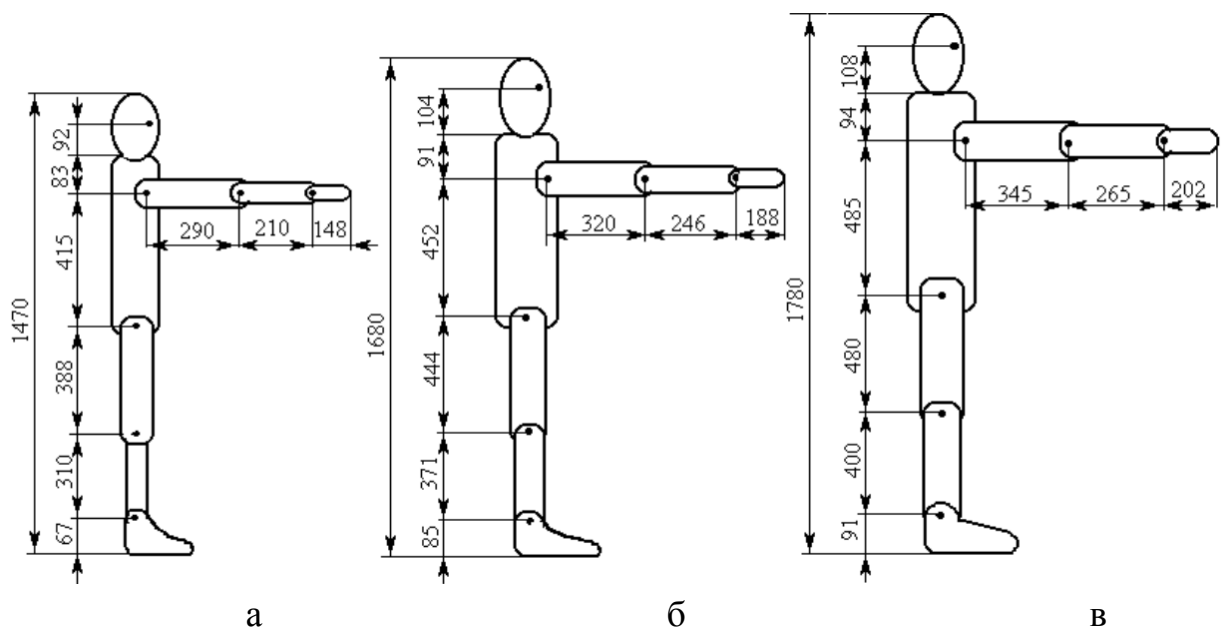


Рисунок 1 – Основні розміри двомірних манекенів:
 а) жінка 5-го рівня репрезентативності; б) чоловік 50-го рівня репрезентативності; в) чоловік 95-го рівня репрезентативності

Стандартний двомірний посадковий манекен використовують:

- для знаходження геометричних параметрів кабіни та параметрів посадкових місць для водія та дорослих пасажирів на етапах проектування;
- визначення параметрів пасажирського приміщення та посадкових місць за порівняльної оцінки різних моделей транспортних засобів;
- відтворення на кресленнях параметрів, виміряних за допомогою тривимірного манекена.

Параметри робочого місця водія повинні відповідати вимогам, рис. 3.

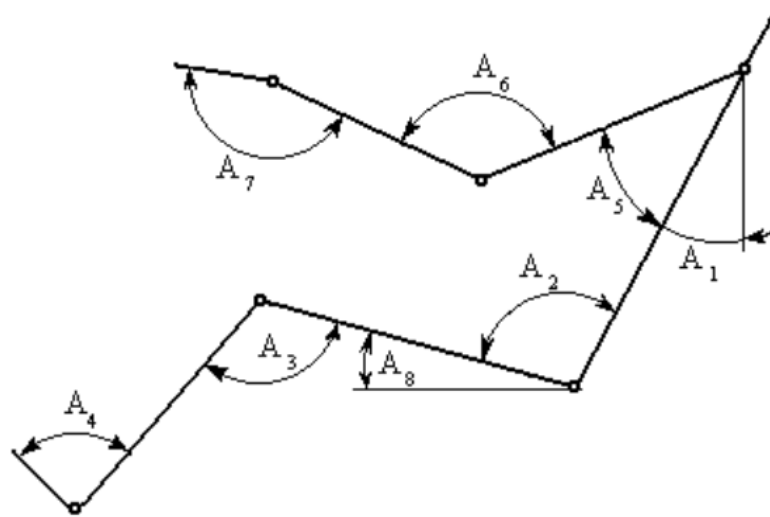


Рисунок 2 – Параметри робочої пози водія:

A_1 – кут відхилення тулуба від вертикалі ($10...25^\circ$); A_2 – кут між тулубом та стегном ($90...120^\circ$); A_3 – кут між стегном та голінкою ($95...135^\circ$); A_4 – кут між голінкою та стопою для правої ноги (не менше 90°); A_5 – кут між тулубом та плечем ($5...50^\circ$); A_6 – кут між плечем та передпліччям ($80...160^\circ$); A_7 – кут між передпліччям та кистю ($170...190^\circ$); A_8 – кут нахилу стегна до горизонталі (не менше 4°)

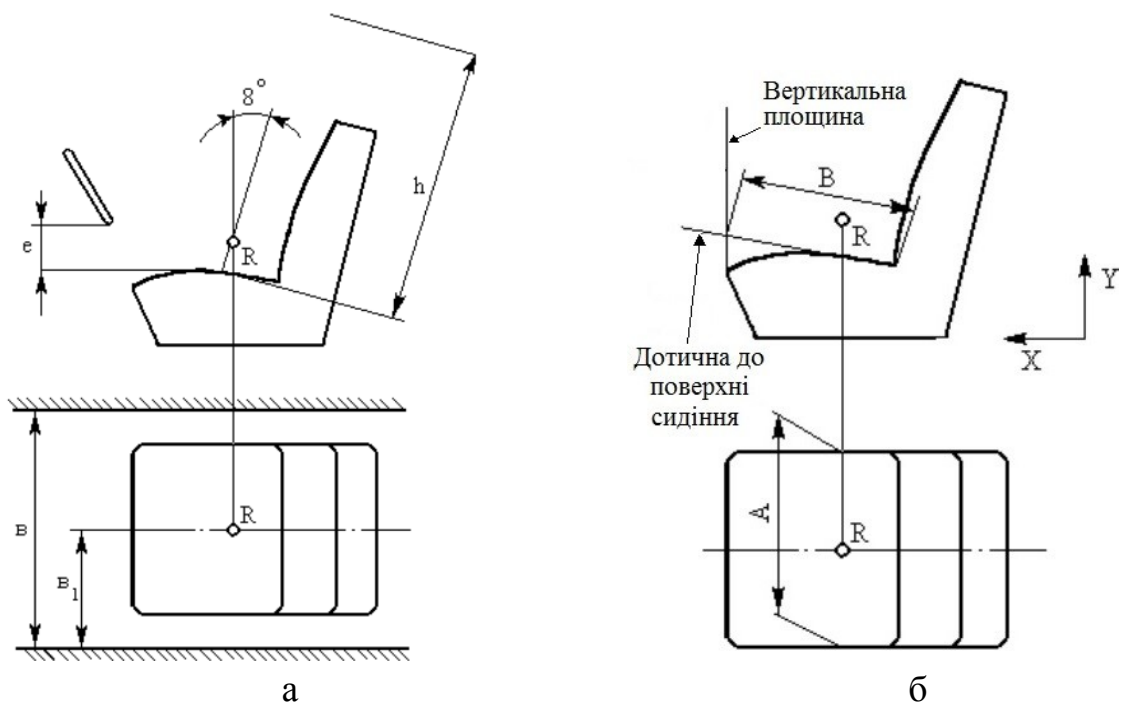


Рисунок 3 – Параметри робочого місця водія:

e – відстань від нижнього краю нерегульованого рульового колеса до ненавантаженої поверхні подушки сидіння у верхньому положенні сидіння на всьому діапазоні повздовжнього регулювання (не менше $140 - 180$ мм); h – відстань від точки R до внутрішньої обшивки даху ($1000 - 1100$ мм); B – ширина робочого місця водія (не менше 750 мм); B_1 – відстань від лівої внутрішньої стінки кабіни до вісі симетрії сидіння (не менше $300 - 350$ мм); B – глибина сидіння (не менше 400 мм); A – ширина сидіння (подушки) (не менше 450 мм)

Примітка: висота спинки сидіння (не менше 495 мм); діапазон регулювання кута нахилу подушки сидіння (не менше 6°); мінімальний діапазон регулювання кута нахилу спинки сидіння (14°); діапазон горизонтального регулювання сидіння (не менше 100 мм); діапазон вертикального регулювання сидіння (не менше 60 мм)

Розміщення основних органів керування автомобілів повинно відповідати рис. 4.

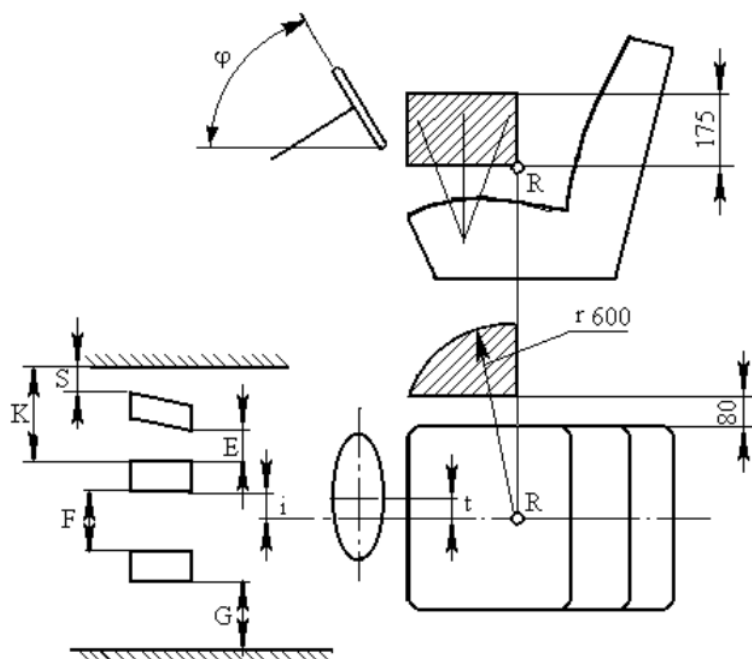


Рисунок 4 – Розміщення основних органів керування автомобілів:

t – осьове зміщення центру рульового колеса від повздовжньої площини симетрії сидіння водія (не більше ± 30 мм); ϕ – кут нахилу площини рульового колеса від горизонталі (не менше 15°); E – відстань між краями педалей гальма і акселератора (не менше 50 мм); F – відстань між краями педалей гальма і зчеплення (не менше 100 мм); G – відстань від лівого краю педалі зчеплення до лівої бокової стінки кабіни (не менше 120 мм); K – відстань від правого краю педалі гальма до правої бокової стінки кабіни (не менше 150 мм); S – відстань від правого краю педалі акселератора до правої бокової стінки кабіни (не менше 25 мм); i – осьове зміщення лівого краю педалі гальма від повздовжньої площини симетрії сидіння водія (не більше 75 мм)

У зоні розміщення педалей не допускається розміщення інших вузлів та деталей, які заважають управлінню.

Практична частина

Оцінити ергономічні властивості робочого місця водія автомобіля BMW-520. Результати внести до табл.1.

Таблиця 1 – Результати оцінки ергономічні властивості робочого місця водія автомобіля BMW-520

Найменування параметра	Позначення	Розмір
Кут відхилення тулуба від вертикалі	A1	
Кут між тулубом та стегном	A2	
Кут між стегном та голінкою	A3	
Кут між голінкою та стопою для правої ноги	A4	
Кут між тулубом та плечем	A5	
Кут між плечем та передпліччям	A6	
Кут між передпліччям та кистю	A7	
Кут нахилу стегна до горизонталі	A8	
Відстань від нижнього краю нерегульованого рульового колеса до ненавантаженої поверхні подушки сидіння у верхньому положенні сидіння на всьому діапазоні повздовжнього регулювання	e	
Відстань від точки R внутрішньої обшивки даху	h	
Ширина робочого місця водія	v	
Відстань від лівої внутрішньої стінки кабіни до вісі симетрії сидіння	v ₁	
Глибина сидіння	B	
Ширина сидіння (подушки)	A	
Висота спинки сидіння		
Діапазон регулювання кута нахилу подушки сидіння		
Мінімальний діапазон регулювання кута нахилу спинки сидіння		
Діапазон горизонтального регулювання сидіння	x	
Діапазон вертикального регулювання сидіння, мм	y	
Осьове зміщення центру рульового колеса від повздовжньої площини симетрії сидіння водія	t	
Кут нахилу площини рульового колеса від горизонталі	φ	
Відстань між краями педаль гальма і акселератора	E	
Відстань між краями педаль гальма і зчеплення	F	
Відстань від лівого краю педалі зчеплення до лівої бокової стінки кабіни	G	
Відстань від правого краю педалі гальма до правої бокової стінки кабіни	K	
Відстань від правого краю педалі акселератора до правої бокової стінки кабіни	S	
Осьове зміщення лівого краю педалі гальма від повздовжньої площини симетрії сидіння водія	i	

Контрольні питання:

1. Якими параметрами характеризується робоча поза водія?
2. Яка мінімальна відстань повинна бути від рульового колеса та рукоятки механічної коробки до інших деталей?
3. Якими параметрами визначаються розміри робочого місця водія?
4. Яка відстань між педалями гальма та акселератора повинна витримуватися?
5. Які регулювання передбачаються для сидіння водія?
6. Які кути обзору необхідно забезпечити з робочого місця водія?

Практична робота №3
ОЦІНКА ОГЛЯДОВОСТІ ДЗЕРКАЛ ЗАДНЬОГО ВИДУ

Мета роботи – ознайомитися з методом вимірювання поля огляду дзеркал заднього виду.

Теоретична частина

Правила № 46 ЄЕК ООН регламентують вимоги до дзеркал заднього виду та їх встановлення на транспортних засобах категорій М та N та на всіх інших транспортних засобах, що мають менше чотирьох коліс та кузов частково або повністю закритого типу.

Дзеркало заднього виду – це будь-який пристрій, призначений для забезпечення в межах поля огляду чіткого виду того, що знаходиться позаду та збоку транспортного засобу. Розрізняють такі дзеркала заднього виду:

- *внутрішнє дзеркало заднього виду* – пристрій, призначений для встановлення в салоні транспортного засобу;
- *зовнішнє дзеркало заднього виду* – пристрій, призначений для встановлення на зовнішній поверхні кузова транспортного засобу;
- *дзеркало для спостереження* – дзеркало заднього виду, що встановлюється всередині або зовні транспортного засобу, призначене для забезпечення іншого поля огляду, відмінного від визначеного раніше. Клас дзеркал заднього виду поєднує всі пристрої, що мають одну або кілька загальних характеристик або функцій.

Дзеркала заднього виду поділяють на п'ять класів:

- клас I – внутрішні дзеркала заднього виду (рис. 1). Дане дзеркало встановлюється в салоні автомобіля, за рахунок спеціального надійного кронштейна. Воно регулюється дуже просто і за рахунок цього можна побачити всю ситуацію на дорозі. Дзеркала в автомобілі також виконують декоративну функцію, вони доповнюють інтер'єр автомобіля.

Налаштування салонного дзеркала заднього виду, полягає в тому, що потрібно знайти центральну точку дзеркала і співвіднести її з центральною лінією заднього скла.

- класи II і III – основні зовнішні дзеркала заднього виду (рис. 2). Використання бічних дзеркал при водінні автомобіля – це фундаментальний навик водія, без якого вся система взаємодії з автомобілем ламається.

- клас IV – ширококутні зовнішні дзеркала заднього виду (рис. 3).
- клас V – зовнішні дзеркала бічного огляду (рис. 4).



Рисунок 1 – Внутрішнє дзеркало заднього виду

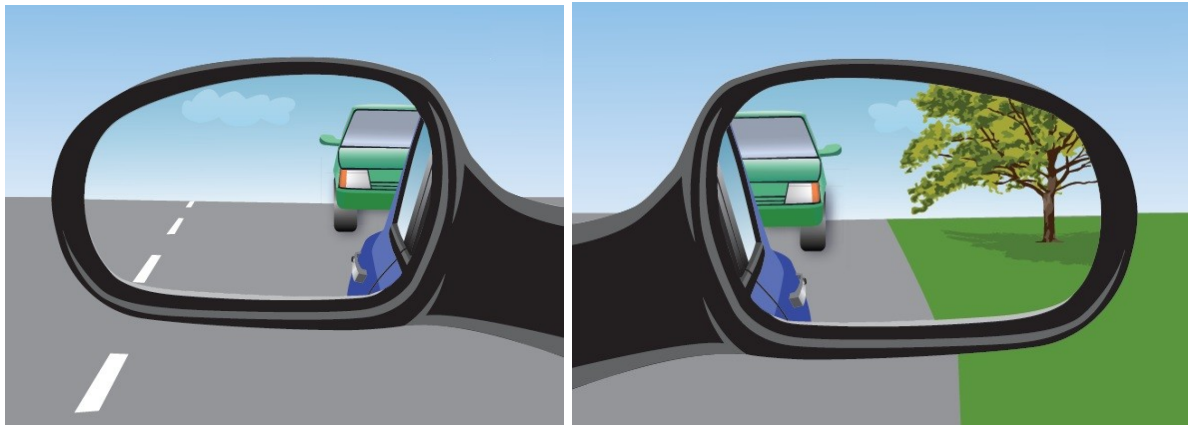


Рисунок 2 – Внутрішнє дзеркало заднього виду



Рисунок 3 – Ширококутні зовнішні дзеркала заднього виду



Рисунок 4 – Зовнішні дзеркала бічного огляду

Дзеркала по типу відображаючого елемента діляться на:

- Плоскі – такі дзеркала хоч і забезпечують невеликий кут огляду, зате вони не спотворюють зображення і відстань до предметів.
- Панорамні – такі дзеркала значно збільшують кут огляду і зменшують кількість мертвих зон, але вони трохи спотворюють зображення і відстань до перешкод.
- Багатосекційні – дзеркало складається з декількох секцій: основної та допоміжної, за рахунок цього усуваються мертві зони.

Всі дзеркала заднього виду повинні бути регульованими та виготовленими із безпечного скла.

Контур поверхні, що відбиває, повинен бути оточений захисним корпусом (кожухом і т.п.), який по всьому периметру в будь-якій точці і в усіх напрямках повинен мати радіус закруглення не менше 2,5 мм.

Якщо поверхня, що відбиває, виходить за межі захисного корпусу, радіус закруглення по периметру, що виходить за межі корпусу, повинен становити 2,5 мм або більше, а поверхня, що відбиває, повинна входити в захисний корпус під впливом сили 50 Н, що прикладається до найбільш виступаючої точки по відношенню до захисному корпусу в горизонтальному напрямку, приблизно паралельно до середньої поздовжньої площини ТЗ.

Якщо дзеркало заднього виду встановлено на рівну поверхню, всі його частини при будь-якому регулюванні пристрою, а також усі частини, що залишаються прикріпленими до захисного корпусу після проведення випробувань, які у статичному положенні можуть вступати в контакт зі сферою діаметром 165 мм для внутрішніх дзеркал заднього виду, або

діаметром 100 мм для зовнішніх дзеркал заднього вигляду повинні мати радіус закруглення не менше 2,5 мм; краї отворів для кріплення та виїмки, діаметр або найбільша діагональ яких становить не менше 12 мм, не повинні відповідати цим вимогам, що стосуються радіусу кривої, за умови, що з них знято фаску.

Пристрій кріплення на ТЗ повинен бути сконструйований таким чином, щоб циліндр радіусом 50 мм, що має вісь повороту або обертання, яка забезпечує відхилення дзеркала заднього виду в напрямку удару, принаймні, частково проходив через поверхню, на якій він кріпиться.

Якщо дзеркала складаються з декількох поверхонь, що відображають різний ступінь вигину або утворюють між собою кут, то необхідно щоб одна поверхня, що відбиває, забезпечувала поле огляду і мала розміри, що приписуються для того класу, до якого відносяться дані дзеркала.

Значення звичайного коефіцієнта відображення має становити щонайменше 40 %; якщо дзеркало має дві позиції день – ніч, то в положенні день повинні розпізнаватись кольори сигналів (знаків) дорожнього руху, а значення звичайного коефіцієнта відображення в положенні ніч має бути не нижче 4%. Поверхня дзеркал заднього виду, що відображає, повинна бути плоскою або мати форму опуклої сфери, а також мати в розпорядженні розміри для кожного класу дзеркал заднього виду.

Для дзеркал заднього виду класу I відбивна поверхня внутрішнього дзеркала заднього виду повинна мати такі розміри, щоб у них можна було вписати прямокутник, одна зі сторін якого дорівнює 4 см, а інша становить величину, яка визначається з виразу

$$a = \frac{15}{1 + \frac{1000}{r}}, \quad (1)$$

де r – радіус кривизни відбиває поверхні дзеркала, що визначається за допомогою сферометра, см. Значення r має бути не менше: 1200 мм – для дзеркал класів I і III; 1800 мм – для дзеркал класу II; 400 мм – для дзеркал класів IV і V.

Поле огляду внутрішнього дзеркала 1 заднього виду класу I має бути таким, щоб водій міг бачити, принаймні, частину рівної та горизонтальної дороги (3 – зона видимості поверхні дороги), центром якої є вертикальна поздовжня площина, що проходить через середину транспортного засобу, від лінії горизонту 4 до відстані 60 м позаду окулярних точок 2 водія та шириною 20 м (рис. 5).

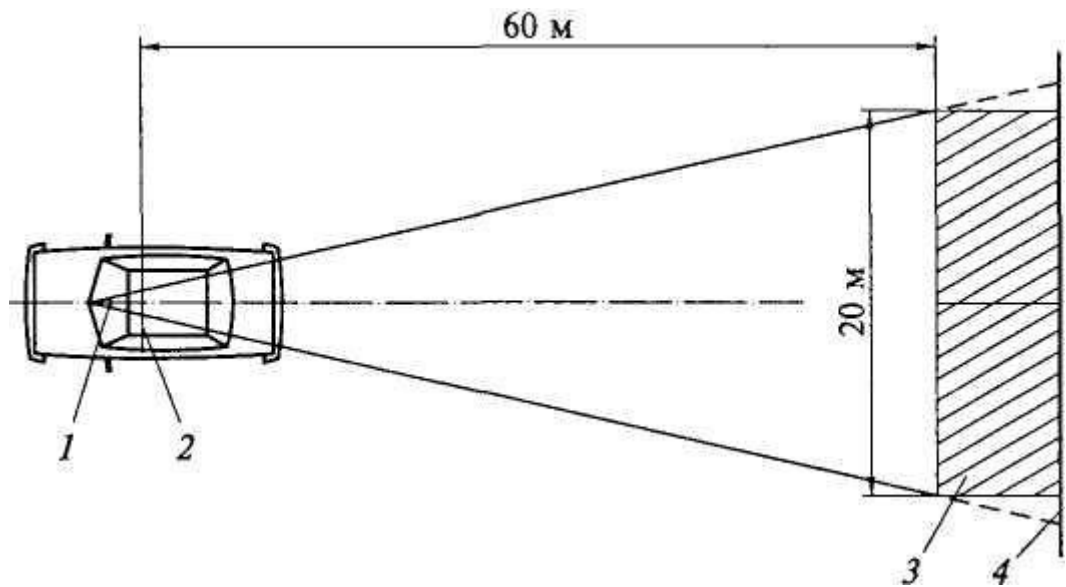


Рисунок 5 – Поле огляду внутрішніх дзеркал заднього виду класу I на рівні дороги:

- 1 – внутрішнє дзеркало заднього виду; 2 – окулярні точки водія; 3 – зона видимості поверхні дороги; 4 – лінії горизонту

Для основних зовнішніх дзеркал заднього виду класів II і III відбивна поверхня повинна мати такі розміри, щоб у них можна було вписати прямокутник, висота якого дорівнює 4 см, а основа дорівнює a , см, і сегмент, паралельний висоті прямокутника, довжина якого дорівнює b , см. Мінімальні значення a та b повинні визначатися для різних категорій транспортних засобів з виразів:

- для класу II (категорії ТС: M2, M3, N2 і N3)

$$a = \frac{17}{1 + \frac{1000}{r}}, b = 20 \text{ см}; \quad (2)$$

- для класу III (категорії ТЗ: M1 та N1, N2 та N3)

$$a = \frac{13}{1 + \frac{1000}{r}}, b = 7 \text{ см}. \quad (3)$$

Поле огляду для лівого зовнішнього дзеркала 1 заднього виду (рис. 6) для ТЗ, призначених для руху праворуч, і для правого зовнішнього дзеркала 3 заднього виду для ТЗ, що рухаються по лівій стороні, повинно бути таким,

щоб водій міг бачити частину рівної і горизонтальної дороги шириною 2,5 м, обмежену праворуч (для ТЗ, що рухаються праворуч) або зліва (для ТЗ, що рухаються по лівій стороні) площиною, паралельною вертикальній поздовжній середній площині і проходить через крайню ліву (для ТЗ, що рухаються праворуч) або через крайню праву (для ТЗ, що рухаються зліва) габаритну точку загальної ширини і охоплює простір, починаючи з 10 м позаду окулярних точок водія до лінії 4 горизонти.

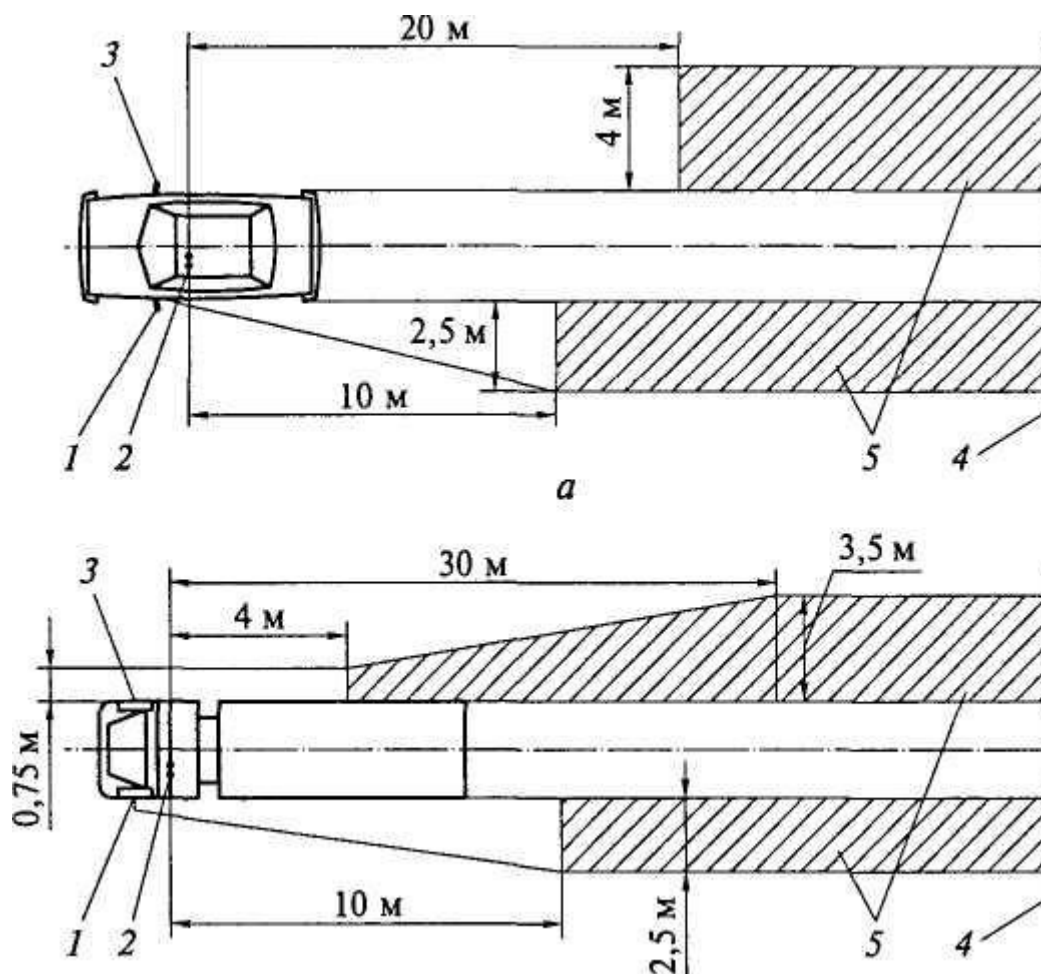


Рисунок 6 – Поле огляду зовнішніх дзеркал заднього виду класів II і III на рівні дороги:

а – для транспортних засобів категорій M1 та N1 (повна маса 2 т і менше); б – для транспортних засобів інших категорій; 1 – ліве зовнішнє дзеркало заднього виду; 2 – окулярні точки водія; 3 – праве зовнішнє дзеркало заднього виду; 4 – лінія горизонту; 5 – зони видимості поверхні дороги

Поле огляду для правого зовнішнього дзеркала 3 заднього виду для ТЗ, що рухаються праворуч, і для лівого зовнішнього дзеркала 1 заднього виду

для ТЗ, що рухаються по лівій стороні, повинно бути таким, щоб водій міг бачити частину рівної та горизонтальної дороги шириною 4 м (у разі ТЗ категорій М1 і N1 максимальна маса яких становить 2 т) або 3,5 м (у разі ТЗ інших категорій), обмежену зліва (для ТЗ, що рухаються праворуч) або праворуч (для ТЗ, що рухаються ліворуч) площиною , паралельної вертикальній поздовжньої середньої площини та проходить через праву (для ТЗ, що рухаються праворуч) або через ліву (для ТЗ, що рухаються зліва) крайню точку габаритної ширини, з відстані не менше 20 м (у разі ТЗ категорій М1 та N1 максимальна маса яких складає 2 т) або 30 м (у випадку ТС інших категорій) позаду окулярних точок 2 водія до лінії горизонту 4.

Всі дзеркала заднього виду повинні бути встановлені таким чином, щоб при русі транспортного засобу зі швидкістю, що становить 80 % максимальної розрахункової швидкості, але не більше 150 км/год, не змінювалося б розрахункове поле огляду і у разі вібрації не було спотвореного зображення, яке може бути неправильно сприйнято водієм.

Дзеркала заднього виду повинні встановлюватися таким чином, щоб дозволяти водієві спостерігати за дорогою позаду ТЗ та збоку (з боків) від нього.

Зовнішні дзеркала заднього виду повинні проглядатися через ту частину вітрового скла, яка очищується склоочисниками, або через бічні стекла, але, зважаючи на конструктивні особливості, це положення не поширюється на зовнішні дзеркала заднього виду, що встановлюються з правого боку транспортного засобу категорій М2 та М3 при правосторонньому руху. та встановлювані з лівого боку ТЗ тих самих категорій при лівосторонньому русі.

Зовнішнє дзеркало заднього виду на стороні водія повинне встановлюватися так, щоб кут між вертикальною поздовжньою площиною, що проходить через середину ТЗ і вертикальною площиною, що проходить через центр дзеркала заднього виду та середину сегмента довжиною 65 мм, що з'єднує окулярні точки водія, не перевищував 55°.

Дзеркала заднього виду повинні виходити за зовнішні габарити транспортного засобу рівно настільки, щоб забезпечити поле огляду, що розпоряджається для кожного класу дзеркал заднього виду.

Внутрішнє дзеркало заднього виду має регулюватися водієм, що є на своєму місці; зовнішнє дзеркало заднього виду з боку водія має регулюватися зсередини через відкрите вікно при зачинених дверях, але закріплення (фіксація) положення дзеркала може здійснюватися зовні.

На транспортному засобі має бути встановлене обов'язкове мінімальне число (одне або два) дзеркал заднього виду в залежності від категорії ТЗ (табл. 1).

Таблиця 1 – Мінімальна обов'язкова кількість дзеркал заднього виду, що встановлюються на транспортних засобах

Категорія ТЗ	Внутрішні дзеркала заднього виду	Зовнішні дзеркала заднього виду, шт.			
		Основні дзеркала заднього виду		Ширококутні дзеркала заднього виду	Дзеркала бокового огляду
	Клас I	Клас II	Клас III	Клас IV	Клас V
M1	1	–	1**	–	–
M2	–	2*	–	–	–
M3	–	2*	–	–	–
N1	1	–	1**	–	–
N2 < 7,5 т	–	2*	–	–	–
N2 > 7,5 т	–	2*	–	1	1
N3	–	2*	–	1	1

* Одне дзеркало з лівої та одне з правого боку.
 ** Встановлюється на стороні, протилежній стороні напрямку руху.

Додатково для транспортних засобів категорій M1 та N1

- якщо внутрішнє дзеркало заднього виду не забезпечує необхідне поле огляду, на транспортному засобі має бути встановлене додаткове зовнішнє дзеркало заднього виду. Це дзеркало заднього виду встановлюється з правого боку транспортного засобу для правобічного руху та з лівого боку – для лівостороннього руху;
- якщо внутрішнє дзеркало заднього виду не забезпечує жодного заднього огляду, його установка не наказується;
- допускається встановлення зовнішніх дзеркал заднього виду класу II.

Контрольні питання:

1. Дайте визначення поняттю: дзеркало заднього виду?
2. Види дзеркал заднього виду?
3. Класифікація дзеркал заднього виду?
4. Технічні вимоги до дзеркал заднього виду?
5. Дайте визначення поняттю: поле огляду?
6. Технічні вимоги до встановлення дзеркал заднього виду?

ОГЛЯДОВІСТЬ З МІСЦЯ ВОДІЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Мета роботи – ознайомитися з методом визначення дистанції безпечного огляду та швидкість руху транспортного засобу при переїзді пагорбу.

Теоретична частина

Специфіка діяльності водія, що визначається сучасними технічними засобами, у тому, що більшість інформації надходить щодо нього через скління водійського простору. Більшість дослідників вважають, що 90% часу погляд водія спрямований через вітрове скло, близько 5% – на дзеркало заднього виду, 2% – вліво, дещо менше – вправо, на панель приладів – 3%.

Забезпечення оглядовості – це найголовніша вимога до планування водійського простору. Оглядність характеризується величиною простору, добре видимого водієм, яка залежить від загальної площі скління, наявності різного роду стійок, що обмежують видимість, типу посадки та антропометричних даних водія. У дощ і сніг оглядовість визначається поверхнею, обтічної щітками «двірників», а темний час залежить ще й від потужності світлового пучка, що відкидається фарами.

Способи вимірювання оглядовості допускають застосування спеціальних пристроїв, меркатівських проекцій, отриманих за допомогою джерела світла, встановленого в місцях очей водія, фотокамер і т.д. У всіх випадках необхідно знати геометричне місце точок розташування очей водія, яке впливає тип посадки, зростання людини, кути нахилу спинки. У проектній діяльності для цього використовують плоскі манекени людини, зокрема, при проектуванні робочого місця водія легкового автомобіля використовують манекен чоловіка 95% і жінки 5% рівня репрезентативності.

Поле зору визначається як ділянка тривимірного простору, в якій можна спостерігати і представляти критичний об'єкт безпосередньо або за допомогою пристроїв для непрямого бачення. Поле зору може бути обмежено максимальною відстанню виявлення використовуваних пристроїв. Коли транспортний засіб рухається, більшість об'єктів потрапляє в поле зору водія. Непряме поле зору надає інформацію майже виключно про транспортні засоби, які слідує або рухаються поруч. Поле зору вимірюється в градусах від центру (лінія зору вперед). Звичайне здорове око може бачити близько 95 градусів і близько 60 градусів в носі. Око також

повинно бачити на 60 градусів вище і 75 градусів нижче передньої частини лінії зору. Це означає, що кожне око монокуляра забезпечує горизонтальне поле в 155° . Бінокулярний зір охоплює кут огляду $\approx 200-220^\circ$ (рис. 1).

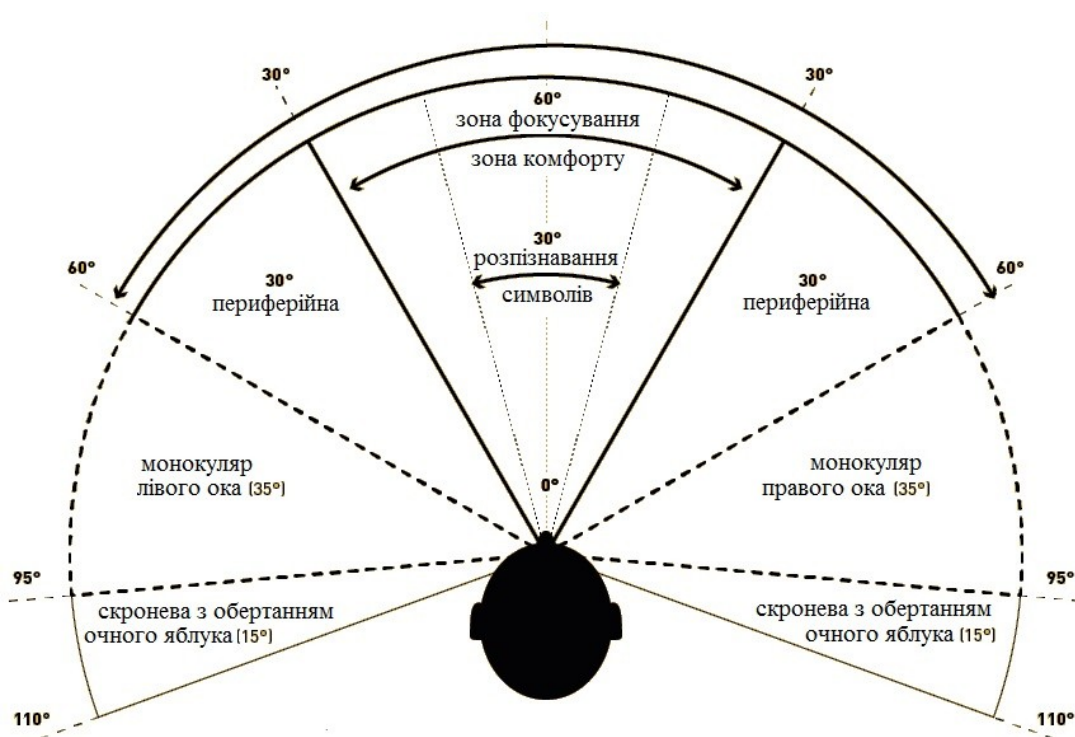


Рисунок 1 – Горизонтальне поле зору людського ока

Поле зору водія обмежена салоном автомобіля шириною вікон. Обмеження різняться залежно від транспортного засобу. Вікна мають різний розмір, і деякі комбінації вікон і стійки можуть негативно вплинути на видимість під час руху. Більше того, з причин, пов'язаних з аеродинамікою, безпекою пішоходів і видимістю, одна і та ж модель автомобіля з роками також зазнає змін у положенні та розмірі вікон.

Непомітна присутність транспортних засобів, що рухаються поруч або позаду, може спричинити проблеми з безпекою. Розташування вікон і стійки, а також розташування бічних і задніх дзеркал визначають зони, в яких водієві може бути важко бачити транспортні засоби збоку: ці зони називаються сліпими зонами (рис. 2).

Враховуючи нові конструкції та можливі налаштування дзеркал, ця проблема була дуже обмеженою в легкових автомобілях. Деякі автомобілі використовують ширококутні радарні датчики, які охоплюють ділянки, які не видно, і допомагають водієві під час зміни смуги руху, коли він обганяє

транспортні засоби або його обганяють від цих транспортних засобів, прихованих від його зору.

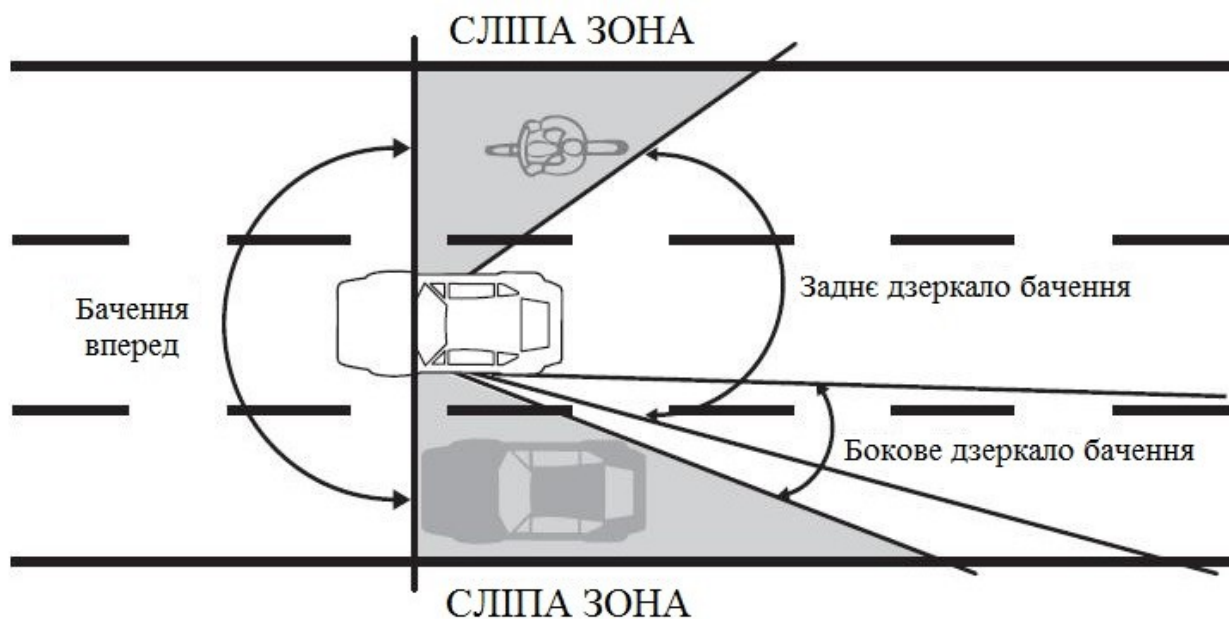


Рисунок 2 – Видимість водія та сліпі зони

Погляд водія також зумовлений фізіологічними явищами. Зі збільшенням швидкості транспортного засобу поле зору, показане на рис. 1, має тенденцію скорочуватися, і водій намагається сфокусувати свій погляд якомога далі, як показано на рис. 3. Кут поля зору прагне приблизно до 35 градусів зі швидкістю приблизно 95 км/год.

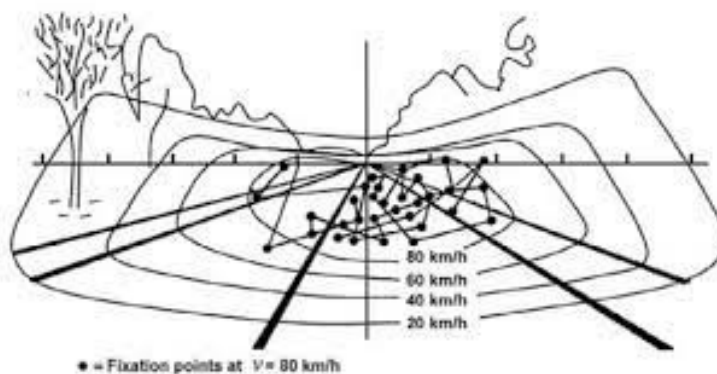


Рисунок 3 – Ділянки поля зору при різній швидкості руху авто

Вимірювання висоти очей водія залежить від моделі легкових автомобілів, середнього зросту водія та поведінки водія. Крім того, водій прагне сісти в транспортний засіб, щоб забезпечити максимальний

комфорт. Не всі водії з однаковим зростом займають однакову позу в автомобілі, і ця позиція також різниться між водіями різної статі. Нарешті, все більш точні та спеціальні елементи керування для водійських сидінь (поздовжнє розташування, вертикальне розташування, спинка та підголівник) можуть змінювати вплив значення параметра для даного типу водія.

Безпека дорожнього руху при переїзді вертикальної вершини (рис. 4) завжди пов'язана з достатньою видимістю (D) для водія, ця видимість у загальному вигляді називається безпечною дистанцією огляду і використовується для виконання маневру зупинки або обгону (на двосмугових шосе).



Рисунок 4 – Схема руху при переїзді вертикальної вершини

Для вертикальних вершин мінімальний радіус коливального кола в точці вершини параболі пов'язаний з дистанцією видимості відповідно до різних наступних співвідношень.

$$L = \frac{\Delta_i \cdot D^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})}; \quad (1)$$

$$R = \frac{D^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})}, \quad (2)$$

де L – довжина вертикальної вершини;

D – дистанція безпечної видимості (відстань зупинки);

Δ_i – значення різниці градієнта (у відсотках) для двох схилів;

h_1 – висота очей водія;

h_2 – фіксована висота перешкоди для односторонніх доріг; висота очей водія, який рухається в протилежному напрямку по двосмуговому шосе.

Відстань (D) має бути забезпечена на висоті, що дорівнює висоті очей водія. У разі перешкод через живоплоти, стіни, протидоїзний бар'єр або іншу

переважно вертикальну довжину цей (Δ) має бути завжди забезпечений від перешкоди до осі внутрішньої смуги. Якщо бічні межі перешкоди не вертикальні, як у дорожніх траншеях, вона може «заощадити» близько метра всієї відстані, враховуючи кут межі перешкоди з горизонталлю: економія (Δ_i) є функцією кута нахилу та висоти очей водія відповідно до співвідношення:

$$\Delta_i = \frac{h_1}{\text{tg}\beta}, \quad (3)$$

де Δ_i – додаткова відстань від перешкоди до внутрішнього краю смуги;
 β – кут бічного схилу з горизонталлю.

Залежність дистанції безпечного огляду від швидкості руху V транспортного засобу визначається за формулою

$$D = 0,278 \cdot V \cdot t, \quad (4)$$

де t – час реакції водія, відповідно за нормами приймаємо 2,5 сек.

Практична частина

Визначити дистанцію безпечного огляду та швидкість руху транспортного засобу Mercedes-Benz Smart (рис. 5) при довжині вертикальної вершини $L = 900$ м; кут бічного схилу з горизонталлю $\beta = 20^\circ$;

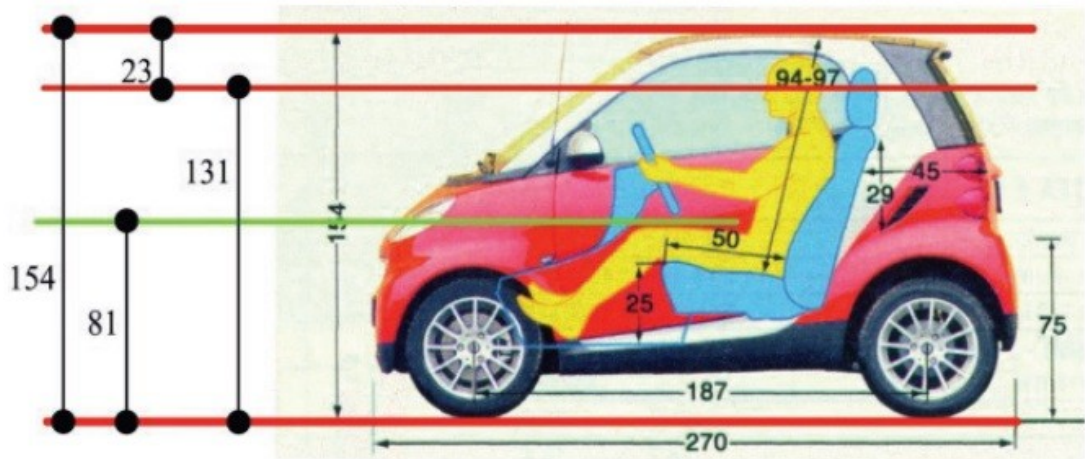


Рисунок 5 – Визначення розмірів посадки водія Mercedes-Benz Smart

Скориставшись формулами (1) і (3), (4), обчислимо швидкість руху Mercedes-Benz Smart, при якій водій помітить перешкоду.

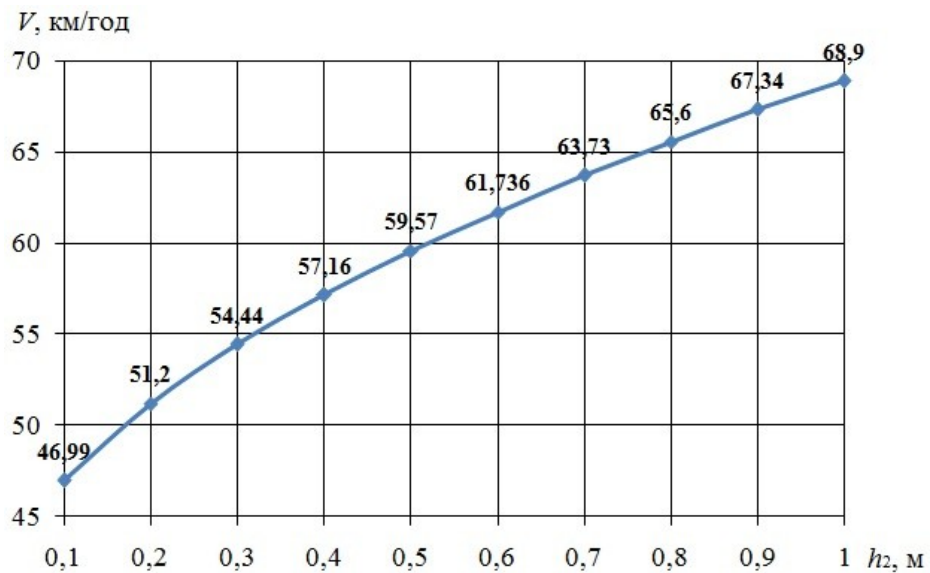


Рисунок 6 – Залежність швидкості руху Mercedes-Benz Smart від висоти перешкоди h_2

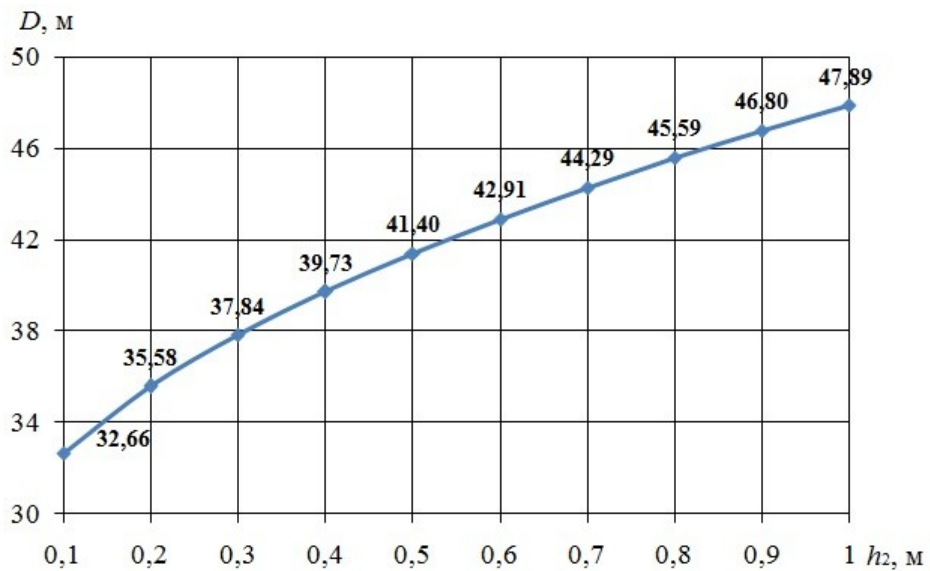


Рисунок 7 – Залежність дистанції безпечного огляду Mercedes-Benz Smart від висоти перешкоди h_2

Висновок: при довжині вершини $L = 900$ м та куті бічного схилу з горизонталі $\beta = 20^\circ$ безпечною швидкістю для автомобіля Mercedes-Benz Smart при помічанні перешкодою висотою $0,6$ м є $61,74$ км/год.

Самостійна робота

Визначити дистанцію безпечного огляду та швидкість руху транспортного засобу. Варіанти вихідних даних наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Автомобілі	Ford	BMW	Ford	BMW	Ford	BMW	Ford	BMW	Ford	BMW
Довжина вершини L , м	1500	1000	900	500	2500	2500	1000	1500	500	2000
Кут бічного схилу з горизонталі β , град	20	25	30	30	25	20	35	35	40	28
Висота перешкоди h_2 , м	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,8	0,8	0,7	0,7
*BMW 520										
** Ford Explorer										

Контрольні питання:

1. У чому значення оглядовості автомобіля для забезпечення безпеки руху?
2. Які основні показники оглядовості?
3. Які конструктивні параметри автомобіля та як вони впливають на оглядовість автомобіля?

АНАЛІЗ ЗМІНИ СТАНУ ВОДІЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

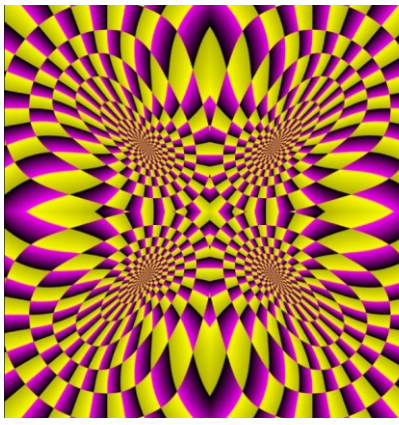
Мета роботи – ознайомитись з методом визначення зміни стану водія транспортного засобу.

Теоретична частина

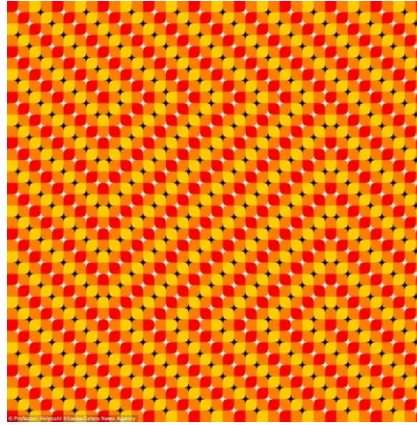
Втома – це закономірний процес тимчасового зниження працездатності, що настає в результаті діяльності. Фізіологічна сутність втоми полягає в сигналізації організму про необхідність припинити або знизити інтенсивність роботи, щоб уникнути розладу функцій нервових клітин. Проте як завжди почуття втоми відповідає ступеню втоми. Людина може втомитися, може відчувати втому під впливом емоційного порушення, небезпеки, інтересу до виконуваної роботи, відповідальності за доручену справу. Саме цієї причини водій у тривалому рейсі відчуває втому меншою мірою, ніж пасажир, що сидить поруч, хоча тривале керування автомобілем призводить до більшої втоми водія, ніж пасажир.

Фізичне стомлення виникає із-за малорухливої робочої пози, одноманітності виконуваних дій, впливу вібрацій, вестибулярних роздратувань, специфічності конструкції органів керування і робочого місця. При рухомій роботі відбувається зміна напруги і розслаблення м'язів. М'язові тканини відпочивають під час розслаблення. Це дозволяє зберегти працездатність на триваліший термін. При тривалому керуванні транспортним засобом виникає напруга як в м'язах тулуба, так і м'язах кінцівок. Розвивається стомлення, пов'язане з м'язовою слабкістю. Руки затікають, і водій починає по чергово трясти то однією рукою, то іншою. Для зняття напруги необхідно кожні 2 години роботи перерви на 15 – 20 хвилин.

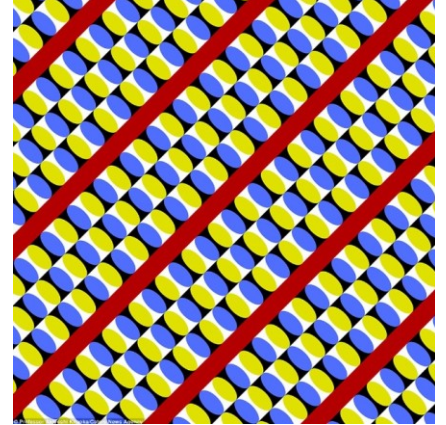
Японським психіатром Акіюші Кітаока вигадано достатньо простий спосіб визначення ступеня стомлення людини. Суть методу полягає у вивченні спеціальних ілюстрацій (рис. 1). Якщо здається, що зображення повністю *статичне* – людина бадьора. Якщо ж з'являється відчуття, що картинка *поволі рухається*, змінюється – час влаштувати невеликий відпочинок, а якщо ілюзії *рухаються дуже швидко* – необхідно терміново залишити роботу і добре відпочити. Фактично завдяки цьому методу ступінь стомлення (стан людини) оцінюється за наступною шкалою: відмінний стан – 5; задовільний – 3; потрібне відновлення – 1.



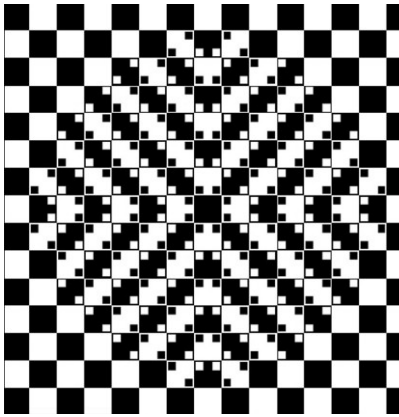
а



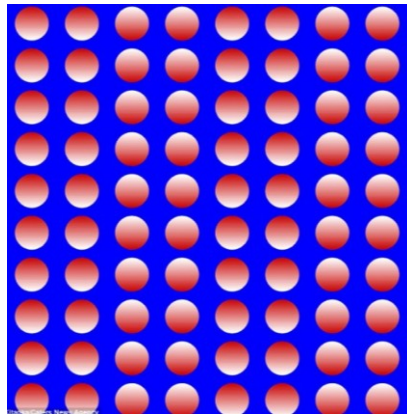
б



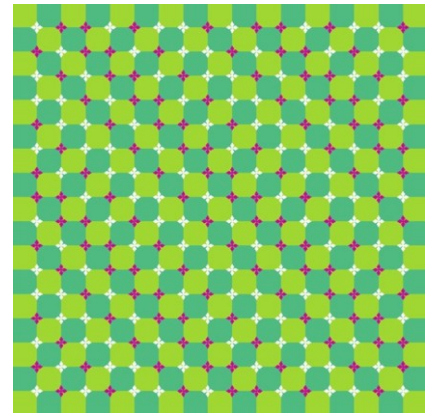
в



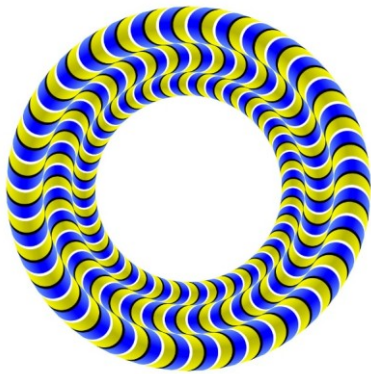
г



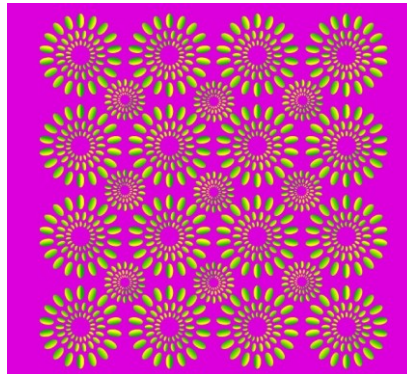
д



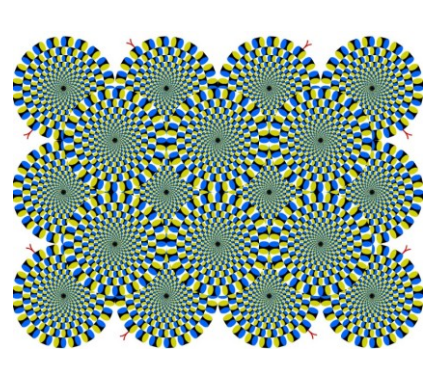
е



ж



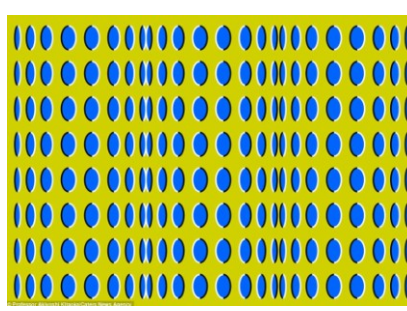
з



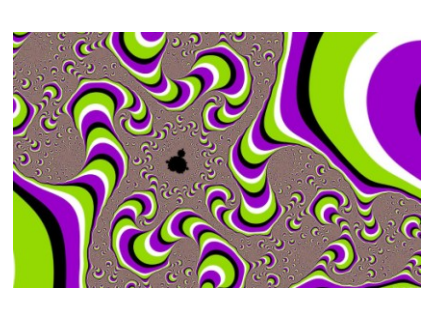
і



к



л



м

Рисунок 1 – Ілюстрації Акіюші Кітаока:
а, б, в, г, д, е, ж, з, і, к, л, м – тестові ілюстрації

В процесі дослідження на початку робочої зміни та через кожні 4 години аж до закінчення робочого дня водієві демонструється 5 різних випадкових ілюстрацій зі всього набору (рис. 1), після чого виставляється оцінка, що характеризує ступінь стомлення: 1, 3, 5. Вимірювання відбуваються протягом декількох днів. Результати дослідження ступеня стомлення водіїв по методу Акіюші Кітаока наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Дослідження ступеня стомлення операторів-водіїв по методу Акіюші

Кількість годин з початку робочого дня	Робочий день 1										Робочий день 2									
	Ступінь стомлення за п'ятибальною шкалою					Відсотковий показник ступеня стомлення водія, %					Ступінь стомлення за п'ятибальною шкалою					Відсотковий показник ступеня стомлення водія, %				
	Номер ілюстрації																			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Назва транспортного засобу</i>																				
0																				
4																				
8																				
12																				

Останнім кроком дослідження є надання результатів. На основі цього методу можливо оцінка втоми водіїв різних транспортних засобів, або визначення складних логістичних маршрутів при виконанні транспортних робіт з перевезення вантажів.

Контрольні питання:

1. Що таке втома?
2. Наведіть причини емоційної напруги водіїв?
3. Охарактеризуйте напрями розвитку систем контролю стану водія?
4. Наведіть параметри та варіанти використання, які зазвичай відстежуються в системах моніторингу стану водія?
5. Яким чином можливо контролювати зміну стану водія в процесі керування автомобілем?
6. Які пристрої дозволяють оцінити зміну стану водія?

Практична робота №6

**ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ВНУТРІШНЬОЇ ТА ЗОВНІШНЬОЇ
АЕРОДИНАМІКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ**

Мета роботи – ознайомитись з методом визначення взаємозв'язку внутрішньої та зовнішньої аеродинаміки транспортного засобу.

Теоретична частина

Під час руху легкового автомобіля всередині нього проходить повітря. Це необхідно для забезпечення вентиляції салону та більшою мірою для охолодження двигуна. Для обдування радіатора системи охолодження потрібна досить велика кількість повітря. Легкові автомобілі можуть рухатися з великою швидкістю, при цьому для подолання великого аеродинамічного опору двигун автомобіля розвиває потужність близьку до максимальної. У умовах руху для охолодження використовують напір набігаючого повітря. Цей спосіб охолодження має більш високий ККД порівняно з вентилятором охолодження автомобіля, коефіцієнт аеродинамічного опору автомобіля зменшувався.

Для того щоб зменшити витрати потужності на охолодження двигуна автомобіля необхідно знати проблеми пов'язані з проходженням повітря через повітряний тракт. З одного боку, подача повітря через повітряний тракт системи охолодження залежить від швидкості руху автомобіля V_a , а з іншого боку повітряний потік, що протікає всередині автомобіля, впливає на загальну аеродинаміку автомобіля. Найбільший вплив на аеродинамічний опір автомобіля має кількість та швидкість V_p повітря, що протікає через радіатор системи охолодження. Спочатку визначимо, які фактори впливають на витрату повітря через радіатор під впливом потоку, що набігає. Для спрощення завдання впливу підігріву повітря в радіаторі не враховуватимемо, хоча насправді незначний вплив нагріву буде проявлятися за рахунок збільшення швидкості повітря на виході з повітряного тракту.

Коефіцієнт витрати повітря через повітряний тракт системи охолодження дорівнює

$$\alpha = \frac{V_p}{V_a}.$$

Для визначення параметрів, які впливають на витрату повітря необхідно скористатися рівнянням Бернуллі для двох зрізів повітряного тракту – в площині повітрязабірних отворів та в площині випускних отворів на днищі автомобіля (рис. 1).

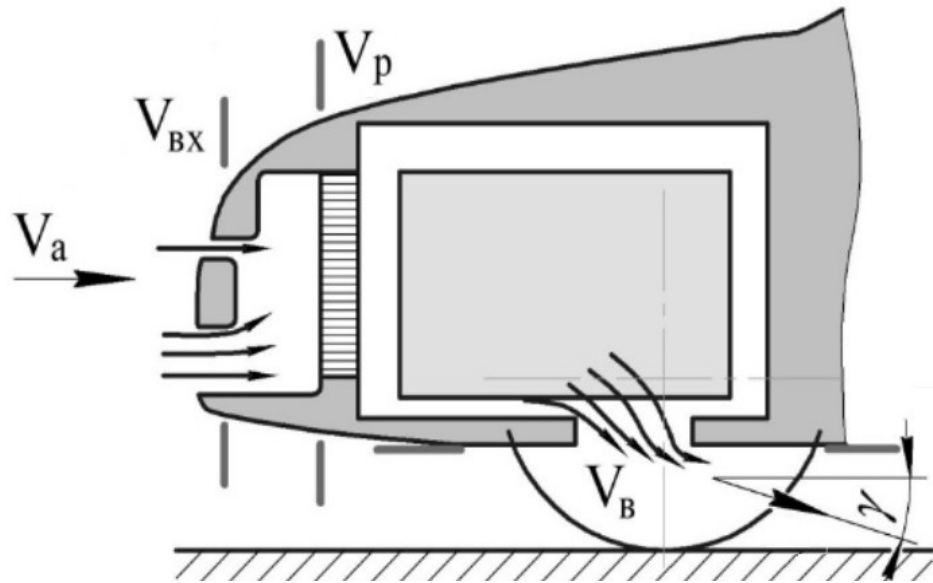


Рисунок 1 – Рух повітря скрізь автомобіль

$$p_{\text{вх}} + \frac{\rho V_{\text{вх}}^2}{2} = \Delta p_{\text{тр}} + p_{\text{в}} + \frac{\rho V_{\text{в}}^2}{2}, \quad (1)$$

де $p_{\text{вх}}, p_{\text{в}}$ – тиск вхідного повітря;
 ρ – щільність повітря;
 $\Delta p_{\text{тр}}$ – втрата тиску в повітряному тракці

$$\Delta p_{\text{тр}} = \zeta \frac{\rho V_{\text{п}}^2}{2},$$

ζ – коефіцієнт аеродинамічного опору повітряного тракту (повітрязабірних отворів, передрадіаторної камери, підкапотного простору) і радіатора.

Тиск на вході в повітрязабірні отвори (в передрадіаторній камері) можна виразити в частках швидкісного напору

$$p_{\text{вх}} = \delta_1 \frac{\rho V_{\text{а}}^2}{2},$$

де δ_1 – коефіцієнт статичного тиску на вході.

Тиск на виході з випускного отвору також можна виразити в частках швидкісного напору

$$p_{\text{в}} = \delta_2 \frac{\rho V_{\text{а}}^2}{2},$$

де δ_2 – коефіцієнт статичного тиску на виході.

З урахуванням нерозривності потоку відношення швидкості потоку через радіатор, впускні та випускні отвори дорівнюватиме

$$V_{\text{р}} A_{\text{р}} = V_{\text{вх}} A_{\text{вх}} = V_{\text{в}} A_{\text{в}}$$

де $A_{\text{р}}$, $A_{\text{вх}}$ та $A_{\text{в}}$ – площі прохідного перерізу радіатора, впускних та випускних отворів.

Таким чином, підставляючи відповідні значення в формулу Бернуллі, отримаємо

$$\delta_1 \frac{\rho V_{\text{а}}^2}{2} - \delta_2 \frac{\rho V_{\text{а}}^2}{2} = \zeta \frac{\rho V_{\text{р}}^2}{2} + \frac{\rho V_{\text{а}}^2 \left(\frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{в}}} \right)^2}{2} - \frac{\rho V_{\text{а}}^2 \left(\frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{вх}}} \right)^2}{2};$$

$$\downarrow$$

$$V_{\text{а}}^2 (\delta_1 - \delta_2) = V_{\text{р}}^2 \left(\zeta + \left(\frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{в}}} \right)^2 - \left(\frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{вх}}} \right)^2 \right).$$

Без урахування підігріву повітря коефіцієнт витрати повітря дорівнюватиме

$$\alpha = \sqrt{\frac{\delta_1 - \delta_2}{\zeta + \left(\frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{в}}} \right)^2 - \left(\frac{A_{\text{р}}}{A_{\text{вх}}} \right)^2}}. \quad (2)$$

Таким чином, швидкість повітря, яка протікає через радіатор, залежить від коефіцієнта статичного тиску на вході та виході з повітряного тракту, від опору повітряного тракту та радіатора, розмірів радіатора, впускних та випускних отворів.

Коефіцієнт статичного тиску на вході в повітряний тракт залежить від

декількох факторів: від прохідного перерізу отворів повітря, їх місця розташування на передній панелі, від форми передньої частини автомобіля, від елементів конструкції що знаходяться поблизу отворів повітря. Величина та розташування зон тиску залежить від форми передньої частини автомобіля, від кількості повітря, що проходить під автомобілем. У районі бампера повітряний потік зазнає повного гальмування, тому в цій зоні виникає максимальний тиск на поверхню. Якщо кількість повітря, що проходить під автомобілем, зменшується через зменшення дорожнього просвіту або застосування переднього спойлера, то зона повного гальмування зміщується нижче і збільшується тиск у нижній частині передньої панелі. Зменшення кута нахилу верхньої панелі призводить до змішування зони повного гальмування вгору і до збільшення тиску в цій частині. Враховуючи ці обставини, можна вибрати місцезнаходження повітрязабірних отворів та їх розміри для отримання необхідної витрати повітря через радіатор.

Будь-які зміни елементів кузова навколо отворів повітря можуть призвести до зміни тиску в області отворів повітря. Так, наприклад, виступаючий козирок над верхнім отвором повітря призведе до гальмування потоку і зростання тиску в цій області або великі округлення кромки отвору повітря призведуть до утворення поглиблення (воронки) і до «концентрації тиску» в області отвору.

Коефіцієнт статичного тиску на вході δ_1 має позитивне значення і для легкового автомобіля орієнтовно знаходиться в діапазоні від 0,2 до 0,6.

Коефіцієнт статичного тиску на виході з випускного отвору також певною мірою залежить від форми передньої частини автомобіля та від дорожнього просвіту. Оскільки під дном автомобіля створюється розрядження, тому коефіцієнт δ_2 має негативне значення і знаходиться в діапазоні від -0,02 до -0,03.

Силу лобового опору системи охолодження можна визначити з рівняння збереження кількості руху:

$$F_c = mV_{\text{вх}} - mV_{\text{в}} \cos \gamma = m(V_{\text{вх}} - V_{\text{в}} \cos \gamma);$$

$$F_c = C_x \frac{\rho V_a^2}{2} A_{\text{вх}},$$

де C_x – коефіцієнт лобового опору пов'язаний з проходженням повітря через систему охолодження.

Враховуючи масу повітря, яка проходить через радіатор за одиницю

часу

$$m = \alpha V_a A_p \rho.$$

Тоді

$$F_c = \alpha V_a A_p \rho \left(\alpha V_a \frac{A_p}{A_{\text{вх}}} - \alpha V_a \frac{A_p}{A_{\text{в}}} \cos \gamma \right) = \alpha^2 V_a^2 A_p \rho \left(\frac{A_p}{A_{\text{вх}}} - \frac{A_p}{A_{\text{в}}} \cos \gamma \right).$$

В результаті чого отримаємо

$$C_x = 2\alpha^2 \frac{A_p}{A_{\text{вх}}} \left(\frac{A_p}{A_{\text{вх}}} - \frac{A_p}{A_{\text{в}}} \cos \gamma \right). \quad (3)$$

Таким чином, чим більше повітря проходить через повітряний тракт системи охолодження, тим більше буде коефіцієнт аеродинамічного опору автомобіля.

Практична частина

Визначити залежність коефіцієнту витрати повітря від опору повітряного тракту та радіатору. Окрім того, встановити залежність коефіцієнту лобового опору системи охолодження від опору повітряного тракту та радіатору. Вихідні дані: прийmemo досліджуваним об'єктом автомобіль Kia Cerato, який має $A_p = 0,294 \text{ м}^2$; $A_{\text{вх}} = 0,189 \text{ м}^2$. Приймемо $\delta_1 = 0,4$; $\delta_2 = -0,025$.

Використовуючи рівняння (2) та (3) побудуємо графіки залежності коефіцієнту витрати повітря від опору повітряного тракту та радіатору

На рис. 2 показані графіки залежності коефіцієнта витрати повітря через повітряний тракт системи охолодження α від опору повітряного тракту і радіатора ζ . При великих розмірах випускного отвору коефіцієнт витрати великою мірою залежить від опору повітряного тракту та радіатора. Чим менше ζ , тим більше повітря проходить через тракт. При зменшенні розмірів випускного отвору коефіцієнт ζ мало впливає на α .

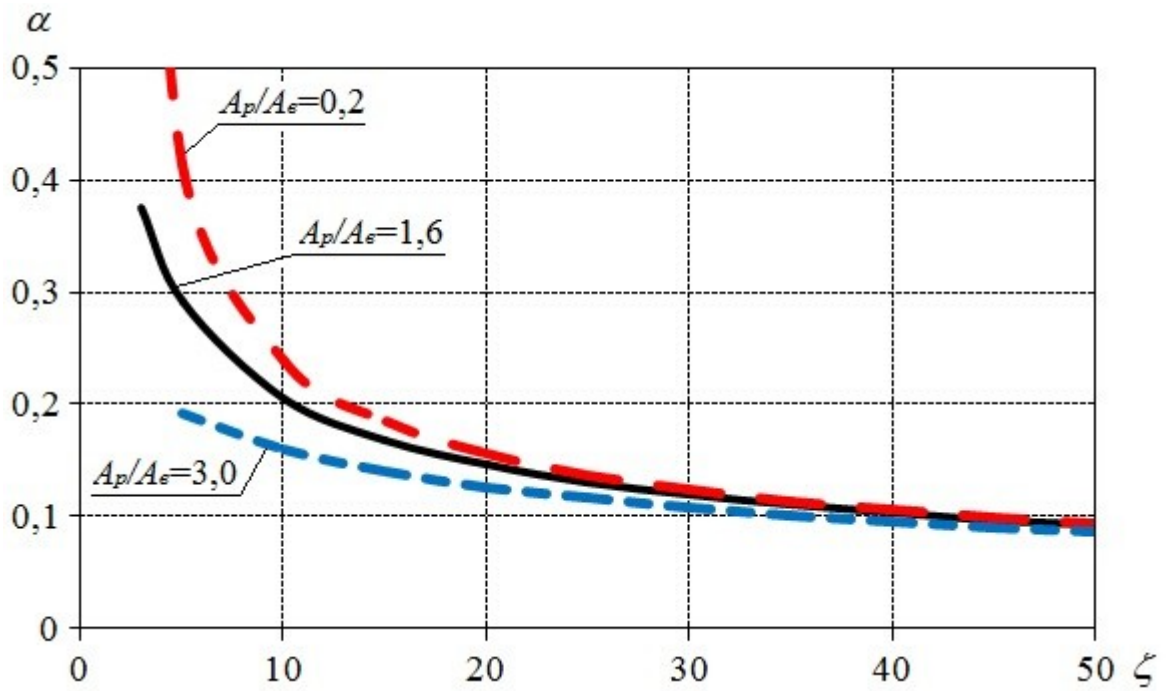
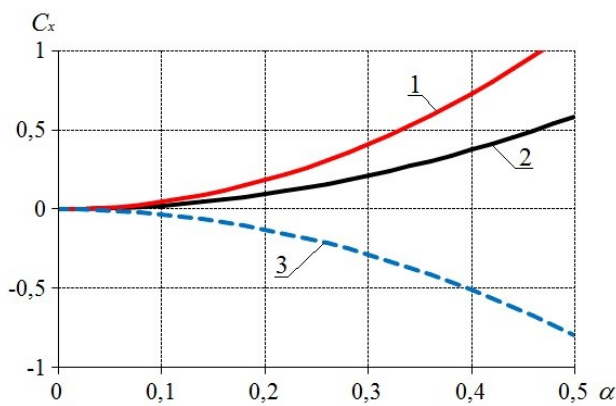
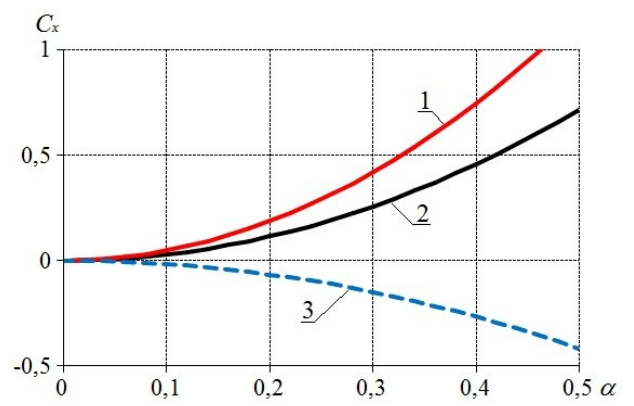


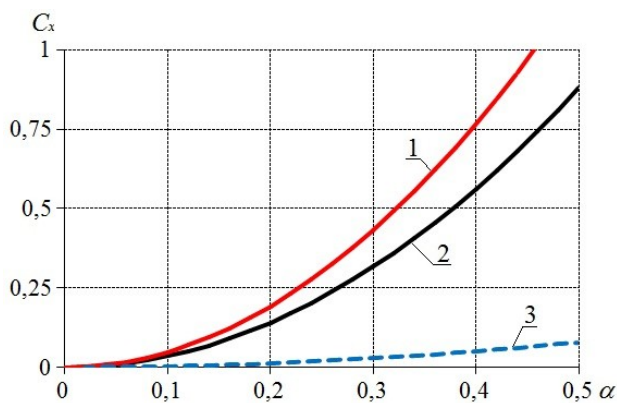
Рисунок 2 – Залежність коефіцієнту витрати повітря від опору повітряного тракту та радіатора



а



б



в

Рисунок 3 – Залежність коефіцієнту лобового опору системи охолодження від опору повітряного тракту та радіатора:

а – при $\gamma = 30^\circ$; б – при $\gamma = 45^\circ$;
 в – при $\gamma = 60^\circ$; 1 – $A_p/A_e = 0,2$;
 2 – $A_p/A_e = 1,6$; 3 – $A_p/A_e = 3,0$

На рис. 3 показано, що коефіцієнт аеродинамічного опору залежить

від відносної площі впускних та випускних отворів, а також від кута виходу потоку повітря γ .

Самостійна робота

Визначити взаємозв'язок внутрішньої та зовнішньої аеродинаміки транспортного засобу. Варіанти вихідних даних наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Автомобілі	BMW	Ford	BMW	Ford	BMW	Ford	BMW	Ford	BMW	Ford
Коефіцієнт статичного тиску на вході δ_1	0,2	0,6	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,2
Коефіцієнт статичного тиску на виході δ_2	-0,03	-0,02	-0,028	-0,022	-0,026	-0,024	-0,025	-0,03	-0,02	-0,025
A_p/A_g	1	1,3	1,5	1,8	2	0,8	2,5	0,5	3,0	1,6
Кут виходу потоку повітря γ , град	15	30	45	60	75	60	45	30	15	75
*BMW 520										
** Ford Explorer										

Контрольні питання:

1. Навіщо в легковому автомобілі під час руху необхідно, щоб всередині нього проходило повітря?
2. Як зменшити витрати потужності на охолодження двигуна автомобіля?
3. Що дає змогу встановити рівняння Бернуллі?
4. Як площі впускних та випускних отворів впливають на аеродинамічний опір?
5. Як опір повітряного тракту і радіатора впливає на коефіцієнт витрати повітря через повітряний тракт системи охолодження?

Практична робота №7
ШУМ. ЗВУКОВИЙ ТИСК. ВІБРОЗАХИСТ

Мета роботи – ознайомитись з методом визначення шуму вузлів та систем, а також методом визначення параметрів вібрації вузлів транспортного засобу.

Теоретична частина

Відомий метод, запропонований В.А. Ареф'євим який, заснований на принципі незалежності дії джерел шуму, на логарифмічному складанні їх рівнів шуму і дозволяє виділити лише шум двигуна, трансмісії та ходової системи трактора.

Пропонована методика дослідження шуму трактора, що працює в режимі експлуатаційного навантаження, базується на цьому методі і передбачає додатковий поділ шуму трансмісії на шум коробки передач і шум провідних мостів для тракторів з колісною формулою 4X4, а також визначення шуму системи вихлопу двигуна.

Таким чином, загальний рівень шуму можна визначити залежністю:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg \sum_1^n 10^{0,1 \cdot L_{pi}}, \quad (1)$$

де L_{pi} - рівень шуму і-го джерела.

Сумарний рівень шуму на робочому місці оператора трактора можна висловити:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot L_{DB}} + 10^{0,1 \cdot L_{Kn}} + 10^{0,1 \cdot L_M} + 10^{0,1 \cdot L_{XC}}), \quad (2)$$

де $L_{\Sigma}, L_{DB}, L_{Kn}, L_M, L_{XC}$ - відповідно до рівня шуму: сумарний, двигуна (ДВЗ), коробки передач (КП), провідних мостів, ходової системи.

Рівень шуму двигуна складається із складових:

$$L_{DB} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot L_{DB}^{Б/В}} + 10^{0,1 \cdot L_{ВИХ}}), \quad (3)$$

де $L_{DB}^{Б/В}$ та $L_{ВИХ}$ - рівні шуму двигуна без урахування шуму системи вихлопу та системи вихлопу.

Рівні шуму трансмісії складаються із складових:

$$L_{TP} = 10 \cdot \lg(10^{0,1L_{KP}} + 10^{0,1L_M}), \quad (4)$$

де L_{TP} - рівень шуму трансмісії.

Поділ шуму трансмісії на шум КП та шум провідних мостів при роботі в режимі експлуатації навантаження здійснюється так: визначається окремо шум мостів, а шум КП розглядається як різниця відомого шуму трансмісії та шуму мостів.

Практична частина

Приклад: При спільній роботі двигуна внутрішнього згоряння та підігрівача рідинного бензинового системи опалення автомобіля система опалення (встановлені на відстані) мають загальні рівні звукового тиску $L_1 = 116$ дБ двигуна $L_2 = 110$ дБ.

Визначити загальний рівень звукового тиску в точці, розташованій між ними під час їхньої спільної роботи.

Рішення:

$$L = 10 \cdot \lg(10^{L/10} + 10^{L_2/10}) = 10 \cdot \lg(10^{116/10} + 10^{110/10}) = 117 \text{ дБ.}$$

Приклад 2. Віброшвидкість на робочому місці оператора трактора становить 8...10 мм/с на частотах 16, 20, 31 і 63 Гц, що вище за норму в 4...5 разів. Раціональний захід зменшення вібрації – віброізоляція. Необхідну віброізоляцію можна отримати застосувавши гумові віброізолятори з коефіцієнтом передачі $\mu = (1/5) \dots (1/12)$.

Рішення: Пост управління оператора вагою $P_n = 200$ Н розташований на сталевій плиті з габаритами 1200·1200·10 мм.

Маса плити

$$m = V \cdot \rho = (120 \cdot 120 \cdot 1) \cdot 7,8 = 112,3 \text{ кг}$$

де V – об'єм плити;

ρ – щільність матеріалу плити $\rho = 7,8$ г/см³.

Вага плити $P_n = 1123$ Н. Частоти вимушених коливань приймемо 16, 20, 31, 63 Гц. Для виготовлення віброізоляторів використовуємо гуму на основі каучукової №3311 з твердістю $3 \cdot 10^5$ Па та динамічним модулем пружності $25 \cdot 10^5$ Па або 250 Н/см² відповідно до ГОСТ 263-75.

Знайдемо площу поперечного перерізу всіх віброізоляторів S , см² та робочу висоту кожного віброізолятора H_p , см.

$$S = \frac{P}{\sigma};$$

$$H_p = \frac{E_\sigma \cdot S}{C},$$

де P – загальна вага віброізоляційної системи, Н;

σ – розрахункова статична напруга в гумі, Па;

E_σ – динамічний модуль пружності гуми;

C – потрібна сумарна жорсткість віброізоляторів, Н/см.

Необхідна сумарна жорсткість всіх віброізоляторів у вертикальному напрямку.

$$C = 4 \cdot \pi^2 f^2 \cdot \frac{m}{q},$$

де q – прискорення вільного падіння, 980 см/с²;

f_0 – допустима частота власних вертикальних коливань.

Для обчислення $f_{0\text{дон}}$ необхідно попередньо визначити акустичну ефективність віброізоляції

$$\Delta L = 20 \cdot \lg\left(\frac{1}{\mu}\right),$$

де μ – коефіцієнт передачі.

У нашому випадку μ дорівнює 1/10.

$$\Delta L = 20 \cdot \lg\left(\frac{1}{10}\right) = 20 \text{ дБ.}$$

Знаючи ΔL та найбільшу частоту $f = 63$ Гц за регламентованими нормативами допустима частота власних вертикальних коливань $f_0 = 8$ Гц.

Загальна вага кабіни із майданчиком:

$$P = P_{nl} + P_n + P_\eta = 1123 + 200 + 800 = 2123 \text{ Н.}$$

Тоді $C = 4 \cdot 3.14^2 \cdot 8^2 \cdot 2123 / 980 = 5220$ Н/см.

Визначимо площу всіх віброізоляторів та робочу висоту гумового віброізолятора, прийнявши $\sigma = 3 \cdot 10^5$ Па = 30 Н/см²

$$S = \frac{2123}{30} = 70,6 \text{ см}^2;$$

$$H_p = \frac{250 \cdot 70}{5220} = 3,38 \text{ см.}$$

Визначаємо площу поперечного перерізу одного віброізолятора прийнявши, що система встановлена на 4-х віброізоляторах $S' = 70,6 / 4 = 17,65 \text{ см}^2$.

Приймаємо перетин $S' = 20,25 \text{ см}^2$; ($d = 4,5^2 \text{ см}^2$).

Гумові віброізолятори зберігають стійкість при виконанні умов:

$$H_p < d$$

де d – діаметр або сторона квадрата перерізу.

$$3,38 < 4,5.$$

Умови дотримуються – отже віброізолятори стійкі.

Визначимо повну висоту віброізолятора

$$H = H_p + \frac{d}{8} = 3,38 + \frac{4,5}{8} = 4 \text{ см.}$$

Знайдемо фактичну віброізоляційну здатність гумових віброізоляторів, прийнятих розмірів різних частотах збуджених коливань. Знайдемо на початку фактичну жорсткість та частоту вертикальних коливань.

$$C = E_o \cdot \frac{S}{H_p} = 250 \cdot \frac{70,6}{3,38} = 5222 \text{ Н/см};$$

$$f_0 = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{1}{3,14} \sqrt{5222 \cdot \frac{980}{2123}} = 7,8 \text{ см.}$$

Визначимо коефіцієнт передачі для різних частот вимушених коливань при

$$f = 16 \text{ Гц} \quad \mu = 1 / [(16 / 7,8)^2 - 1] \approx 1/3;$$

$$f = 20 \text{ Гц} \quad \mu = 1 / [(20 / 7,8)^2 - 1] \approx 1/5;$$

$$f=31 \text{ Гц} \quad \mu=1/[(31/7,8)^2-1]\approx 1/14;$$

$$f=63 \text{ Гц} \quad \mu=1/[(63/7,8)^2-1]\approx 1/63.$$

Висновок: Спроектована система віброізоляції дає зменшення віброшвидкості, яка передається на оператора від 3 до 63 разів. На 16 Гц та 20 Гц не перевищує норму, а на 31 та 63 Гц буде значно нижчою за норму.

Самостійна робота

1. Навести прилади, які використовуються при визначенні шуму та вібрації.
2. Визначити загальний рівень шуму, якщо шум двигуна складає (65 дБ + n), а шум підігрівача (55 дБ + 2n). В завданні n – порядковий номер за списком академічної групи.
3. Обрати параметри віброізолятора при заданих в табл. 1 та 2 показників. Номер варіанта обирається у відповідності до порядкового номеру за списком академічної групи

Таблиця 1 – Варіанти установки об'єкта віброізоляції

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість	4	2	6	4	6	2	4	2	6	4
Форма	1	7	1	2	2	6	3	5	3	4
Варіант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кількість	2	6	4	2	6	4	2	6	4	6
Форма	4	4	5	3	5	6	2	6	7	7

Таблиця 2 – Варіант форми

Номер форми	1	2	3	4	5	6	7
Форма	Трикутник	Квадрат	Прямокутник	Коло	Трапеція	Кільце	Квадрат з отвором

Контрольні питання:

1. Що є джерелом шуму на транспортному засобі?
2. Які методики використовуються для визначення загального рівня шуму?

3. Для чого необхідно визначати шум кожного джерела та загальний рівень шуму?
4. Що утворює шум в ДВЗ, коробки передач, мостів?
5. Який вплив здійснює вібрація на людину?
6. Які існують види вібрації?
7. Що таке вібронавантаженість водія, пасажирів?
8. Яким чином можливо зменшити рівень вібрації?
9. Які параметри визначаються при розрахунку віброізоляторів?
10. Як змінюється в процесі експлуатації вібронавантаженості робочого місця водія?

Практична робота № 8
ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС КАБІНИ

Мета роботи – ознайомитись з методом оцінки теплового балансу кабіни.

Теоретична частина

Основним визначальним фактором мікроклімату в салоні автобусу при його вентиляції в літній період є повітрообмін, який забезпечує нормований перепад температури в салоні і зовнішнього середовища, а також рухомість і вологість внутрішнього повітря. При цьому необхідний повітрообмін салону визначається з умов асиміляції теплонадходжень від сонячної радіації і пасажирів.

Основна вимога до мікроклімату – підтримання метеорологічних та санітарно-гігієнічних параметрів у приміщенні. До метеорологічних параметрів зараховують температуру ($t_{в}$, °С), відносну вологість ($\varphi_{в}$, %) та рухомість ($V_{в}$, м/с) внутрішнього повітря у приміщенні; до санітарно-гігієнічних – радіаційну температуру поверхонь (t_r , °С), інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання, рівень шуму, освітленість, граничнодопустиму концентрацію пилу та газів. Дане твердження в повній мірі може відповідати вимогам мікроклімату до автобусу.

На основі проведеного аналізу визначено шість основних факторів, які необхідно враховувати при оцінці умов теплового комфорту салону транспортного засобу. Ці фактори можна класифікувати за двома класами: вимірні фактори і особисті фактори. До вимірних факторів можна віднести: температуру повітря і поверхонь, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання і відносну вологість повітря. Особисті фактори пасажирів, які знаходяться в салоні під час поїздки, включають: рівень пасажироприсутності та ізоляцію одягу (рис. 1).

В основу проектування вентиляційних систем і організації внутрішніх повітряних потоків в автомобілях повинні бути закладені відомості про фізіологічний зв'язок пасажирів з навколишнім повітряним середовищем.

Для створення теплового комфорту всередині транспортного засобу необхідно врахувати всі розглянуті чинники, оскільки вони можуть змінюватись в часі і при цьому враховувати, що кожна людина по різному сприймає умови знаходження в закритому просторі усередині транспортного засобу. Оскільки люди бувають різними, тепловий комфорт зазвичай

відноситься до набору оптимальних параметрів, для яких найбільший відсоток присутніх пасажирів відчувають себе комфортними в навколишньому середовищі.



Рисунок 1 – Вимірні і особисті фактори для визначення теплового комфорту в міському транспортному засобі

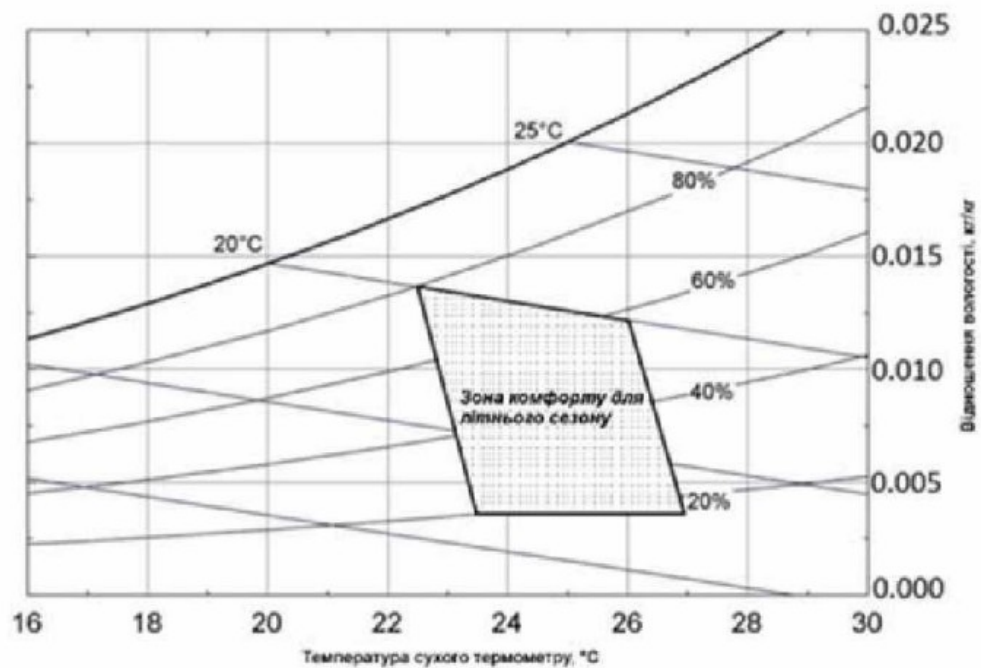


Рисунок 2 – Залежність температури і вологості повітря в салоні транспортного засобу

Теплова рівновага в салоні транспортного засобу настає тоді, коли вхідні теплові потоки відповідають тепловим потокам, які виходять з салону. Відповідно, рівняння теплового балансу в загальному виді салону транспортного засобу буде мати вигляд:

$$\sum_{i=1}^n Q_{\text{надл}_i} = \sum_{j=1}^m Q_{\text{поточ}_j},$$

де Q_i – теплонадходження в салон, Вт;

Q_j – тепловідвод з салону, Вт;

n – кількість складових, які задіяні в теплонадходженні;

m – кількість складових, які задіяні в тепловідводі.

Балансове рівняння надлишкових теплонадходжень у салон автобусу можна записати у вигляді:

$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{вік}} + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{агр}};$$

$$Q_{\text{вік}} = \left(\sum_{i=1}^n S_i K_i + C_{\text{в}} G_{\text{в}} \right) \Delta T;$$

$$Q_{\text{пов}} = \sum_{i=1}^n S_i q_i,$$

де $Q_{\text{вік}}$, $Q_{\text{пов}}$ – теплонадходження з сонячним випромінюванням, відповідно через вікна та непрозорі поверхні, Вт;

$Q_{\text{л}}$ – теплонадходження від людей, які перебувають в салоні, Вт;

$Q_{\text{агр}}$ – тепловиділення від агрегатів та вузлів, Вт;

S_i – площа поверхонь;

K_i – коефіцієнт теплопровідності;

$C_{\text{в}}$ – середня масова ізобарна теплоємність повітря (табл. 1);

$G_{\text{в}}$ – вагове надходження інфільтрованого повітря у салон.

Таблиця 1 – Залежність питомої теплоємності повітря від температури

Температура (°C)	Плотність (кг/м ³)	Питома теплоємність $C_{\text{в}}$, Дж/(кг °C)
-50	1,534	1,005
0	1,293	1,005
20	1,205	1,005
40	1,127	1,005
60	1,067	1,009

Визначальними факторами на кількість теплоти, що надходить в салон автобусу є його об'єм, площ а прозорих та непрозорих елементів кузову і колір його облицювальних металевих панелей.

Прозорі елементи конструкції кузову наділені високою пропускнуою здатністю довгохвильового та короткохвильового випромінювання і у меншій мірі, конвективного теплообміну. При цьому відбувається переважно нагрів внутрішніх поверхонь, які випускаю чи променисте тепло, збільшують конвективний теплообмін, що сприяє максимальному прогріванню салону.

Непрозорі елементи кузову мають багат шарову стінку, яка буде частково поглинати і передавати тепловий потік в салон автомобіля. Верхній шар непрозорих конструктивних елементів має різкий колір пофарбування, який характеризується коефіцієнтом світловідбиття і впливає на кількість відбитої і поглинутої енергії.

Практична частина

Вихідні дані: $V=60$ км/год, площа даху, підлоги, дверей (з непрозорими стінками) дорівнює $5,4$ м², площа стекол дорівнює $1,95$ м². Дах, підлога, двері покриті ПВХ товщиною 4 мм, бітумна накладка – 2 мм та накладку з тероформу – 8 мм. Середній коефіцієнт поглинання $a = 0,55$, коефіцієнт пропускання скла $D_c = 0,7$, коефіцієнт теплопровідності скла $K_c = 0,754$. Розрахунок для зони помірного пояса при $t_{\text{окр}} = 30$ °С, $t_{\text{вн}} = 23$ °С. Щільність теплового потоку прямої сонячної радіації на горизонтальній поверхні $q_{\text{сг}} = 640$ Вт/м², а на вертикальній – $q_{\text{св}} = 49$ Вт/м². Щільність теплового потоку розсіяного на горизонтальну поверхню – $q_{\text{рг}} = 280$ Вт/м², на вертикальну – $q_{\text{рв}} = 21$ Вт/м². Кількість теплоти, що передається водієм та пасажирами $Q_{\text{л}} = 738$ Вт, кількість теплоти, що передається від агрегатів трансмісії та електрообладнання $Q_{\text{агр}} = 440$ Вт. Вагове надходження інфільтрованого повітря у салон становить $G_e = 136$ кг/год.

Рішення:

Визначимо щільність теплового потоку:

$$q_i = K_i \cdot \Delta T_{\text{ну}},$$

де $\Delta T_{\text{ну}}$ – температурний перепад.

$$K_i = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_d} \right)},$$

де α_n – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (від нагрівуючого середовища і зовнішньої поверхні стінки). Визначається з табл. 1

α_d – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стінки до нагріваного середовища

$$\alpha_d = 5,95 \cdot V_g^{0,8},$$

де V_g – швидкість руху повітря всередині салону. Приймаємо відповідно до санітарних умов 0,3 м/с;

δ_i, λ_i – відповідно товщина та коефіцієнт теплопровідності і-го елемента. Для ПВХ – $\lambda = 0,035$ Вт/(м·°С); бітумної накладки – $\lambda = 0,054$ Вт/(м·°С); накладки з тероформу – $\lambda = 0,159$ Вт/(м·°С).

Таблиця 2 – Залежність коефіцієнту тепловіддачі конвекцією від швидкості

Швидкість V , м/с	Коефіцієнту тепловіддачі α_n , Вт/(м ² °С)
0 ÷ 0,5	7
0,6 ÷ 1,7	10,5
1,8 ÷ 3,3	16,6
3,4 ÷ 5,2	24,2
5,3 ÷ 7,4	32,3
7,5 ÷ 9,8	40,6
9,9 ÷ 12,4	49,4
12,5 ÷ 15,2	51,8
15,3 ÷ 18,2	68,6

$$K_i = \frac{1}{\left(\frac{1}{68,6} + \frac{0,004}{0,035} + \frac{0,002}{0,054} + \frac{0,008}{0,159} + \frac{1}{5,95 \cdot 0,3^{0,8}} \right)} = 1,523 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}.$$

$$T_{ny} = t_{okp} + a \cdot \frac{(q_c + q_p)}{\alpha_n},$$

де q_c – результуюча щільності теплового потоку прямої сонячної радіації;

q_p – результуюча щільності теплового потоку розсіяної сонячної радіації.

$$q_c = \sqrt{q_{cz}^2 + q_{cv}^2} = \sqrt{640^2 + 49^2} = 642 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_p = \sqrt{q_{pz}^2 + q_{pe}^2} = \sqrt{280^2 + 21^2} = 281 \text{ Вт/м}^2;$$

$$T_{ny} = t_{okp} + a \cdot \frac{(q_c + q_p)}{\alpha_n} = 30 + 0,55 \cdot \frac{(642 + 281)}{68,6} = 37,4 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{ny} = T_{ny} - t_{okp} = 37,4 - 30 = 7,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$q_i = 1,523 \cdot 7,4 = 11,27 \text{ Вт/м}.$$

$$Q_{надл} = \left(\sum_{i=1}^n S_i K_i + C_e G_e \right) \Delta T + \sum_{i=1}^n S_i q_i + Q_{л} + Q_{азр} =$$

$$= (5,4 \cdot 1,523 + 1,005 \cdot 136) \Delta T + (5,4 + 1,95) \cdot 11,27 + 738 + 440 =$$

$$= 144,9 \cdot \Delta T + 1261$$

Оскільки

$$\Delta T = t_{okp} - t_{вн} = 30 - 23 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Тоді

$$Q_{надл} = 144,9 \cdot 7 + 1261 = 2275,3 \text{ Вт}.$$

$$Q_{поточ} = K_c \cdot S_c \cdot (T_{ny} - t_{вн}) + D_c \cdot S_c \cdot (q_c + q_p) =$$

$$= 0,754 \cdot 1,95 \cdot (37,8 - 23) + 0,7 \cdot 1,95 \cdot (642 + 281) = 1281,66 \text{ Вт}.$$

$$Q_{надл} \neq Q_{поточ}$$

Висновок: На транспортному засобі для комфортного перебування пасажирів необхідно щоб потужність системи тепловідводу з салону складала близько 1 кВт.

Самостійна робота

Виконати розрахунок теплового балансу кабіни для літнього періоду експлуатації.

Вихідні дані: $V=60$ км/год, площа даху, підлоги, дверей (з непрозорими стінками) дорівнює $5,4 \text{ м}^2$, площа стекол дорівнює $1,95 \text{ м}^2$. Дах, підлога, двері покриті ПВХ товщиною ___ мм, бітумна накладка – ___ мм та накладку з тероформу – ___ мм. Середній коефіцієнт поглинання $a = 0,55$, коефіцієнт пропускання скла $D_c = 0,7$, коефіцієнт теплопровідності скла $K_c = 0,754$.

Розрахунок для зони помірного пояса при $t_{\text{окр}} = _ \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{\text{вн}} = _ \text{ } ^\circ\text{C}$. Щільність теплового потоку прямої сонячної радіації на горизонтальній поверхні $q_{\text{сг}} = 640 \text{ Вт/м}^2$, а на вертикальній – $q_{\text{св}} = 49 \text{ Вт/м}^2$. Щільність теплового потоку розсіяного на горизонтальну поверхню – $q_{\text{рг}} = 280 \text{ Вт/м}^2$, на вертикальну – $q_{\text{рв}} = 21 \text{ Вт/м}^2$. Кількість теплоти, що передається водієм та пасажирами $Q_{\text{л}} = 738 \text{ Вт}$, кількість теплоти, що передається від агрегатів трансмісії та електрообладнання $Q_{\text{агр}} = 440 \text{ Вт}$. Вагове надходження інфільтрованого повітря у салон становить $G_e = 136 \text{ кг/год}$.

Табл. 3 – Варіанти установки об'єкта віброізоляції

Варіант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Товщина	ПВХ даху, підлоги, двері	4	5	6	6	5	4	5	6	6	5
	Бітумна накладка	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	Накладка з тероформу	10	16	12	14	10	8	6	12	14	10
	$t_{\text{окр}}$	30	32	34	36	26	28	30	32	34	36
	$t_{\text{вн}}$	24	24	23	22	19	19	21	20	23	22

Контрольні питання:

1. Які типи систем опалення застосовуються на транспортних засобах? Розкажіть про їх пристрій, переваги та недоліки.
2. Навіщо складається тепловий баланс салону транспортного засобу? Які теплові потоки в ньому враховуються?
3. Від чого залежить тепловий потік, який передається через плоску багатшарову стінку? Як його підрахувати?
4. Що таке коефіцієнт теплопередачі, як його розмірність, фізичний сенс і аналітичний вираз для плоскої стінки?

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ АВТОМОБІЛІВ РІЗНИХ МАРОК ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Мета роботи – ознайомитись з особливостями оцінки технічної досконалості автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки.

Теоретична частина

Автомобіль з двигуном внутрішнього згорання незалежно від способу займання суміші, робочого об'єму і типу використовуваного палива, а також інших конструктивних і індивідуальних особливостей може бути представлений у вигляді двох різних систем «Автомобіль – транспортний засіб» і «Автомобіль – джерело викидів домішок в атмосферу». Але ці дві системи виконані у вигляді єдиного технічного рішення – автомобіля. Універсальним критерієм, що описує цю складну еколого-економічну систему, повинен виступати критерій екологічної безпеки автомобіля, який дозволяє визначити рівень екологічної безпеки і технічної досконалості будь-якого класу автомобілів. Крім того, з його допомогою, використовуючи нормативи системи ЄВРО, можна побудувати шкалу оцінки екологічної безпеки, як для окремого типу автомобілів, так і для усіх автомобілів в цілому.

Системний аналіз показує, що характеристикою екологічної небезпеки будь-якого автомобіля, оснащеного двигуном внутрішнього згорання, повинен служити комплексний показник – категорія небезпеки автомобіля (KHA , m^3/c), який інтегрує в собі одночасно кількість викидів усіх домішок, що містяться в газах, що відпрацювали, а також їх клас небезпеки і токсичність, і розраховується за формулою:

$$KHA_i = \sum_{i=1}^n KHP = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де KHP – категорія небезпеки i -ої забруднюючої речовини, m^3/c ;

$ГДК_i$ – середньодобова гранично допустима концентрація i -ої забруднюючої речовини ($г/м^3$);

M_i – кількість викидів i -ої забруднюючої речовини в атмосферу ($г/с$);

α_i – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести міру шкідливості i -ої забруднюючої речовини з шкідливістю діоксиду сірки (III клас небезпеки) (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення безрозмірної константи α_i для забруднюючих речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки речовини	1	2	3	4
Значення константи α_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Величини середньодобових гранично допустимих концентрацій і міра небезпеки компонентів вихлопних газів автомобілів представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Величини середньодобових граничнодопустимих концентрацій і міра небезпеки компонентів вихлопних газів автомобілів

Забруднююча речовина	$ГДК_{СД}$, мг/м ³	Клас небезпеки
Оксид вуглецю (СО)	3	4
Вуглеводні (С _x Н _y)	1	4
Окисли азоту (NO _x)	0,04	2
Тверді частки (сажа)	0,05	3

Але, якщо $KНА$ є характеристикою екологічного стану системи, то його можна і треба віднести до стандартного екологічного стану системи «Автомобіль – довкілля». В якості стандарту, доцільно прийняти одне з довільних станів, що зафіксоване у вимогах на проведення випробувань за правилами ЕСК ООН (ЄВРО). Випробування ґрунтуються на використанні стандартизованого їздового циклу. Усі режими (перемикання передач, гальмування, робота двигуна на холостому ході, зупинки) вибираються так, щоб забезпечувався зразковий рівень відповідності значенням швидкостей руху і прискорень, які характеризують рух у великому місті, в умовах звичайного транспортного потоку. Такий їздовий цикл має характеристики, описані в системі Правил ЄВРО, яка враховує також розділення автомобілів за призначенням, вантажопідйомності, літражу і типу використовуваного палива.

Для розрахунку категорії небезпеки автомобіля кількість викидів i -ої домішки в атмосферу необхідно представити у вигляді потоку речовини (у одиницях маси, віднесених до часу), але чисельні значення граничних викидів забруднюючих речовин в нормах ЄВРО представлені в одиницях маси, віднесених до відстані. Тому при оцінці виникає необхідність в перерахунку кількості викидів за формулою:

$$M_i = \frac{M_i^L \cdot L}{t}, \quad (2)$$

де M_i^L – питомий викид i -ої забруднюючої речовини на один км пробігу, г/км;

L – протяжність циклу, км ($L = 11$ км);

t – час циклу, с ($t = 1220$ с).

Технічні нормативи викидів забруднюючих речовин (питомий викид i -тої забруднюючої речовини на один км пробігу, г/км) автотранспортних засобів різної маси з бензиновими, газовими і дизельними двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН. Зроблений перерахунок дає уявлення про кількість викидів кожної домішки в атмосферу від автомобіля, що відповідають вимогам ЕСК ООН. Причому, такі викиди виходять при реалізації їздового циклу, який за своєю суттю є моделлю руху автомобіля в міських умовах.

Аналіз на основі кількості викидів з газами, що відпрацювали, слід визнати досить грубим, оскільки він спирається тільки на одну характеристику забруднюючої домішки – масову концентрацію, і не враховує токсичність і клас небезпеки цих речовин, які в такому ж ступені характеризують дію домішки на якість довкілля. Якщо проводити комплексну оцінку небезпеки відпрацьований газів то, згідно з вимогами ОНД-86 токсичність і клас небезпеки необхідно включати в кількісні закономірності. Ця умова виконується лише при розрахунку категорії небезпеки автомобілів. Після переведу кількості викидів в одиниці маси, віднесені до часу, використовуючи формулу (1), можуть бути розраховані категорії небезпеки речовин (KHP), що викидаються автомобілем і безпосередньо категорії небезпеки автомобілів (KHA) (табл. 3, 4).

Але KHA не дає уявлення про відповідність газів, що відпрацювали, цього автомобіля стандартним вимогам екологічної безпеки і рівню технічної досконалості окремого автомобіля. Очевидно, що вантажний автомобіль має бути більше екологічно небезпечним, ніж будь-який легковий автомобіль. Але вантажний автомобіль, з точки зору екологічної безпеки, у своєму класі автомобілів може мати досконалішу конструкцію, ніж легковий у своєму. Тому виникає необхідність в порівняльній оцінці екологічної безпеки цих автомобілів.

Для об'єктивнішої оцінки небезпеки за сукупністю викидів від пересувного джерела, можна ввести критерій екологічної безпеки автомобіля (K_a), який повинен дати точне уявлення про рівень екологічної безпеки реально існуючого автомобіля і визначити наскільки він відрізняється від деякого об'єктивного еталону.

Таблиця 3 – Інтегральні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів з бензиновими та газовими двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Категорія небезпеки речовини (КНР)						Категорія небезпеки автомобіля (КНА)	
		CO		CxHy		NOx			
		M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%
ЕВРО-III	<1305	5,76	5,28	1,7	1,56	101,69	93,16	109,15	100
	1305 – 1760	10,29	7,71	2,12	1,59	120,97	90,7	133,38	100
	>1760	12,58	7,57	2,36	1,42	151,25	91,01	166,19	100
ЕВРО-IV	<1305	2,69	5,99	0,91	2,03	41,3	91,98	44,9	100
	1305 – 1760	4,51	7,17	1,18	1,87	57,26	90,96	62,95	100
	>1760	5,52	7,61	1,35	1,86	65,66	90,53	72,53	100
ЕВРО-V ЕВРО-VI	<1305	2,69	8,13	0,91	2,75	29,47	89,11	33,07	100
	1305 – 1760	4,51	9,92	1,18	2,6	39,77	87,48	45,46	100
	>1760	5,52	10,77	1,35	2,63	44,39	86,6	51,26	100

Таблиця 4 – Інтегральні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів з дизельними двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Категорія небезпеки речовини (КНР)								Категорія небезпеки автомобіля (КНА)	
		CO		CxHy		NOx		тверді частки			
		M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%
ЕВРО-III	<1305	1,81	0,34	0,57	0,12	465,32	97,61	9,0	1,89	476,7	100
	1305 – 1760	2,2	0,33	0,66	0,1	654,02	97,69	12,6	1,88	669,48	100
	>1760	2,58	0,31	0,74	0,09	824,04	97,48	18,0	2,13	845,36	100
ЕВРО-IV	<1305	1,44	0,74	0,49	0,25	188,43	96,65	4,6	2,36	194,96	100
	1305 – 1760	1,78	0,64	0,57	0,2	270,34	96,59	7,2	2,57	279,89	100
	>1760	2,06	0,59	0,66	0,19	337,15	96,14	10,8	3,08	350,67	100
ЕВРО-V	<1305	1,44	1,14	0,49	0,39	122,94	97,67	1,0	0,8	125,87	100
	1305 – 1760	1,78	1,01	0,57	0,33	172,27	98,09	1,0	0,57	175,62	100
	>1760	2,06	0,94	0,66	0,3	216,09	98,31	1,0	0,45	219,81	100
ЕВРО-VI	<1305	1,44	3,12	0,83	1,8	42,84	92,91	1,0	2,17	46,11	100
	1305 – 1760	1,78	2,74	0,83	1,28	61,43	94,45	1,0	1,54	65,04	100
	>1760	2,06	2,55	0,83	1,03	76,97	95,19	1,0	1,24	80,86	100

В якості такого еталону слід використати категорію небезпеки автомобіля того ж класу, сертифікованого за правилами ЕСЕ 2005 (інакше ЄВРО IV). Автомобіль, що задовольняє вимогам ЄВРО IV, вибраний в якості еталону тому, що:

- такий автомобіль також можна представити у вигляді вищезгаданої системи, що надає право порівнювати дві системи за фіксованих умов експлуатації (їздовий цикл);
- такий автомобіль є найменш екологічно небезпечним інженерним рішенням за двигуном внутрішнього згорання;
- система ЄВРО враховує також розділення автомобілів за призначенням, вантажопідйомності, літражу і типу використовуваного палива.

Відношення категорії безпеки будь-якого автомобіля до категорії безпеки автомобіля того, що задовольняє найжорсткішим чинним нормам на викиди, прийнятим в системі ЄВРО, дасть критерій для оцінки екологічної подібності автомобілів. Критерій екологічної безпеки автомобіля визначають за формулою:

$$K_a = \frac{KNA_i}{KNA_{EBPO}}, \quad (3)$$

де KNA_i – категорія безпеки автомобіля визначена для реальних умов експлуатації;

KNA_{EBPO} – категорія безпеки автомобіля, що задовольняє ЄВРО IV.

Критерій екологічної безпеки може бути використаний для оцінки технічної досконалості різних представників автомобільного парку, якщо в основу оцінки якості цих автомобілів покласти вимоги екологічної безпеки.

З формули (3) витікає, що якщо виконується умова $K_a \leq 1$, то автомобіль відповідає еталону і його можна допускати до подальшої експлуатації, а якщо ж $K_a > 1$, то й технічний стан такого автомобіля з позиції екологічної безпеки слід вважати незадовільним.

Використовуючи характеристику викидів з правил ЕСК ООН і формул (1) і (3) можна отримати величини критеріїв екологічної безпеки будь-якого автомобіля (табл. 5) і провести критеріальну оцінку екологічної безпеки і технічної досконалості представлених автомобілів. За результатами критерійної оцінки можна зробити висновок про технічну досконалість автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки.

Згідно першої поправки до правила ЕСК ООН, а саме № 83-02А ЕСК ООН (ЄВРО 0), цьому рівню екологічної безпеки можуть відповідати автомобілі, не оснащені спеціальною системою зниження токсичності, яка включає облаштування нейтралізації відпрацьованих газів, і знижує міру негативного впливу автомобіля майже в 3 рази. Відповідність двигуна

внутрішнього згорання автомобіля цьому рівню небезпеки ($K_a > 10$) говорить лише про його справний технічний стан, але не вказує на можливість його експлуатації. Цей рівень екологічної безпеки повинен визначатися як *надзвичайно небезпечний*, і подальша експлуатація такого автомобіля недопустима за європейськими нормами.

Таблиця 5 – Межі рівнів екологічної безпеки і технічної досконалості автомобілів

Рівень ЄВРО	Значення K_a	Рівень безпеки	Рівень досконалості
0	>10	надзвичайно небезпечні	дуже недосконалі
I	4 – 10	високо небезпечні	високо недосконалі
II	2 – 4	помірно небезпечні	помірно недосконалі
III	1 – 2	мало небезпечні	слабо недосконалі
IV	<1	безпечні	досконалі

Вимоги ЄВРО I (а саме К.83-02), набули чинності в Європі в 1993 році, діяли до 1996 року і вважаються застарілими. Тому автомобілі, рівень екологічної небезпеки яких, вище за рівень ЄВРО I ($4 < K_a < 10$), пропонується кваліфікувати як *високо небезпечні*.

Відповідність автомобілів вимогам ЄВРО II (з 1996 року), і ЄВРО III (з 2000 року), досягалася не лише за рахунок вдосконалення систем нейтралізації, але і за рахунок технічних новацій в самих двигунах – збільшення числа клапанів на циліндр, регульовані фази газорозподілу, змінна довжина впускного трубопроводу, наддування, безпосереднє уприскування палива в камери згорання і тому подібне. Такі автомобілі за рівнем екологічної безпеки слід віднести до *мало небезпечних* і *помірно небезпечним* ($2 < K_a < 4$) і ($1 < K_a < 2$) відповідно.

В якості еталонного нормативу пропонується використати рівень екологічної небезпеки автомобіля, що задовольняє четвертій поправці до правила ЕСК ООН ($K_a \leq 1$), а саме ЄС 2005 ЕСК ООН (ЄВРО IV). Цей норматив набув чинності з 2005 року для усіх автомобілів, що випускаються в Європі. Автомобілі, що відповідають цьому рівню екологічної безпеки, слід визнати *безпечними* (умовно).

Практична частина

1. Визначити яку кількість домішок забруднюючих речовин кожен з автомобілів постійно викидає в атмосферу під час свого руху в міських умовах.

2. Провести ранжирування забруднюючих речовин, що викидаються з вихлопними газами автомобілів різних марок, вказаних в початкових даних, в атмосферне повітря за пріоритетністю. Порівняти отримані значення з вимогами правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Результати представити у вигляді діаграми.

3. Провести ранжування забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря з вихлопними газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря за категоріями небезпеки. Порівняти отримані значення з вимогами правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Результати представити у вигляді діаграми.

4. Провести ранжування автотранспортних засобів за категоріями небезпеки автомобіля. Порівняти отримані значення з вимогами правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Результати представити у вигляді діаграми.

5. Розрахувати критерій екологічної безпеки для автомобілів різних марок, вказаних в початкових даних. Визначити рівень екологічної безпеки і технічної досконалості цих автотранспортних засобів. Зробити висновок.

Вихідні дані наведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Вихідні дані для розрахунку екологічності автомобілів

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в повітря, г/км			
	маса СО	маса СхНу	маса NOx	маса твердих часток РМ
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,05	0,27	1,1	0,78
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	0,89	0,21	0,62	0,32
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	0,58	0,13	0,33	0,1
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	12,04	1,19	0,95	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,38	0,52	0,13	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,24	2,66	1,31	-

1. Використовуючи формулу (2) переведемо питомий викид у одиницях маси, віднесених до часу. Результат розрахунків наведено в табл. 7.

$$M_i = \frac{1,05 \cdot 11}{1220} = 0,0095 \text{ г/с.}$$

Таблиця 7 – Результати розрахунків кількості викидів забруднюючих речовин

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок вказаних в вихідних даних											
	маса СО			маса СхНу			маса NOx			маса твердих часток РМ		
	M_i^L , г/км	M_i , г/с	%	M_i^L , г/км	M_i , г/с	%	M_i^L , г/км	M_i , г/с	%	M_i^L , г/км	M_i , г/с	%
Варіант 1	1,05	0,0095	32,99	0,27	0,0024	8,33	1,1	0,0099	34,38	0,78	0,007	24,3
Варіант 2	0,89	0,008	43,48	0,21	0,0019	10,33	0,62	0,0056	30,43	0,32	0,0029	15,76
Варіант 3	0,58	0,0052	50,48	0,13	0,0012	11,65	0,33	0,003	29,13	0,1	0,0009	8,74
Варіант 4	12,04	0,11	84,62	1,19	0,011	8,46	0,95	0,009	6,92	-	-	-
Варіант 5	1,38	0,012	65,93	0,52	0,005	27,47	0,13	0,0012	6,59	-	-	-
Варіант 6	3,24	0,03	45,46	2,66	0,024	36,36	1,31	0,012	18,18	-	-	-

Використовуючи табл. 7, слід зазначити, що аналіз введення окремих домішок забруднюючих речовин з відпрацьованими газами в атмосферу показує, що пріоритетною забруднюючою речовиною є оксид вуглецю. Його вміст коливається від 32,99 до 84,62% по масі від загальної кількості викидів. У автомобілях з бензиновими двигунами на другому місці по рівню значущості знаходяться викиди вуглеводнів. Їх вміст в відпрацьованих газах залежно від контрольної ваги автотранспортного засобу коливається в межах від 8,33 до 36,36%. Слід також відмітити, що у міру збільшення ваги автомобіля прямо пропорційно збільшується і кількість вуглеводнів, що викидаються в атмосферне повітря. На третьому місці за кількістю забруднюючих речовин, що викидаються автомобілями з бензиновими двигунами, належить викидам діоксиду азоту. Його вміст знаходиться в інтервалі від 6,59 до 34,38% від загальної кількості.

Крім того, вміст оксиду вуглецю в відпрацьованих газах автомобілів з бензиновими двигунами, вказаними в початкових даних в 1,5-12,12 разів перевищує вміст цієї забруднюючої речовини в аналогічних автотранспортних засобах, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Що стосується інших забруднюючих домішок, що поступають в атмосферне повітря разом з викидами, вміст вуглеводнів в 4,17-17,14 рази, діоксиду азоту – в 1,33-12,86 разів перевищує технічні нормативи викидів автотранспортних засобів, що відповідають правилам ЄВРО IV. У

відпрацьованих газах автомобіля марки 5, працюючого на бензиновому двигуні, вміст оксиду вуглецю в 1,33 разу нижче нормативного значення.

У автотранспортних засобах з дизельними двигунами після оксиду вуглецю друге місце за пріоритетністю займають викиди діоксиду азоту. Їх вміст в газах залежно від контрольної ваги автомобіля знаходиться в інтервалі від 29,13 до 34,38% по масі від загальної кількості викидів. Далі слідує викиди твердих часток, що поступають в атмосферне повітря разом з відпрацьованими газами (від 8,74 до 24,3%). Також необхідно звернути увагу на те, що зі збільшенням ваги автотранспортного засобу вміст діоксиду азоту і твердих часток у вихлопних газах збільшується. Вміст вуглеводнів з дизельними двигунами незначний, в порівнянні з іншими забруднюючими речовинами (від 8,33 до 11,65%), тому ця шкідлива речовина займає останнє місце в списку пріоритетності. Вміст оксиду вуглецю в відпрацьованих газах автомобілів з дизельними двигунами, вказаними в початкових даних, в 1,16-1,42 раз перевищує вміст СО в аналогічних по масі автотранспортних засобах, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Вміст вуглеводнів перевищує нормативні значення в 2,67-3,81 рази, діоксиду азоту – в 1,33-2,81 разу, твердих часток – в 3,91-12,96 рази відповідно.

2. Використовуючи формулу (1) та табл. 1 – 2 визначимо категорію небезпечності автомобілів. Результат розрахунків наведено в табл. 8.

$$KHP = \left(\frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{\alpha_i} = \left(\frac{0,0095}{3 \cdot 0,001} \right)^{0,9} = 2,82 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Проаналізувавши інтегральні параметри екологічної безпеки автомобілів можна зробити висновок, що екологічно найбільш небезпечною домішкою в відпрацьованих газах автотранспортних засобів і з бензиновими (газовими) і з дизельними двигунами слід вважати діоксид азоту (від 89,92 до 98,49% за категорією безпеки речовини). Вміст інших компонентів за їх дією на екосистеми можна визнати або мало значимим (менше 10%), або не значимим (до 1%). Таким чином, попри те, що по масі найбільш значимою домішкою в газах автотранспортних засобів є оксид вуглецю, найбільш небезпечною домішкою в них слід рахувати діоксид азоту, вміст якого і не такий великий.

Таблиця 8 – Результати розрахунків інтегральних характеристик екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Інтегральні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів різних марок вказаних в вихідних даних									
	Категорія небезпеки речовини (КНР)								Категорія небезпеки автомобіля (КНА)	
	маса СО		маса СхНу		маса NOx		тверді частки			
	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%	M_i^L , м ³ /с	%
Варіант 1	2,82	0,2	2,2	0,15	1293,15	89,92	140,0	9,73	1438,17	100
Варіант 2	2,42	0,36	1,78	0,26	616,55	90,84	58,0	8,54	678,75	100
Варіант 3	1,64	0,56	1,18	0,4	273,89	92,93	18,0	6,11	294,71	100
Варіант 4	25,58	2,17	8,66	0,74	1142,45	97,09	-	-	1176,69	100
Варіант 5	3,48	3,83	4,26	4,68	83,23	91,49	-	-	90,97	100
Варіант 6	7,94	0,47	17,47	1,04	1660,57	98,49	-	-	1685,98	100

Використовуючи розраховані категорії небезпеки автомобілів, можна ранжувати автотранспортні засоби, вказані в початкових даних таким чином:

Найбільш небезпечним з даних варіантів слід визнати автомобіль, працюючий на бензиновому двигуні (варіант 6). Категорія його небезпеки є найвищою з усіх запропонованих варіантів ($K_{НА}=1685,98$ м³/с). Далі в порядку убутання слідує автотранспортні засоби – варіант 1, 4, 2 і 3. Найменш екологічно небезпечним є автомобіль – варіант 5. Екологічна небезпека цієї марки автомобіля в 18,5 разів менша, ніж небезпека автотранспортного засобу (варіант 6).

3. Використовуючи формулу (3) та додатки 1 – 2 визначимо категорію екологічної безпеки автомобіля. Результат розрахунків наведено в табл. 9.

За результатами критерійної оцінки екологічної безпеки і технічної досконалості, представлених автомобілів можна зробити висновок, що найбільш технічно досконалими є автотранспортні засоби з бензиновим двигуном 5 і дизельним двигуном 3. За рівнем екологічної безпеки ($K_3=0,84$) автомобіль відповідає еталону і його можна допускати до подальшої експлуатації. Автомобіль ($K_5=1,45$) відносяться до мало небезпечних джерел викидів, а значить з екологічних позицій, вони є слабо досконалими технічними рішеннями.

Потім розташовується автотранспортний засіб з дизельним двигуном 2. За рівнем екологічної безпеки ($K_2=2,43$) автомобіль відноситься до помірно небезпечних джерел викидів, а з екологічних позицій є помірно недосконалим технічним рішенням.

Автотранспортний засіб з дизельним двигуном 1 по рівню екологічної безпеки ($K_1=7,37$) відноситься до високо небезпечних джерел викидів, а

рівень його технічної досконалості можна кваліфікувати як високо недосконалий.

Таблиця 9 – Результат розрахунків

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Категорія небезпеки автомобіля, що задовольняє вимогам ЄВРО IV (KNA_{EVRO} , м ³ /с)	Категорія небезпеки автомобіля, що визнається реальними умовами експлуатації (KNA_i , м ³ /с)	Критерій екологічної безпеки автомобіля (K_a)
Варіант 1	194,96	1438,17	7,37
Варіант 2	279,89	678,75	2,43
Варіант 3	350,67	294,71	0,84
Варіант 4	44,9	1176,69	26,21
Варіант 5	62,95	90,97	1,45
Варіант 6	72,53	1685,98	23,25

Автомобілі з бензиновими двигунами 6 ($K_6=23,25$) і 4 ($K_4=26,21$) відносяться до надзвичайно небезпечних джерел викидів і можуть розглядатися фахівцями-екологами як украй недосконалі технічні рішення, експлуатація яких недопустима по європейських нормах і має бути заборонена. Згідно першої поправки до правила ЕСК ООН, а саме № 83-02А ЕСК ООН (ЄВРО 0), цьому рівню екологічної безпеки можуть відповідати автомобілі, не оснащені спеціальною системою зниження токсичності, яка включає облаштування нейтралізації газів, що відпрацювали, і знижує міру негативного впливу автомобіля майже в 3 рази. Відповідність двигуна внутрішнього згорання автомобіля цьому рівню небезпеки ($K_a > 10$) говорить лише про його справний технічний стан, але не вказує на можливість його експлуатації.

У нашому випадку автомобілів, які б відповідали еталону, а саме $K_a < 1$, немає.

Самостійна робота

Виконати розрахунки відповідно з прикладом наведеним в п. 2. Варіанти вихідних даних наведені в табл. 10.

Таблиця 10 – Варіанти вихідних даних

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря, г/км			
	маса СО	маса СхНу	маса NOx	маса твердих часток РМ
Варіант 1				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	0,58	0,13	0,33	0,1
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	0,89	0,21	0,62	0,32
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,05	0,27	1,1	0,78
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	12,04	1,19	0,95	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,38	0,52	0,13	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,24	2,66	1,31	-
Варіант 2				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,25	0,49	1,06	0,09
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,95	1,05	0,58	0,28
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	5,73	0,79	0,85	0,52
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	0,47	1,14	0,61	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	2,66	0,68	1,27	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	0,82	0,19	0,94	-
Варіант 3				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	0,91	0,73	0,46	0,37
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	2,63	0,88	0,73	0,06
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,58	1,01	0,92	0,48
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,36	0,79	1,3	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,65	1,12	0,61	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	0,99	0,99	0,37	-
Варіант 4				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,91	0,39	0,57	0,08
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	0,98	0,58	1,0	0,21
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,55	1,0	0,96	0,36

Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	3,21	1,42	0,67	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,84	1,84	1,05	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,11	0,96	0,49	-
Варіант 5				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,45	0,97	0,62	0,12
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	7,22	2,22	1,02	0,05
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,08	1,34	0,76	0,34
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,34	0,66	0,59	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	5,14	2,6	0,37	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,06	0,54	0,44	-
Варіант 6				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,87	1,48	1,09	0,07
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	2,51	1,04	0,77	0,38
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	6,29	2,29	0,43	0,17
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,29	0,32	0,55	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,46	0,85	0,39	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,27	2,57	0,63	-
Варіант 7				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,22	0,49	1,21	0,16
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,33	2,64	0,51	0,33
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	5,61	0,25	0,97	0,04
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,58	1,38	0,64	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,16	1,12	0,33	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	4,53	0,86	0,89	-
Варіант 8				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,72	0,79	0,78	0,22
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,49	0,56	0,62	0,15
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,92	2,41	0,45	0,36
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,67	0,92	0,23	-

Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	5,29	1,14	0,37	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,84	0,62	0,41	-
Варіант 9				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	3,07	1,24	0,66	0,14
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	4,19	0,84	0,43	0,03
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,75	1,72	0,26	0,39
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	3,25	0,73	0,16	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	4,03	0,22	0,39	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	4,99	0,35	0,55	-
Варіант 10				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	5,54	0,43	0,75	0,26
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	8,21	0,18	0,54	0,31
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,77	0,75	0,38	0,18
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,87	0,21	0,2	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,76	0,11	0,58	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,98	0,44	1,03	-

Контрольні питання:

1. Яким чином визначається категорія небезпеки автомобіля?
2. Що береться в якості стандарту екологічного стану системи «Автомобіль – довкілля»?
3. В яких одиницях виміру надані чисельні значення граничних викидів забруднюючих речовин в нормах ЄВРО?
4. Який критерій вводиться для об'єктивнішої оцінки небезпеки за сукупністю викидів від пересувного джерела?
5. Чому в якості еталону використовують категорію небезпеки автомобіля того ж класу, що сертифікований за правилами ЕСЕ 2005?

Практична робота № 10

ОЦІНКА ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПРИ РІЗНОМАНІТНИХ ШВИДКОСТЯХ РУХУ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – проаналізувати характеристик викидів шкідливих речовин (CO , NO_x , C_nH_m) двигуна автомобіля в залежності від швидкості руху, його навантаженості та сумарного дорожнього опору.

Теоретична частина

Викид шкідливих речовин Q (г/км) при русі автомобіля з різноманітними навантаженнями та швидкостями можливо розрахувати, якщо відомо молекулярну масу M_x шкідливих речовин, його концентрацію у відсотках по об'єму x та загальні витрати суміші в $m^3/км$.

Для визначення кількості молей в $1 m^3$ необхідно 1000 л поділити на 22,4 л (1 моль газу займає 22,4 л при $0^\circ C$ та 0,1 МПа). Молекулярна маса 1 моль M_x визначається з хімічної формули компонента: $M_{CO} - 28$, $M_{NO_x} - 40$, $M_{C_nH_m} - 86$.

Виділення газу в $m^3/км$ визначається перемноженням витрати палива в л/100км на $\rho_T \cdot 0,01$ та вираз $15\alpha/1,22$, де α – коефіцієнт надлишку повітря для згоряння, а 1,22 – щільність повітря ($кг/m^3$).

Загальна формула для розрахунку викидів шкідливих речовин:

$$Q_x = \frac{0,0548 \cdot \rho_T \cdot X_x \cdot \left[A \cdot i_k + B^2 \cdot i_k + V_a + C(G_a \psi + 0,077 k_F V_{aj}^2) \right] (a + b \cdot M_x)}{\eta_i}, \quad (1)$$

де ρ_T – щільність палива (приймаємо $0,74 \text{ г/см}^3$);

X_x – концентрація шкідливих речовин (CO , NO_x , C_nH_m):

$$X_{CO,NO_x,C_nH_m} = A_2 + B_2 \cdot M_{CO,NO_x,C_nH_m} + C_2 \cdot M_{CO,NO_x,C_nH_m}^2$$

Значення сталих коефіцієнтів A_2 , B_2 , C_2 наведено в табл. 1.

A , B , C – коефіцієнти, сталі вантажного автомобіля (приймаємо $A = 0,85$; $B = 0,026$; $C = 0,035$);

i_k – передавальне число трансмісії автомобіля ($i_k \approx 54/V_{aj}$);

V_{aj} – швидкість автомобіля (приймаємо 15, 35, 55, 75, 90 км/год);

G_a – розрахункова вага автомобіля, Н:

- споряджена вага автомобіля

$$G_a = m \cdot g;$$

- повна вага автомобіля

$$G_a = (m + m_b \cdot q) \cdot g,$$

де m – маса автомобіля (приймаємо 4525 кг);

m_b – маса вантажу (приймаємо 14000 кг);

q – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

g – прискорення вільного падіння (приймаємо 9,81 м/с²).

ψ – коефіцієнт опору руху автомобіля;

k_F – коефіцієнт обтічності (приймаємо $k_F = 2,41 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$);

a, b – коефіцієнти, сталі вантажного автомобіля (приймаємо $a = 0,8$; $b = 0,0037$);

η_i – індикаторний ККД, який обчислюється за формулою

$$\eta_i = 0,256 + 3,43 \cdot 10^{-7} (G_a \cdot \psi \cdot V_{aj} + 0,184 \cdot V_{aj}^3).$$

Таблиця 1 – Значення сталих коефіцієнтів

Концентрація шкідливих речовин	A_2	B_2	C_2
X_{CO}	4,02	-0,122	$0,935 \cdot 10^{-3}$
X_{NOx}	0,181	$7,02 \cdot 10^{-3}$	$0,68 \cdot 10^{-4}$
X_{CnHm}	0,077	$-1,82 \cdot 10^{-3}$	$0,137 \cdot 10^{-4}$

Практична частина

Розглянемо приклад оцінки шкідливих речовин при різноманітних швидкостях руху вантажного автомобіля. Прийmemo коефіцієнт використання вантажопідйомності $q = 0,5$; коефіцієнт опору руху автомобіля $\psi = 0,01$. Результати розрахунку наведено до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку оцінки шкідливих речовин

Найменування шкідливої речовини	Швидкість руху, км/год				
	$V_{a1} = 15$	$V_{a2} = 35$	$V_{a3} = 55$	$V_{a4} = 75$	$V_{a5} = 90$
Споряджена вага автомобіля					
Q_{CO}	6,6597	11,1217	16,2589	21,321	24,6751
Q_{NOx}	2,97206	4,96334	7,25593	9,5152	11,0119
Q_{CnHm}	0,13531	0,22596	0,33033	0,4332	0,50133
Повна вага автомобіля					
Q_{CO}	11,0737	15,1192	19,6272	23,899	26,6253
Q_{NOx}	4,94191	6,74733	8,75912	10,665	11,8822
Q_{CnHm}	0,22498	0,30718	0,39877	0,4856	0,54095

За результатами розрахунків будуються графіки $Q_x = f(V_{aj})$

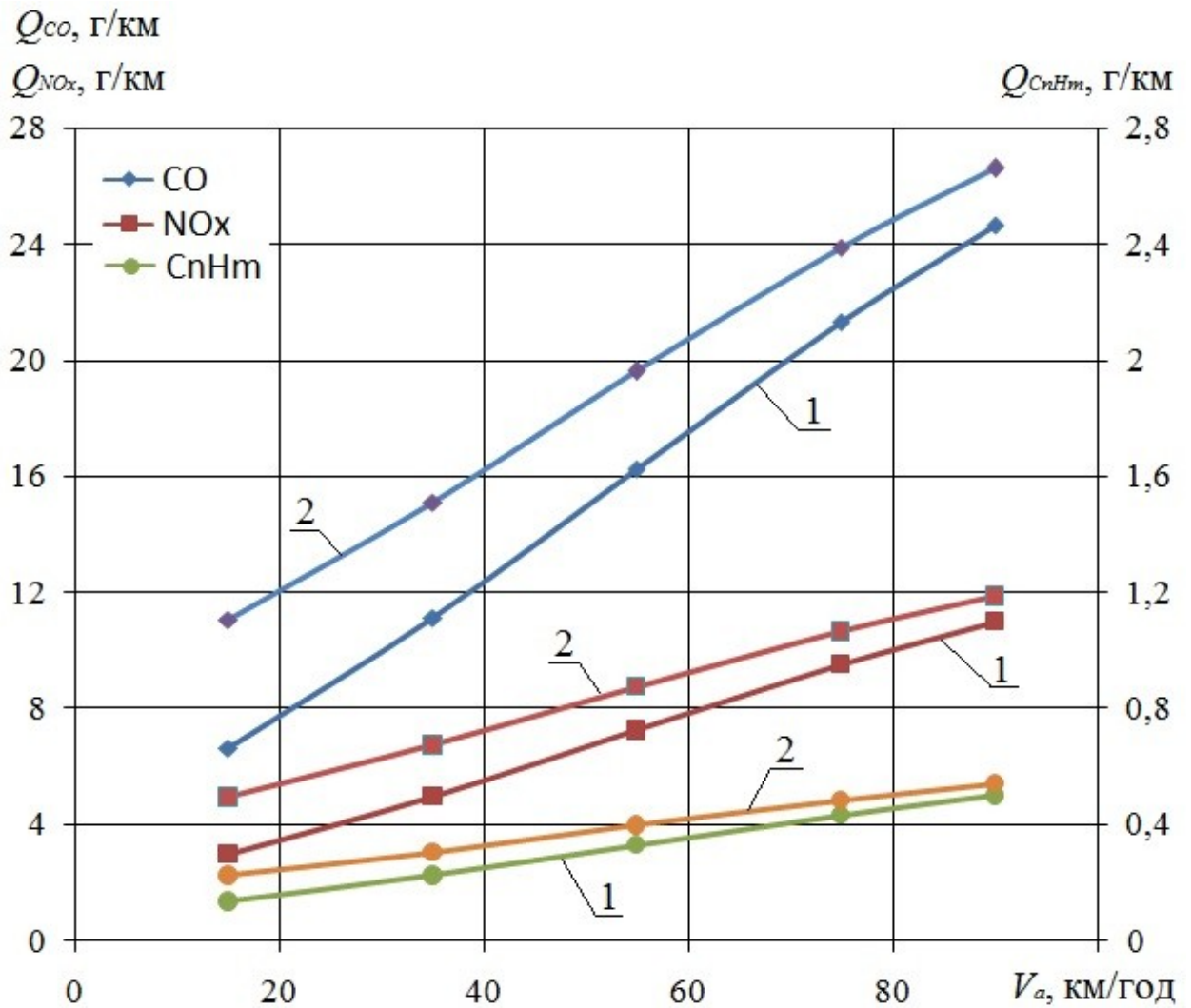


Рисунок 1 – Характеристика викидів шкідливих речовин при різноманітних швидкостях руху вантажного автомобіля:

1 – споряджена вага; 2 – повна вага

Аналізуючи результати з рис. 1 помітно, що в умовах коли коефіцієнт використання вантажопідйомності $q = 0,5$ та коефіцієнт опору руху автомобіля $\psi = 0,01$ – різниця викидів шкідливих речовин автомобіля зі спорядженою та повною масами максимальний при мінімальних швидкостях руху.

Самостійна робота

Отримання характеристик викидів шкідливих речовин (CO , NO_x , C_nH_m) двигуна автомобіля в залежності від швидкості руху $V_{aj} = [15; 35; 55; 75; 90]$ км/год, його навантаженості та сумарного дорожнього опору (див. табл. 2)

Таблиця 3 – Вихідні дані

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Коефіцієнт використання вантажопідйомності, q	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	1
Коефіцієнт опору руху автомобіля, ψ	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,03	0,02	0,025	0,04	0,02

Варіант обирається у відповідності за номером студентів у списку академічної групи. У випадку двозначного числа у списку академічної групи обирається остання цифра.

Контрольні питання:

1. Перелічіть шкідливі речовини, які містяться у викидах вихлопних газів автомобіля
2. Що таке індикаторний ККД???
3. Від яких параметрів залежить коефіцієнт обтічності автомобіля.

Практична робота № 11

**ОЦІНКА ВАЛОВИХ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ВІД
АВТОТРАНСПОРТУ**

Мета роботи – оцінити викиди шкідливих речовин від автотранспорту в залежності від руху по автомагістралі (або її ділянки), а також внесок пасажирських перевезень у забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій.

Теоретична частина

В якості вихідних даних для розрахунку викидів автотранспорту в атмосферу використовуються результати натурних обстежень структури і інтенсивності автотранспортних потоків з підрозділом по основним категоріям автотранспортних засобів.

Усереднені питомі значення показників викидів відображають закономірності їх зміни при реальному характері автотранспортного руху в урбанізованих умовах, що визначаються доцільним вибором передавального відношення від двигуна до трансмісії. При цьому враховується, що в місті автомобіль здійснює безперервно розгони і гальмування, переміщаючись з певною середньою швидкістю на конкретній ділянці автомагістралі, яка визначається дорожніми умовами.

Розрахунки викидів виконуються для наступних шкідливих речовин, що надходять в атмосферу з відпрацьованими газами автомобілів: оксид вуглецю (CO); оксиди азоту NO_x (в перерахунку на NO_2); вуглеводні (CH); сажа; діоксид сірки (SO_2); формальдегід (CH_2O); бенз(а)пірен

Викид i -ї шкідливої речовини автотранспортним потоком (M_{Li}) визначається для конкретної автомагістралі, на всій протяжності якої, структура і інтенсивність автотранспортних потоків змінюється не більше, ніж на 20 – 25 %. При зміні автотранспортних характеристик на велику величину, автомагістраль розбивається на ділянки, які в подальшому розглядаються як окремі джерела.

Така магістраль (або її ділянка) може мати кілька нерегульованих перехресть або (i) регульованих при інтенсивності руху менше 400 – 500 авт./год.

Викид i -ї забруднюючої речовини (г/км), автотранспортним потоком, що рухається, на автомагістралі (або її ділянці) з фіксованою довжиною L (км) визначається за формулою:

$$M_{Li} = \frac{L \cdot M_{Pi} \cdot G_i \cdot r_{Vi}}{3600}, \quad (1)$$

де L – протяжність автомагістралі з якого виключена протяжність черги автомобілів перед заборонним сигналом світлофора і довжина відповідної зони перехрестя (для перехресть, на яких проводились додаткові обстеження), км. Приймаємо 0,523 км;

M_{Pi} – пробіговий викид i -ї шкідливої речовини автомобілями для міських умов експлуатації (табл. 1), г/км;

G_i – фактична найбільша інтенсивність руху (табл. 3), тобто кількість автомобілів кожної з груп, що проходять через фіксований перетин обраної ділянки автомагістралі в одиницю часу в обох напрямках по всіх смугах руху, 1/год;

r_{Vi} – поправочний коефіцієнт, що враховує середню швидкість руху транспортного потоку (км/год) на обраній автомагістралі (або її ділянці) (табл. 2);

$\frac{1}{3600}$ – коефіцієнт перерахунку годин у секунди.

Таблиця 1 – Значення пробігових викидів (M_{Pi}) для різних груп автомобілів

Найменування груп автомобілів	Викид, г/сек						
	CO	NO _x	CH	сажа	SO ₂	CH ₂ O	б(а)п
Легкові	19,0	1,8	2,1	–	0,065	0,006	$1,7 \cdot 10^{-6}$
Легкові дизельні	2,0	1,3	0,25	0,1	0,21	0,003	–
Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю до 3 т і мікроавтобуси	69,4	2,9	11,5	–	0,20	0,020	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю більше 3 т і мікроавтобуси	75,0	5,2	13,4	–	0,22	0,022	$6,3 \cdot 10^{-6}$
Автобуси карбюраторні	97,6	5,3	13,4	–	0,32	0,03	$6,4 \cdot 10^{-6}$
Вантажні дизельні	8,5	7,7	6,0	0,3	1,25	0,21	$6,5 \cdot 10^{-6}$
Автобуси дизельні	8,8	8,0	6,5	0,3	1,45	0,31	$6,7 \cdot 10^{-6}$
Вантажні газобалонні, що працюють на стисненому природному газі	39,0	2,6	1,3*	–	0,18	0,002	$2,0 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 2 – Значення коефіцієнта (r_{Vi}), який враховує зміну кількості забруднюючих речовин, що викидаються, у залежності від швидкості потоку

Швидкість V , км/год	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	80	100
Значення коефіцієнту r_V	1,35	1,28	1,2	1,1	1,0	0,88	0,75	0,63	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65

Таблиця 3 – Результати обстеження характеристик автотранспортного потоку, що рухається

Найменування груп автомобілів	Напря́м 1	
	G_i , 1/год	V , км/год
Легкові	534	50
Легкові дизельні	56	50
Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю до 3 т	19	45
Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю більше 3 т	9	45
Автобуси карбюраторні	2	40
Вантажні дизельні	112	45
Автобуси дизельні	159	40
Вантажні газобалонні, що працюють на стисненому природному газі	47	45

Практична частина

На основі формули (1) та даних з табл. 1 – 3 обчислимо викид i -ї забруднюючої речовини автотранспортним потоком. Результати розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин від автотранспортного потоку, що рухається, на досліджуваній ділянці автомобільної дороги (табл. 4).

Таблиця 4 – Викид забруднюючих речовин, від автотранспортного потоку, що рухається

Найменування груп автомобілів	Викид забруднюючих речовин M_L , г/км						
	CO	NO _x	CH	сажа	SO ₂	CH ₂ O	б(а)п
Легкові	1,179	0,112	0,13	0	0,004	$4 \cdot 10^{-4}$	$1,06 \cdot 10^{-7}$
Легкові дизельні	0,013	0,008	0,002	0,0007	0,001	$2 \cdot 10^{-5}$	0
Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю до 3 т	0,121	0,005	0,019	0	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$7,45 \cdot 10^{-9}$
Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю більше 3 т	0,062	0,004	0,011	0	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4,94 \cdot 10^{-9}$
Автобуси карбюраторні	0,023	0,001	0,003	0	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$1,49 \cdot 10^{-9}$
Вантажні дизельні	0,087	0,075	0,059	0,0029	0,012	0,002	$6,35 \cdot 10^{-8}$
Автобуси дизельні	0,163	0,148	0,12	0,0055	0,027	0,006	$1,24 \cdot 10^{-7}$
Вантажні газобалонні, що працюють на стисненому природному газі	0,168	0,011	0,005	0	$7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8,19 \cdot 10^{-9}$
Σ	1,815	0,364	0,349	0,0091	0,046	0,008	$3,15 \cdot 10^{-7}$

Оскільки, метою лабораторної роботи є саме визначення впливу пасажирських перевезень на якість атмосферного повітря урбанізованих територій, то за результатами розрахунків було виявлено, що автобуси та маршрутні таксі, які рухаються досліджуваною ділянкою автомобільної

дороги, є джерелом викиду від 10,2 % до 75 % викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря (табл. 5).

Таблиця 5 – Внесок пасажирських перевезень у забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій

Забруднююча речовина	Викид, г/км		Доля викиду автобусів та маршрутних таксі, %
	весь потік ТЗ	автобуси та маршрутні таксі	
СО	1,815	0,185	10,2
NO _x (у перерахунку на NO ₂)	0,364	0,149	40,9
СН	0,349	0,123	35,2
сажа	0,0091	0,0055	60,4
SO ₂	0,046	0,0269	58,5
CH ₂ O	0,008	0,006	75
б(а)п	$3,15 \cdot 10^{-7}$	$1,25 \cdot 10^{-7}$	39,7

Встановлено, що реалізація пасажирських перевезень на досліджуваній ділянці автомобільної дороги є переважним джерелом викиду у атмосферу сажі, фенолу, бенз(а)пірену та вуглеводнів.

Самостійна робота

Встановити викид забруднюючих речовин, від автотранспортного потоку, що рухається, а також внесок пасажирських перевезень у забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій (див. табл. 6). Варіант обирається у відповідності за номером студентів у списку академічної групи. У випадку двозначного числа у списку академічної групи обирається остання цифра.

Контрольні питання:

1. Перелічіть шкідливі речовини, які містяться у викидах вихлопних газів автомобіля
2. Від чого залежить фактична найбільша інтенсивність руху автотранспортного потоку.
3. Що таке бенз(а)пірен.

Таблиця 6 – Вихідні дані

Параметр	Варіанти																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
Протяжність автомагістралі L , км	0,41	0,47	0,39	0,7	0,48	0,54	0,57	0,62	0,52	0,67											
Інтенсивність руху V , G_i , 1/год																					
Швидкість																					
Легкові	210	60	87	45	45	156	50	103	60	110	50	90	50	70	45	94	45	256	60	180	60
Легкові дизельні	22	60	0	45	45	16	50	35	60	14	50	24	50	17	45	27	45	12	60	8	60
Вантажні карбюраторні з вантажопідійомністю до 3 т	7	50	3	40	40	5	45	7	50	13	45	15	45	16	40	12	40	5	50	0	50
Вантажні карбюраторні з вантажопідійомністю більше 3 т	4	50	2	40	40	3	45	14	50	22	45	13	45	1	40	9	40	6	50	8	50
Автобуси карбюраторні	5	50	0	40	40	2	40	5	50	10	40	21	40	11	40	3	40	16	40	11	45
Вантажні дизельні	44	50	18	40	40	33	45	44	50	18	40	33	40	13	40	38	40	23	40	13	45
Автобуси дизельні	63	50	26	40	40	47	40	63	50	26	40	47	40	38	40	63	40	35	40	38	45
Вантажні газобалонні, що працюють на стисненому природному газі	18	50	8	40	40	14	45	18	50	18	40	4	40	12	40	28	40	17	40	10	45

Практична робота № 12
**ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА
ТЕРИТОРІЇ АВТОПАРКУ**

Мета роботи – ознайомитись з методикою визначення якості атмосферного повітря в автопарку під час виходу з нього автоколони.

Теоретична частина

Одне з основних джерел забруднення атмосфери – автомобільний транспорт. У викидах автомобілів знаходяться такі шкідливі речовини, як угарний газ, окиси азоту, тверді частинки та летючі органічні з'єднання. 90% викидів угарного газу, які потрапляють в атмосферу, спричинені автомобільним транспортом. У разі його високого вмісту в повітрі газ викликає сонливість і навіть призводить до смерті. Максимальна кількість викидів реєструється в години пік, причому всередині автомобіля концентрація шкідливих речовин найбільша. Припускають, що двоокис азоту подразнює легені і викликає загострення астми.

Тверді частинки, що осідають навколо (в тому числі на нашому одязі та шкірі) є складовою частиною забруднень від автотранспорту. Найменші з них (діаметром до 10 мікрметрів, тобто однієї соті міліметра) спроможні проникати глибоко в легені, загострюючи респіраторні захворювання. Значну кількість цих частинок викидають у повітря автомобілі з дизельними двигунами та великі вантажівки.

Вихлопні гази сприяють утворенню парникового ефекту, який викликає глобальне потепління. Летючі органічні речовини, такі як поліароматичні вуглеводні та бензол, призводять до утворення смогів. Викиди вуглеводнів є наслідком не повного згорання палива. Це можуть бути гази чи тверді частинки. Бензол (що потрапляє у атмосферу з вихлопами та випарами з бензобаків та бензоколонок під час заправки автомобілів) може викликати рак легенів та респіраторні захворювання.

Кожен автомобіль при згорянні 1 кг бензину використовує 15 кг повітря, зокрема, 5,5 кг кисню. При згорянні 1 т пального в атмосферу викидається 200 кг окису вуглецю. На частку автотранспорту припадає близько 55 % шкідливих надходжень загального обсягу, що включають понад 200 різних сполук, у тому числі: окиси вуглецю, свинцю, азоту, формальдегіди, зокрема домішки ароматичних вуглеводів, бенз(а)пірен,

канцерогени, у тому числі й ПАВ, серед яких чимало мутагенів. Вирішити цю проблему можливо через виробництво і впровадження нових (альтернативних) видів екологічно безпечного пального, наприклад, водню.

Фотохімічний смог (видима не озброєним оком туманність їдких газів, характерна для великих міст) формується в результаті дії сонячного ультрафіолетового випромінювання на вуглеводні та окиси азоту. Через температурні інверсії смог висить над містом і не розсіюється.

Визначення максимального разового викиду шкідливої речовини, г/с:

$$G = \frac{\sum_{i=1} (M_{\text{ПП}i} \cdot t_{\text{ПП}i} + M_{\text{Li}} \cdot L + M_{\text{XX}i} \cdot t_{\text{XX}i}) \cdot \alpha_B \cdot N_i}{60 \cdot t_p}, \quad (1)$$

- де $M_{\text{ПП}i}$ – питомий викид під час прогріву двигуна (г/хв);
 $t_{\text{ПП}i}$ – час прогрівання двигуна (хв);
 M_{Li} – пробіговий питомий викид (г/км);
 L – пробіг автомобіля територією автопарку (км);
 $M_{\text{XX}i}$ – питома викид автомобіля на холостому ході (г/хв);
 t_{XX} – тривалість роботи двигуна на холостому ході (хв);
 α_B – коефіцієнт випуску автомобіля на лінію;
 N_i – кількість автомобілів;
 t_p – час виїзду автомобіля (хв).

Визначення концентрації забруднюючих речовин у приземному пласті повітря, мг/м³:

$$C_i = \frac{G}{K_p} + \frac{\text{ГДК}_{\text{мр}}}{100} \cdot 20\%, \quad (2)$$

- де K_p – фактор запилення атмосферного повітря, м³/с;
 $\text{ГДК}_{\text{мр}}$ – гранично допустима максимальна разова концентрація, мг/м³:
- $\text{ГРД}_{\text{мрCO}} = 0,15$ мг/м³;
 - $\text{ГРД}_{\text{мрCnHm}} = 1,0$ мг/м³;
 - $\text{ГРД}_{\text{мрN02}} = 0,085$ мг/м³.

Фонові концентрації забруднюючих речовин становлять 20% $\text{ГДК}_{\text{мр}}$ відповідних забруднювачів. Ефектом сумачії є оксид вуглецю та оксиди азоту.

Практична частина

Визначимо якість атмосферного повітря в автопарку під час виходу з нього автоколони у складі (N_i): 15 легкових автомобілів; 8 вантажних автомобілів вантажопідйомністю 2,5т; 4 газобалонні вантажні автомобілі вантажопідйомністю 8т; 12 дизельних вантажних автомобілів вантажопідйомністю 10т; 2 особливо малих автобусів; 6 малих газобалонних автобусів.

Пробіг по території автопарку (L) кожного автомобіля складає: легкові – 0,15 км; вантажні – 0,4 км; автобуси – 0,45 км.

Час прогрівання двигуна ($t_{\text{прі}}$) складає 20 хв. Тривалість роботи двигуна на холостому ходу ($t_{\text{хх}}$) складає 9 хв. Коефіцієнт випуску автомобіля на лінію (α_B) складає 1. Час виїзду автомобіля (t_p) складає 60 хв. Фактор запилення атмосферного повітря (K_p) складає $29 \text{ м}^3/\text{с}$;

Таблиця 1 – Вихідні дані

	Питомий викид під час прогріву двигуна ($M_{\text{прі}}$), г/хв			Пробіговий питомий викид ($M_{\text{лі}}$), г/км			Питома викид автомобіля на холостому ходу ($M_{\text{ххі}}$), г/хв		
	CO	C _n H _m	NO ₂	CO	C _n H _m	NO ₂	CO	C _n H _m	NO ₂
Для легкових автомобілів	5	0,7	0,05	17	17,0	0,4	4,5	0,4	4,5
Для вантажних авто вантажопідйомністю 2,5т	14,2	2,4	0,1	34,4	6,0	0,5	8,1	1,6	0,1
Для газобал. вантажних авто вантажопідйомн. 8т	26,1	5,1	0,2	59,3	10,3	0,8	18,1	2,9	0,2
Для диз. вантажних авто вантажопідйомністю 10т	5,3	0,7	1,0	6,2	1,1	2,7	2,9	0,3	1,0
Для малих автобусів	6,2	0,65	0,05	24,3	4,2	0,3	4,5	0,4	0,05
Для малих газобалонних автобусів	14,2	2,4	0,05	34,4	6,0	0,3	4,5	1,6	0,05

За допомогою формули (1) визначимо максимальні разові викиди шкідливих речовин: $G_{\text{CO}} = 3,32 \text{ г/с}$; $G_{\text{CnHm}} = 0,55 \text{ г/с}$; $G_{\text{CO}} = 0,29 \text{ г/с}$.

Наступним кроком за допомогою формули (2) визначається концентрація забруднюючих речовин у приземному пласті повітря:

$$C_{\text{CO}} = 3,32/29 + 0,15 \cdot 20/100 = 0,144 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\text{CnHm}} = 0,55/29 + 1 \cdot 20/100 = 0,22 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,29/29 + 0,085 \cdot 20/100 = 0,027 \text{ мг/м}^3.$$

Порівняємо результати з нормами ГДК_{мр}:

$$C_{CO}/ГДК_{мрCO} = 0,144/0,15 = 0,96 < 1;$$

$$C_{CnHm}/ГДК_{мрCnHm} = 0,22/1 = 0,22 < 1;$$

$$C_{NO2}/ГДК_{мрNO2} = 0,027/0,085 = 0,32 < 1.$$

Висновок: в результаті проведеного розрахунку було визначено, що якість атмосферного повітря на території автопарку при виході колони знаходиться в межах норми та відповідає вимогам ГДК_{мр}.

Самостійна робота

Встановити якість атмосферного повітря в автопарку під час виходу з нього автоколони. Варіант завдань (див. табл. 2) обираються у відповідності за номером студентів у списку академічної групи. У випадку двозначного числа у списку академічної групи обирається остання цифра.

Таблиця 2 – Варіант завдань

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Склад автоколони N_i , од:									
Легкові автомобілі	25	18	10	20	14	15	17	23	20	27
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю 2,5т	10	7	0	1	7	2	8	6	9	8
Газобалонні вантажні авто вантажопідйомністю 8т	3	10	3	4	5	6	8	7	2	1
Дизельні вантажні авто вантажопідйомністю 10т	17	4	5	15	7	17	4	5	9	8
Особливо малі автобусу	0	5	10	2	4	6	8	7	5	3
Малі газобалонні автобуси	3	4	9	0	5	6	7	8	4	2
	Пробіг по території автопарку L , км									
Легкові	0,1	0,2	0,11	0,18	0,17	0,12	0,1	0,13	0,14	0,5
Вантажні	0,3	0,2	0,25	0,15	0,18	0,16	0,2	0,27	0,3	0,22
Автобуси	0,5	0,4	0,2	0,3	0,25	0,35	0,4	0,45	0,24	0,3

Контрольні питання:

1. Від чого залежить максимальні разові викиди шкідливих речовин.
2. Від чого залежить концентрація забруднюючих речовин у приземному пласті повітря.
3. З метою зменшення токсичності, які конструкційні рішення можна застосувати?

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт по курсу «Ергономічні властивості та екологія самохідних машин» для студентів спеціальностей «Автомобілі та автомобільне господарство», «Колісні та гусеничні транспортні засоби» / М.Є. Сергієнко, А.М. Сергієнко, А.М. Маренич. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – 84 с.

2. Давідіч Ю.О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю.О. Давідіч, Є.І. Куш, Д.П. Понкратов. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 392 с.

3. Самородов В.Б. Аналіз ступеня стомлення операторів-водіїв сучасних колісних тракторів / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 8 (1051). – С. 14-25.

4. Петров А.П., Петров К.А. Взаимосвязь внутренней и внешней аэродинамики легкового автомобиля. Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовки кадров. Материалы международной научно-технической конференции ААИ. Москва: МГТУ «МАМИ». 2010. – С. 250-257.

5. Прусова Н.В. Психология труда. Конспект лекций / Н.В. Прусова, Г.Х. Боронова. – Москва: Эксмо, 2008. – С. 61.

6. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: навч. посіб. / Апостолук С. О., Джигирей В. С., Апостолук А. С. та ін. – К.: Знання, 2006. – 215 с.

7. Capaldo F. Some analysis on visibility from driver seat / F. Capaldo, F. Guzzo, G. Nasti // Transportation Research Procedia, 2020. – Vol. 45. – P. 87-94. – DOI: 10.1016/j.trpro.2020.02.066

8. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Ергономіка та дизайн у приладобудуванні» для студентів спеціальності «Приладобудування» усіх форм навчання / Уклад. Бойко Т. А.: – Черкаси: ЧІТІ, 1998. – 26 с.

9. Дементий Л.В., Юсіна А.Л. Обеспечение безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие /Л.В. Дементий, А.Л. Юсіна. –

Краматорск: ДГМА, 2008. – 300 с.

10. Лабораторний практикум з дизайну та ергономіки сільськогосподарської техніки для студентів 4-го курсу за напрямом спеціальність 133 - Галузеве машинобудування / Уклад. П.А. Василів, І.Ю. Грищенко.: – Київ: НУБіП, 2019. – 45 с.

11. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум: Навч. посіб. – Київ: Лібра, 2004. – 368 с.

12. Запольський А.К. Основи екології: підруч./А.К. Запольський, А.І. Салюк; за ред. К.М. Ситника. – 3-тє вид., стер. – Київ: Вища шк., 2005. – 382 с.

13. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Держкомстат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2008/452/metod.htm

14. Розрахунок теоретичного складу продуктів згоряння і температури горіння органічних палив: Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з курсів «Горіння палива та обладнання для його спалювання». Уклад.: О.А. Сірій, Л.С. Бутовський, О.О. Грановська – Київ: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 39 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

«Ергономічні властивості та екологія самохідних машин»
з курсу «Ергономічні властивості та екологія самохідних машин»

для студентів спеціальностей
133 «Галузеве машинобудування»
274 «Автомобільний транспорт»

Укладачі:
КОЖУШКО Андрій Павлович
КАЛЬЧЕНКО Борис Іванович

Відповідальний за випуск доц. О.Ю. Ребров

Роботу рекомендував до друку проф. Д.О. Волонцевич

В авторській редакції

План 2022 р., поз. 262.

Підп. До друку 04.10.2022. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 3,0.
Наклад 50 прим. Зам. №125. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.
