МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 5

Дисципліна: «Автотехнічна експертиза (Експертиза ДТП)»

Тема заняття:	**Визначення швидкості руху транспортного засобу перед початком гальмування.**
Мета роботи:	Засвоїти методику експертного розрахунку початкової швидкості руху транспортного засобу (ТЗ) за слідами гальмування на однорідному та неоднорідному дорожніх покриттях, навчитися враховувати зміну зчіпних властивостей дороги та оцінювати отримані результати для встановлення механізму ДТП.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1. Сутність та експертне значення визначення швидкості перед гальмуванням

Встановлення фактичної швидкості руху автомобіля V_a (або V_0) у момент, що безпосередньо передував початку гальмування, є одним із ключових завдань ситуалогічної автотехнічної експертизи.

Навіщо це необхідно визначати та що це дає для експертизи:

- **Перевірка дотримання швидкісного режиму:** дає змогу об’єктивно встановити, чи перевищував водій допустиму швидкість на конкретній ділянці дороги (у населеному пункті, у зоні дії дорожніх знаків або з урахуванням дорожніх умов).
- **Оцінка технічної можливості запобігти ДТП:** знаючи початкову швидкість, експерт розраховує зупинний шлях S_0 і порівнює його з відстанню від ТЗ до перешкоди в момент виникнення небезпеки для руху $S_в$. Якщо $S_0 \leq S_в$, водій мав технічну можливість уникнути пригоди своєчасним гальмуванням.
- **Перевірка показань учасників та свідків:** показання очевидців щодо швидкості є суб’єктивними та часто викривленими через швидкоплинність аварійної ситуації. Інженерний розрахунок за матеріальними слідами юзу дозволяє підтвердити або спростувати свідчення.
- **Реконструкція механізму ДТП у єдиному масштабі часу:** швидкість перед гальмуванням є базовою величиною для визначення взаємного розташування учасників пригоди у характерні моменти часу (момент виникнення небезпеки, перетину межі перехрестя, зміни сигналу світлофора).

1.2. Загальні умови та фізичні основи розрахунку

Розрахунок виконується за спрощеною гальмівною діаграмою екстреного гальмування за умови, що на місці пригоди зафіксовані сліди блокування (юзу) коліс. Процес зупинки складається з таких часових інтервалів:

- t_1 **— час реакції водія** (від моменту виявлення небезпеки до початку дії на педаль гальма; залежно від складності дорожньої ситуації становить 0,6–1,4 с);
- t_2 **— час запізнювання спрацьовування гальмівного приводу** (0,1 с — для легкових автомобілів категорії M_1 та мікроавтобусів M_2; 0,2 с — для вантажних автомобілів і автобусів);
- t_3 **— час наростання уповільнення** (від початку появи гальмівної сили до досягнення усталеного уповільнення j, с);
- t_4 **— час усталеного гальмування** (рух із постійним уповільненням j до повної зупинки або моменту зіткнення, с).

> **Методичне правило фіксації слідів юзу:**
> Слід юзу на дорозі залишається переважно на фазі усталеного гальмування (та наприкінці фази t_3). За розрахункову довжину сліду юзу $S_ю$ приймають найбільшу довжину безперервного сліду гальмування передніх або задніх коліс. Якщо автомобіль до проведення замірів не прибирали з місця ДТП, із загальної довжини сліду віднімають колісну базу автомобіля L, щоб отримати дійсне переміщення центру мас ТЗ.

1.3. Вплив стану дорожнього покриття (сніг, ожеледиця, волога)

Вирішальний вплив на величину усталеного уповільнення j (м/с^2) має коефіцієнт зчеплення шин із дорогою φ. На горизонтальній ділянці дороги при повному блокуванні всіх коліс максимальне уповільнення визначається залежністю:

$$j = \varphi \cdot g \qquad (1)$$

де g = 9,81 м/с^2 — прискорення вільного падіння. На сухому асфальтобетоні (φ = 0,7–0,8) уповільнення обмежується також ефективністю гальмівної системи ТЗ, тому його беруть за нормативними довідковими таблицями.

Тип і стан покриття	Коефіцієнт зчеплення φ	Особливості гальмування та експертної оцінки
Асфальтобетон сухий	0,7 – 0,8	Найбільш інтенсивне гальмування; чіткі темні сліди стирання гуми (сліди юзу).
Асфальтобетон мокрий	0,4 – 0,6	Водяна плівка погіршує контакт; сліди гальмування проявляються у вигляді «висушених» смуг і швидко зникають.

Ґрунтова дорога мокра	0,2 – 0,4	Різке падіння зчеплення, можливе вгрузання коліс та додатковий опір волочінню ґрунту.
Укочений сніг	0,2 – 0,3 (0,3 – 0,4 посип.)	Низьке зчеплення; гальмівний шлях зростає у 2,5–3,5 раза порівняно із сухим асфальтом.
Ожеледиця	0,1 – 0,2 (0,25 – 0,35 посип.)	Критично низьке зчеплення; висока ймовірність заносу при нерівномірності φ під бортами; сліди малопомітні.

2. РОЗРАХУНКОВІ ФОРМУЛИ

2.1. Рух на однорідному покритті (до повної зупинки)

Якщо гальмування відбувалося на ділянці з незмінними зчіпними властивостями до повної зупинки ТЗ, швидкість перед початком гальмування визначається за формулою:

$$V_a = 1{,}8 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{(26 \cdot S_{ю} \cdot j)}\ , \quad [км/год] \tag{2}$$

де:

- t_3 — час наростання уповільнення, с (обирається за довідковими таблицями залежно від категорії ТЗ, його завантаження та коефіцієнта зчеплення φ);
- j — усталене уповільнення ТЗ на даному покритті, м/с^2;
- $S_{ю}$ — довжина сліду юзу, м.

Якщо під час гальмування відбулося зіткнення або наїзд на швидкості V_c (км/год), формула набуває вигляду:

$$V_a = 1{,}8 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{(26 \cdot S_{ю} \cdot j + V_c^2)}\ , \quad [км/год] \tag{3}$$

2.2. Рух на неоднорідному покритті (послідовний перехід між ділянками)

На практиці автомобіль під час екстреного гальмування часто перетинає ділянки з різними зчіпними властивостями. Наприклад: спочатку рухається по твердому сухому асфальтобетону (φ_1 = 0,7), потім потрапляє на мокрий асфальт ($\varphi_2 \approx$ 0,4–0,5), а далі з'їжджає на мокре ґрунтове узбіччя ($\varphi_3 \approx$ 0,2–0,3) — або навпаки (виїзд із ґрунтової дороги чи снігу на мокрий і сухий асфальт).

У таких випадках розрахунок виконується за узагальненою формулою з урахуванням переміщення та уповільнення на кожній ділянці:

$$V_a = 1{,}8 \cdot t_3 \cdot j_1 + \sqrt{[\ 26 \cdot (S_1 \cdot j_1 + S_2 \cdot j_2 + \ldots + S_n \cdot j_n)\ ]}\ , \quad [км/год] \tag{4}$$

де:

- $j_1, j_2, \ldots, j_n$ — усталені уповільнення ТЗ при гальмуванні відповідно на ділянках 1, 2, …, n, м/с^2;
- $S_1, S_2, \ldots, S_n$ — довжини переміщення центру мас ТЗ у межах кожної ділянки покриття, м.

> **Критично важлива особливість при зміні порядку ділянок («і навпаки»):**
> Підкорінний вираз $26 \cdot (S_1 \cdot j_1 + S_2 \cdot j_2 + S_3 \cdot j_3)$ від перестановки місць доданків не змінюється, оскільки сумарна робота сил гальмування на всьому шляху залишається однаковою. Проте перший доданок $1{,}8 \cdot t_3 \cdot j_1$ залежить виключно від параметрів **першої (початкової)** ділянки гальмування! Якщо гальмування почалося на сухому асфальті ($\varphi_1 = 0{,}7$), за час наростання уповільнення t_3 автомобіль інтенсивніше втрачає швидкість, ніж коли гальмування починається на мокрому ґрунті чи ожеледиці ($\varphi_1 = 0{,}2$–$0{,}3$).

3. ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ

Приклад 1. Вплив стану покриття (сухий асфальт проти ожеледиці)

Умова задачі: Повністю завантажений легковий автомобіль (категорія M_1) виконував екстрене гальмування до повної зупинки, залишивши слід юзу довжиною $S_ю = 32$ м. Визначити швидкість автомобіля перед початком гальмування на сухому асфальтобетоні ($\varphi = 0{,}7$) та на ожеледиці ($\varphi = 0{,}15$).

1) Розрахунок для сухого асфальтобетону (φ = 0,7):

За довідковими таблицями для повністю завантаженого автомобіля категорії M_1 при $\varphi = 0{,}7$ приймаємо усталене уповільнення $j = 6{,}3$ м/с^2 та час наростання уповільнення $t_3 = 0{,}35$ с:

$$V_{а\,(сух)} = 1{,}8 \cdot 0{,}35 \cdot 6{,}3 + \sqrt{(26 \cdot 32 \cdot 6{,}3)} = 3{,}97 + 72{,}40 = \mathbf{76{,}37\ км/год}$$

2) Розрахунок для дороги, покритої ожеледицею (φ = 0,15):

Уповільнення становить $j = \varphi \cdot g = 0{,}15 \cdot 9{,}81 \approx 1{,}47$ м/с^2, час наростання уповільнення $t_3 \approx 0{,}08$ с:

$$V_{а\,(ожел)} = 1{,}8 \cdot 0{,}08 \cdot 1{,}47 + \sqrt{(26 \cdot 32 \cdot 1{,}47)} = 0{,}21 + 34{,}97 = \mathbf{35{,}18\ км/год}$$

Експертний аналіз: Однакова довжина сліду юзу (32 м) на сухому асфальті свідчить про суттєве перевищення дозволеної в населеному пункті швидкості (76,4 км/год проти 50 км/год), тоді як на ожеледиці відповідає помірній швидкості (35,2 км/год), яка, однак, виявилася небезпечною для зимових умов.

Приклад 2. Рух по комбінованому покриттю (сухий асфальт → мокрий асфальт → мокрий ґрунт) та зворотний варіант

Умова задачі: Встановлено, що легковий автомобіль повної маси під час екстреного гальмування переміщувався юзом: 10 м по твердому сухому асфальтобетону ($\varphi_1 = 0{,}7$; $j_1 = 6{,}3$ м/с^2; $t_3 = 0{,}35$ с), потім 14 м по мокрому асфальту ($\varphi_2 = 0{,}5$; $j_2 = 4{,}9$ м/с^2) і ще 12 м по мокрому ґрунту узбіччя ($\varphi_3 = 0{,}3$; $j_3 = 2{,}9$ м/с^2; $t_3 = 0{,}15$ с). Визначити швидкість перед гальмуванням для прямого та зворотного напрямків руху.

Варіант А. Прямий рух (сухий асфальт → мокрий асфальт → мокрий ґрунт):

$$V_{а\,(А)} = 1{,}8 \cdot 0{,}35 \cdot 6{,}3 + \sqrt{[\ 26 \cdot (10 \cdot 6{,}3 + 14 \cdot 4{,}9 + 12 \cdot 2{,}9)\ ]} = 3{,}97 + 65{,}78 = \mathbf{69{,}75\ км/год}$$

Варіант Б. Зворотний рух (мокрий ґрунт → мокрий асфальт → сухий асфальт):

Гальмування починається на мокрому ґрунті ($j_1 = 2{,}9$ м/с^2, $t_3 = 0{,}15$ с):

$$V_{а\,(Б)} = 1{,}8 \cdot 0{,}15 \cdot 2{,}9 + \sqrt{[\ 26 \cdot (12 \cdot 2{,}9 + 14 \cdot 4{,}9 + 10 \cdot 6{,}3)\ ]} = 0{,}78 + 65{,}78 = \mathbf{66{,}56\ км/год}$$

Експертний аналіз: За однакових довжин окремих ділянок початкова швидкість у варіанті А вища на 3,19 км/год завдяки інтенсивнішому гасінню швидкості на першій ділянці протягом часу наростання уповільнення t_3.

4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 5

1. **Ознайомлення з методикою та вибір довідкових даних:** відповідно до категорії ТЗ, ступеня його завантаження та стану дорожнього покриття за довідковими таблицями обрати значення усталеного уповільнення j та часу наростання уповільнення t_3.
2. **Розрахунок для однорідного покриття:** обчислити початкову швидкість автомобіля перед початком гальмування на сухому асфальтобетоні та на ожеледиці (укоченому снігу) за заданою довжиною сліду юзу.
3. **Розрахунок для неоднорідного покриття:** обчислити швидкість перед гальмуванням при послідовному русі по ділянках із різним коефіцієнтом зчеплення (твердий асфальт → мокрий асфальт → мокрий ґрунт) та виконати перевірочний розрахунок для зворотного напрямку руху.
4. **Оформлення висновків:** звести результати розрахунків у порівняльну таблицю та сформулювати технічно обґрунтовані експертні висновки щодо впливу дорожніх умов на безпеку руху.

5. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ

1. Яке практичне значення для автотехнічної експертизи та судового слідства має визначення початкової швидкості руху ТЗ перед гальмуванням?

2. З яких основних часових інтервалів складається повний час зупинки автомобіля та на якому етапі утворюються сліди юзу?

3. У якому випадку під час вимірювання слідів гальмування на місці ДТП із їхньої загальної довжини віднімається колісна база автомобіля?

4. Чому на сухому асфальтобетоні (φ = 0,7–0,8) розрахункове уповільнення завантаженого автомобіля може бути меншим за добуток $\varphi \cdot g$?

5. Як змінюється коефіцієнт зчеплення φ при переході від сухого асфальту до мокрого, укоченого снігу та ожеледиці, і до яких наслідків (окрім збільшення гальмівного шляху) призводить гальмування на ділянках із нерівномірним зчепленням під лівими та правими колесами?

6. Поясніть фізичний зміст кожного доданка у формулі визначення швидкості на неоднорідному покритті $V_a = 1{,}8 \cdot t_3 \cdot j_1 + \sqrt{[26 \cdot (S_1 \cdot j_1 + S_2 \cdot j_2 + \ldots + S_n \cdot j_n)]}$. Чому при зворотному порядку проїзду тих самих ділянок розрахункова швидкість буде іншою?

7. Як змінюється розрахункова формула визначення швидкості перед гальмуванням, якщо автомобіль не зупинився до кінця сліду юзу, а зіткнувся з перешкодою на певній швидкості V_c?