

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

Лекція.1.4. КЕРОВАНІСТЬ І МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

- 1.4.1. Визначення керованості та маневреності.*
 - 1.4.2. Оціночні показники та методика їх експериментального визначення.*
 - 1.4.3. Кінематика повороту та криволінійного руху.*
 - 1.4.4. Сили, які діють на автомобіль при повороті.*
 - 1.4.5. Круговий рух автомобіля.*
 - 1.4.6. Перехідні процеси і коливання керованих коліс автомобіля.*
 - 1.4.7. Методики експериментального і розрахункового визначення показників керованості і маневреності.*
 - 1.4.8. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів, керованість і маневреність автомобіля.*
- Контрольні питання*

1.4.1. Визначення керованості і маневреності.

В реальних умовах експлуатації траєкторія руху автомобіля завжди є криволінійною, радіус кривизни траєкторії змінюється безперервно. Хвильовий характер траєкторії пов'язаний з наявністю криволінійних ділянок дороги необхідністю об'їзду перешкод, зміни напрямку руху при обгоні, об'їзді.

Під час руху на прямолінійних ділянках дороги межі зміни радіусу кривизни траєкторій невеликі, тому такий рух умовно вважають прямолінійним. Це дозволяє розглядати експлуатаційні властивості окремо при криволінійному прямолінійному русі автомобіля.

Аналіз особливостей руху автомобіля з траєкторія різної кривизни дозволяє виділити *два режими повороту*:

- з малими радіусами кривизни і невисокими швидкостями (характеризує маневреність автомобіля)
- з великими радіусами кривизни і високими швидкостями (характеризує керованість і стійкість автомобіля).

В зв'язку з цим можна визначити, що керованість автомобіля – це його здатність зберігати в певних дорожньо – кліматичних умовах заданий напрям руху або змінювати його у відповідності із керуючими діями на рульове колесо.

Маневреність автомобіля – група властивостей, яка характеризує можливість змінювати заданим чином своє положення на обмеженій площині в умовах руху по траєкторіях великої кривизни з різною зміною напрямків руху, в тому числі і заднім ходом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

1.4.2. Оціночні показники керованості і маневреності та методика їх експериментального визначення.

Для оцінки керованості автомобіля запропоновано багато оцінкових показників. Серед них застосовується запропоновано на автополігоні НАМІ методика оцінки стійкості керування, яка характеризується властивістю системи водій – автомобіль виконувати з обумовленою точністю на заданому відрізку шляху заданий закон руху (залежності зміни швидкості, траєкторії курсового кута і кута крену в функції шляху).

Це бальна методика, за якою можна за допомогою приладів і експертних оцінок зробити висновок про:

- стійкість керування траєкторії;
- стійкість курсового керування;
- стійкість керування траєкторією під час гальмування;
- максимальну швидкість виконання маневру;
- швидкість початку зниження стійкості керування траєкторії;
- швидкість початку зниження стійкості керування (курсової) на спеціальних маршрутах для різних типів транспортних засобів.

Маневреність може бути оціненою такими показниками:

- мінімальний радіус повороту автомобіля – тягача R_{min} – відстань від центру повороту до осі сліду переднього колеса, ... забігає при максимальному куті повороту керованих коліс;
- зовнішній габаритний радіус повороту ($R_{габ.маx}$) і внутрішній габаритний радіус повороту ($R_{габ.мін}$) – відстань від центру повороту до максимально віддаленої від нього частини автомобіля, ($R_{габ}$);
- поворотна ширина коліс автомобіля по сліду коліс B_n – різниця найбільшого і найменшого радіусів повороту відповідних коліс;
- габаритна смуга руху $B_{габ}$. – різниця між максимальним мінімальним значенням габаритних радіусів повороту;
- питома тягове зусилля на повороті Φ_n – необхідна для здійснення повороту сила визначається як відношення тягового зусилля на ведучих колесах до повної ваги автомобіля при повороті з мінімальним радіусом та мінімальною сталою швидкістю $v_{мін} \approx 5$ км/год;
- коефіцієнт використання зчпної сили коліс при повороті $K_{\phi i}$. Для одного ведучого моста $K_{\phi i}$ – це відношення сумарної сили, яка діє в контакті цих коліс до потенційно можливої сили по зчепленню;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

- зусилля на рульовому колесі. Вимірюється при плавному повороті керованих коліс автомобіля з нейтрального положення до упору в один і другі боки;
- складність здійснення керованого руху заднім ходом (для автопоїздів). Оцінюється двома показниками: шляхом, пройденим автопоїздом заднім ходом до початку його складання і кількістю поворотів рульового колеса на одиницю шляху при керованому русі автопоїзда відносно прямої опорної лінії.

Всі оціночні показники можуть бути використані тільки для оцінки конкретних транспортних засобів.

Маневреність впливає на технічну швидкість руху в міських умовах, а на експлуатаційну швидкість в місцях навантажування і розвантажування.

1.4.3. Кінематика повороту та криволінійного руху.

Поворот автомобіля – змінна його курсового кута в більшості конструкцій здійснюється в результаті зміни положення керованих коліс. В деяких випадках на спеціальних автомобілях поворот здійснюється відключенням приводу і гальмування коліс одного із бортів (по гусеничному), зміною взаємного положення осей мостів автомобіля, а також поворотом керованої осі (переважно для причепів).

Криволінійний рух автомобіля здійснюється внаслідок впливу водія на рульове керування, коли керовані колеса повертають відносно вертикальної осі.

Здатність автомобіля здійснювати повороти характеризуються властивістю, яка зветься повороткістю автомобіля. Вона відповідає вимогам керованості і безпеки руху за таких умов:

- керовані колеса котяться без бічного ковзання;
- рульовий привод забезпечує необхідне співвідношення між кутами повороту керованих коліс;
- рульове керування володіє слідкуючою дією;
- компоновка автомобіля, характеристики підвіски та шин забезпечують оптимальне співвідношення між кутами відведення керованих коліс.

Режим повороту автомобіля з малими радіусами при невисоких швидкостях характерний незначними кутовими прискореннями і силами бокового відведення коліс. Це дає можливість не враховувати бокову еластичність шини і розглядати рух автомобіля як на жорстких шинах. Розглянемо схему повороту

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

такого автомобіля:

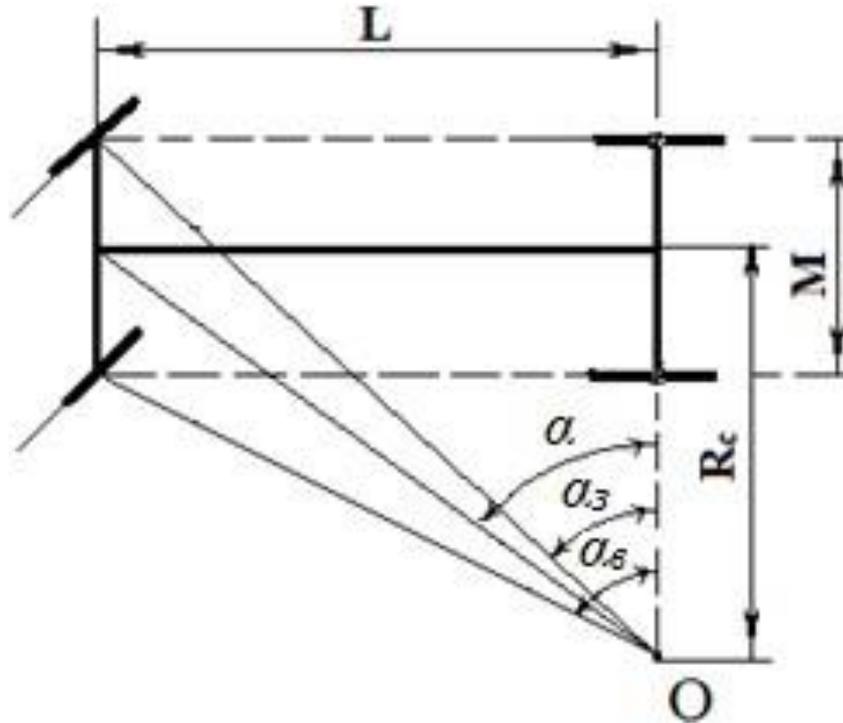


Рис. 4.1. Схема повороту автомобіля із жорсткими колесами
 $\alpha_v, \alpha, \alpha_z$ - відповідно внутрішній, середній і зовнішній кути повороту керованих коліс.

Умовою кочення коліс без бокового ковзання є необхідність того, щоб осі їх повороту перетинались в одній точці, яка зветься полюсом повороту (точка O).

Це можливо при виконанні умов:

$$\operatorname{ctg} \alpha_z - \operatorname{ctg} \alpha_v = \frac{M}{L} \quad (4.1)$$

При цьому середній радіус повороту:

$$R_c = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (4.2)$$

При максимально можливому куті повороту керованих коліс $R_z \rightarrow R_{min}$

На сьогодні [3] не існує єдиної думки, яке значення B брати у формулі (4.1) (рис.9.2).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

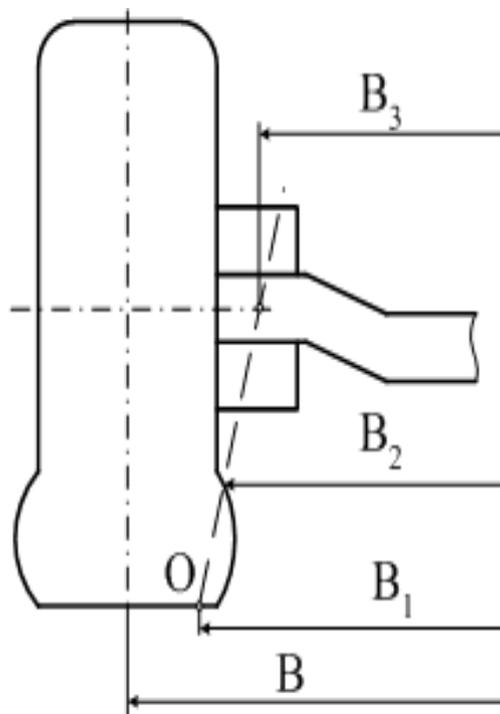


Рис.4.2. До визначення параметра B .

З аналізу літературних джерел випливає, що значення B у формулі 4.1 рекомендують брати:

- B_1 – відстань між точками зустрічі вісей шворнів з опорною поверхнею;
- B_2 – Лисов М.І. рекомендує брати відстань між центрами поворотів кульових пальців поперечної тяги;
- B_3 – Литвинов А.С. рекомендує відстань між осями шворнів.

Отже, теоретично в рівнянні 4.1 B повинна бути колія передніх коліс. Проте, зменшуючи значення B у рівнянні 4.1, відповідне колії керованих коліс, забезпечують більший кут повороту зовнішнього колеса. Цим компенсуються деформація кермової трапеції та зазори в кульових пальцях поперечної тяги.

Під час руху автомобіля на повороті з великими швидкостями виникають значні відцентрові сили які передаються на колеса і діють перпендикулярно площині їх кочення, внаслідок чого колеса рухаються з бічним відведенням. При цьому вектори миттєвих швидкостей центрів мас мостів не перпендикулярні до осей коліс, а відхиляються на кут, які дорівнюють кутам відведення δ_1 і δ_2 , внаслідок чого центр повороту зміщується на величину C з точки O в точку O' , а середній радіус повороту стає рівним відстані $O'D$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

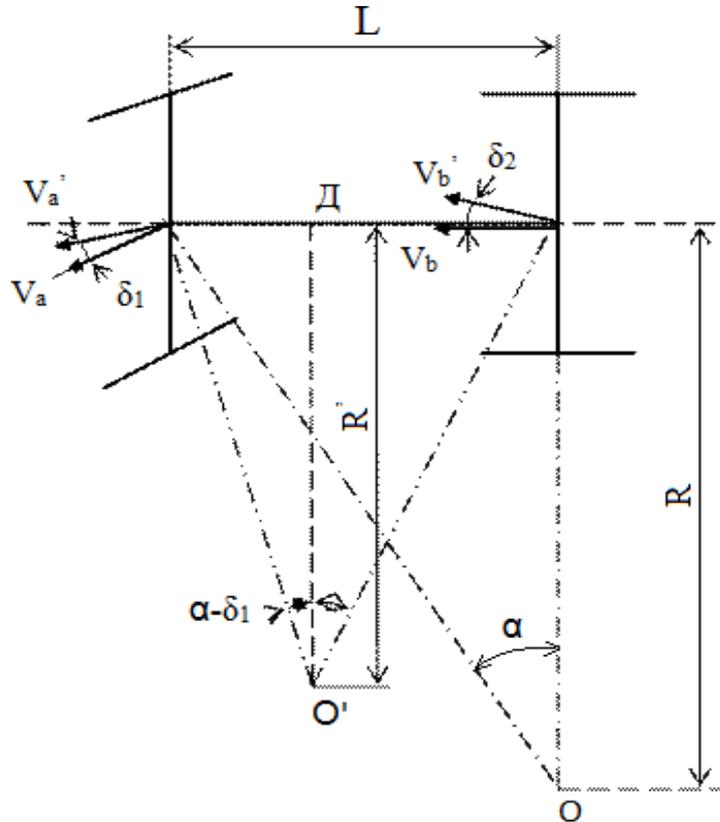


Рис. 4.3. Схема повороту автомобіля із еластичними колесами

З геометричних співвідношень:

$$R' \cdot \operatorname{tg} \delta_2 \cdot R \operatorname{tg}(\alpha - \delta_1) = L \quad (4.3)$$

звідки:

$$R' = \frac{L}{\operatorname{tg} \delta_2 + \operatorname{tg}(\alpha - \delta_1)} \quad (4.4)$$

Оскільки кути відведення δ_1 і δ_2 малі ($5^\circ \dots 10^\circ$), а кути повороту при великих швидкостях теж невеликі, можна вважати:

$$R' \approx \frac{L}{\alpha + (\delta_2 - \delta_1)} \quad (4.5)$$

Поворотність залежить від співвідношення кутів δ_1 і δ_2 :

$\delta_1 = \delta_2$ – поворотність нейтральна; ($R = R'$);

$\delta_1 > \delta_2$ – поворотність недостатня; ($R' > R$);

$\delta_1 < \delta_2$ – поворотність надлишкова; ($R' < R$).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

1.4.4. Сили, які діють на автомобіль при повороті.

Розглянемо схеми сил при повороті типових двовісних автомобілів з передніми керованими колесами при задніх або передніх ведучих мостах.

Схема сил, які діють на автомобіль з передніми веденими керованими колесами під час руху по криволінійній траєкторії з усталеною швидкістю. В цьому випадку, якщо радіус кривизни постійний, сили інерції відсутні). Вважаємо також, що колеса жорсткі в бічному напрямі.

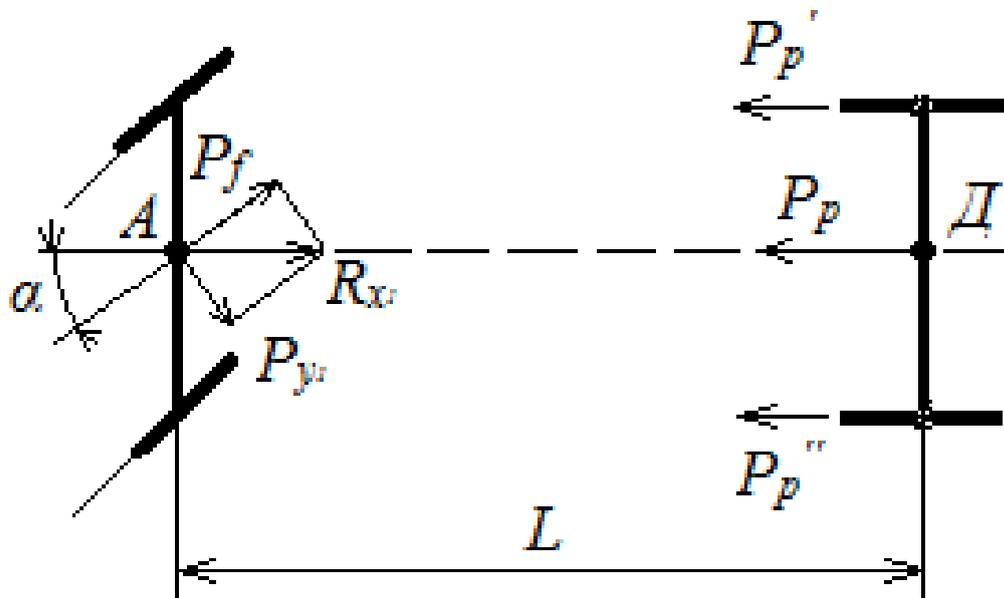


Рис. 4.4. Схема повороту задньоприводного автомобіля

Від задніх ведучих коліс автомобіля на раму передаються зусилля P_p' та P_p'' , рівнодіюча яких може вважатися спрямованою в напрямку руху вздовж його повздовжньої осі P_p . Ця сила через раму передається до переднього моста. В той же час в точках контакту керованих коліс з дорогою виникають реакції, рівнодіюча яких R_{x1} також може вважатися спрямованою в напрямі повздовжньої осі, тобто при відсутності інших сил:

$$R_{x1} = P_p \quad (4.6)$$

Реакція R_{x1} можна розкласти на складові P_f та R_{y1} складова P_f визначається моментом опору кочення:

$$P_f = \frac{M_F}{2g} = fR_z \quad (4.7)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

При рівному повороті сила тяги дорівнює:

$$P_p = R_{x1} = \frac{P_f}{\cos\alpha} \quad (4.8)$$

де: α – середній кут повороту керованих коліс

При розгляді моментів сил відносно точки Д можна з'ясувати, що сила P_f створює момент опору повороту, а сила R_{y1} – повертальний момент. В умовах руху, що розглядається:

$$R_{y1} = L \cdot \cos\alpha = P_f \cdot L \cdot \sin\alpha \quad (4.9)$$

Величина R_{x1} обмежена умовами зчеплення коліс з дорогою, тобто:

$$R_{x1max} = \varphi \cdot R_{z1} \quad (4.10)$$

В той же час $R_{y1} = R_{x1} \cdot \sin\alpha$. Враховуючи два останні вирази, отримаємо:

$$\varphi R_{z1} \cdot \cos\alpha = \frac{M_f}{2g} = f R_z \quad (4.11)$$

де: M_f – момент опору обертанню коліс, зумовлений опором коченню та іншими опорами.

З останнього виразу можна отримати:

$$\varphi \geq \frac{f}{\cos\alpha}; \quad \varphi \cos\alpha \geq f \quad (4.12)$$

і зробити висновок: поворот автомобіля може бути здійсненим при значенні коефіцієнту опору коченню меншому ніж добуток коефіцієнта зчеплення на косінус кута повороту керованих коліс. В зворотньому випадку поворот автомобіля не здійсниться.

Розглянемо схему сил при повороті автомобіля з передніми ведучими керованими колесами, під час руху по траєкторії постійної кривизни з малою швидкістю (колеса жорсткі в бічному напрямі).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

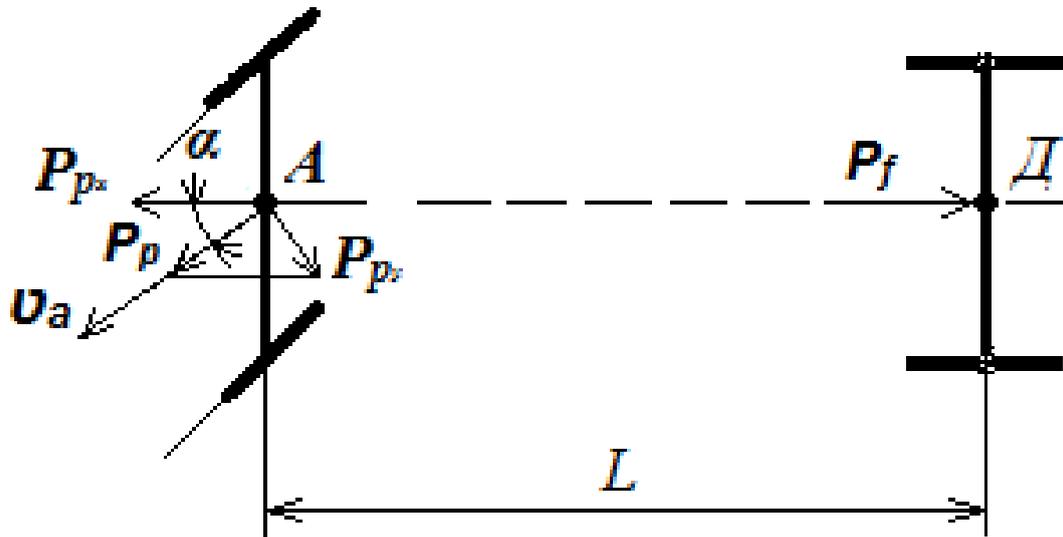


Рис. 4.5. Схема повороту задньоприводного автомобіля

В цьому випадку повертальний момент створюється складовою сили тяги P_{py} і дорівнює:

$$M_n = P_p \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (4.13)$$

З попереднього виразу видно, що повертальний момент створюватиметься завжди, коли буде сила тяги на ведучих колесах і поворот коліс, що пояснює кращу керованість передньоприводних автомобілів, особливо на дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення.

1.4.5. Круговий рух автомобіля

Для оцінки впливу бічного відведення коліс на його стійкість розглянемо рух автомобіля по колу великого радіусу з постійною швидкістю. В цьому випадку до центра мас автомобіля прикладаються бічна відцентрова сила, яку можна віднести до коліс автомобіля і яка приводить до виникнення бічних реакцій на колесах:

$$R_{y1} = \frac{m_1 \cdot V_a^2}{R} ; \quad R_{y2} = \frac{m_2 \cdot V_a^2}{R} \quad (4.14)$$

де: m_1 , m_2 – відповідно частина маси автомобіля, що припадають на передню і задню осі.

Кути відведення коліс дорівнюють:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

$$\delta_1 = \frac{R_{y1}}{K_{y1}} = \frac{m_1 \cdot V_a^2}{K_{y1} \cdot R} ; \delta_2 = \frac{R_{y2}}{K_{y2}} = \frac{m_2 \cdot V_a^2}{K_{y2} \cdot R} \quad (4.15)$$

де: K_{y1}, K_{y2} – коефіцієнти опору відведення коліс.

Радіус повороту автомобіля при русі по колу:

$$R = R_k + \left(\frac{m_1}{K_{y1}} - \frac{m_2}{K_{y2}} \right) \cdot \frac{V_a^2}{\alpha} \quad (4.16)$$

де: R_k – кінематичний радіус повороту автомобіля (при коченні коліс без бокового відведення).

$$R_k = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (4.17)$$

З виразу для визначення радіуса R видно, що його величина залежить не тільки від кута повороту керованих коліс, але й від швидкості руху автомобіля.

1.4.6. Перехідні процеси і коливання керованих коліс автомобіля

Колівання керованих коліс автомобіля можуть бути вільними або вимушеними.

Причинами коливань керованих коліс можуть бути:

- 1) виникнення коливань при наїзді одного з коліс керованого моста на виступ (западину) – виникає виникнення гіроскопічного моменту;

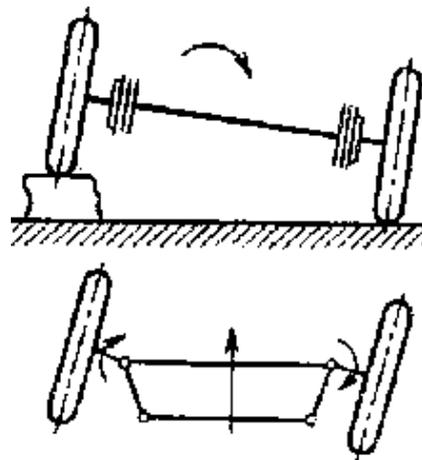


Рис. 4.6. Схема виникнення гіроскопічного моменту, що прикладається до керованих коліс автомобіля.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/OK18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

2) дисбаланс коліс

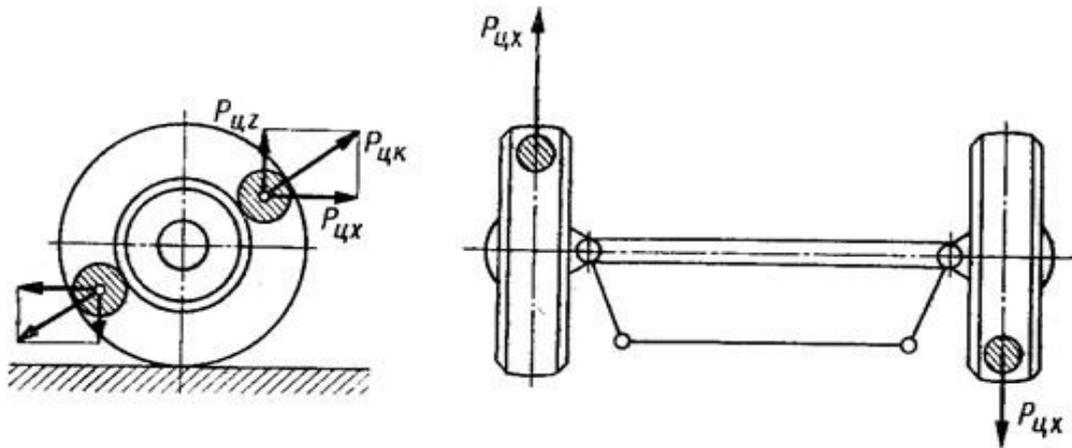


Рис. 4.7. Схема виникнення неврівноваженого моменту, викликаного дисбалансом коліс.

3) особливості конструкції – подвійний зв’язок керованого моста з рамою;

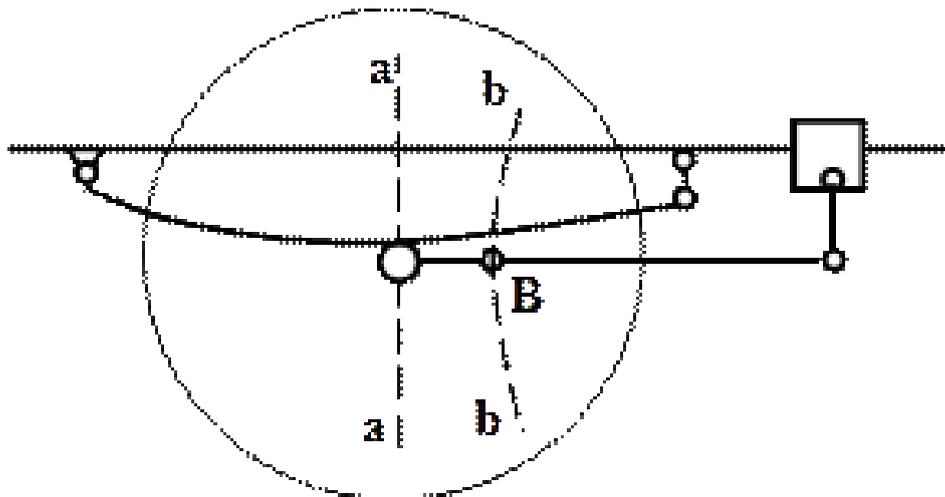


Рис. 4.8. Схема виникнення коливань керованих коліс автомобіля, викликаного неузгодженістю зв’язків із рамою автомобіля через підвіску і рульовий привод.

4) нерівності («хвилястість») дороги.

Засобами усунення коливань керованих коліс є:

- використання еластичних збалансованих шин;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

- незалежна підвіска керованих коліс;
- стабілізація керованих коліс за рахунок кутів нахилу осі повороту (в поперечній і повздовжній площині);
- використання пружних елементів підвіски характеристики яких запобігають виникненню резонансних коливань;
- застосування гасіїв коливань (амортизаторів);

1.4.7. Методики експериментального і розрахункового визначення показників керованості і маневреності.

Експериментальне визначення керованості автомобіля здійснюється на основі порівнянь заданої і фактичної траєкторії руху автомобіля в різних умовах: при максимальній швидкості руху по прямій, на різних швидкостях по криволінійних траєкторіях, при гальмуванні.

Експериментально або розрахунково визначають показники маневреності:

1. Експериментально:

- зовнішній габаритний радіус повороту;
- внутрішній габаритний радіус повороту;
- габаритну смугу руху;

2. Експериментально або аналітичним шляхом:

- мінімальний радіус повороту;

для двовісного автомобіля:

$$R_{min} = L / \sin \alpha_{max} \quad (4.18a)$$

для тривісного автомобіля:

$$R_{min} = \sqrt{(R + 0,5B)^2 + (L - C_T)^2} \quad (4.18б)$$

де: C_m – зміщення центру повороту тягача відносно його заднього моста;

R – радіус повороту тягача;

L – повздовжня база;

B – ширина колії.

- питома тягова сила, необхідна при повороті (для 5-вісного тягача)

$$F_n = \frac{(R_x + fG_{2,3})}{G_n} \quad (4.19)$$

- коефіцієнт використання зчпної сили при повороті:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

$$K_{\varphi i} = \frac{\sqrt{(R_{xi}^2 + R_{yi}^2)}}{\varphi R_{zi}^2} \quad (4.20)$$

- поворотну ширину 5-вісного автопоїзда;
- габаритна смуга руху.

Керованість автомобіля [15] можна оцінювати за ступенем наближення фактичної траєкторії (в плані) його руху до бажаної (з урахуванням швидкості руху). До основних кількісних показників керованості можна віднести:

- граничні значення кривизни траєкторії автомобіля при круговому русі (мінімальні радіуси кривизни);
- граничні швидкості зміни кривизни траєкторій різних точок автомобіля;
- значення відхилень траєкторії і напрямки фактичного руху від заданих і частота повторюваності відхилень.

До показників керованості відносять також кількість енергії, що витрачається, водієм на керування автомобілем в при заданій траєкторії руху («легкість управління»). На більшість показників, що характеризують керованість системи «Машина – водій – дорожнє середовище», впливають як конструкційні параметри автомобіля, так і дані водія як керівної ланки. Тому в сучасному трактуванні розглядається керованість системи «Машина – водій – дорожнє середовище». При русі автомобілів і тракторів в різних дорожніх умовах на їх керованість впливають зовнішні впливи («збурення»), що надаються дорогою (наприклад, дорожніми нерівностями) та повітряним середовищем (пориви бокового вітру та ін.). Залежно від того, як реагує машина на ці збурення, її рух може бути стійким або нестійким. При русі на повороті стійкість є однією з властивостей більш загальної властивості – керованості. При русі по прямій, навпаки керованість є однією з властивостей курсової стійкості. Розрізняють стійкість положення машини, курсову, бічну і траєкторну стійкість автомобілів і тракторів. Стійкість положення (стійкість проти перекидання) розглядаються в подовжній і поперечній площинах (подовжня і поперечна стійкість). Крім того, розрізняють статичну і динамічну стійкість. Статистична стійкість забезпечується при відсутності збурюючого руху, а динамічна супроводжується відхиленнями параметрів і траєкторії руху машини від заданих з подальшим їх зникненням. Дорожні умови (дороги та майданчики для випробувань) визначаються програмою і методикою випробувань (рівне

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

асфальтобетонне, цементобетонне, бруківка, засніжена дорога, гладкий лід).
Метеорологічні умови: температура повітря від +3 °С до + 30 °С, при випробуваннях на засніженій дорозі і на льоду від – 2 °С до – 15 °С; швидкість вітру не повинна перевищувати 3 м/с; відсутність опадів. Проводять такі види випробувань:

- випробування «пробіг»
- випробування «курсова стійкість»
- випробування «переставка»
- випробування «вхід в поворот»

Випробування «пробіг» проводять в нормальному експлуатаційному режимі. Метою його є суб'єктивна оцінка автомобіля двома водіями, які пройшли спеціальну підготовку. Пробіг 300-600 км виконується на дорогах автомобільного полігону. Водії оцінюють автомобіль як об'єкт управління і якість рульового управління випробуваного автомобіля. В процесі пробігу визначають керованість автомобіля на ділянках доріг з рівним і хвилястим мікропрофілем при різних швидкостях руху: від 20-30 км/год. До швидкості, максимально можливої в цих умовах. Суб'єктивну оцінку проводять за шкалою з чотирьох або п'ятибальною градацією. За аналогічною системою оцінюють коливання курсового кута і їх демпфірування (загасання), крен автомобіля, його коливання і демпфірування, чутливість автомобіля до управління, стабілізацію становища керованих коліс із усилля на рульовому колесі. По комплексу перерахованих спостережень і оцінок дають загальний висновок про керованість автомобіля при випробуванні «пробіг». Випробування «курсова стійкість» проводять на апрямолінійній ділянці дороги з шириною проїзної частини не менше 3,5 м. Поперечний ухил полотна дороги не повинен перевищувати 0,5%, поздовжній ухил 1%. Види доріг: за асфальтобетонним або цементобетонним покриттям в сухому і мокрому стані з нормованою величиною нерівностей (в тому числі з штучними нерівностями заданого профілю); шосе з бруківкою хорошої якості в сухому стані; засніжена дорога з укатаним снігом. Довжина мірної ділянки повинна бути не менше 800 м. Вимірювальна апаратура повинна забезпечувати безперервне вимірювання кутів повороту рульового колеса, поздовжньої осі автомобіля і часу з відмітками початку і кінця проходження ділянки виміру. Під час випробувань виконують задане число заїздів в даному напрямку (число залікових заїздів не менше восьми). Перед виїздом на вимірювальну ділянку встановлюють задану швидкість, якої необхідно дотримуватись з точністю ± 3 км/год. Досліди проводять при швидкості 60

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

км/год. і 100 км/год. Застосовують і інші значення швидкостей, наприклад граничну на даній дорозі (за умовами безпеки руху) і швидкість на 20-25% менше її. Записи обробляють для отримання середніх інтегральних значень кутів повороту рульового колеса. Роботу водія з підтримки заданого напрямку руху оцінюють за допомогою середньої інтегральної кутової швидкості повороту рульового колеса на ділянці виміру. Кращої керованості відповідають менші значення зазначеного оціночного параметру. Отримані за цим методом результати («інструментальна оцінка») зіставляють з суб'єктивною оцінкою, зафіксованою в протоколах випробувань. Заключна оцінка дається при їх достатньому збігу. В іншому випадку досліди необхідно повторити, проаналізувавши можливі причини розбіжності оцінок.

Випробування «перестроювання» (рис. 4.9) полягає в переведенні автомобіля з однієї смуги руху на іншу, паралельну їй (бічний зсув 3,5 м).

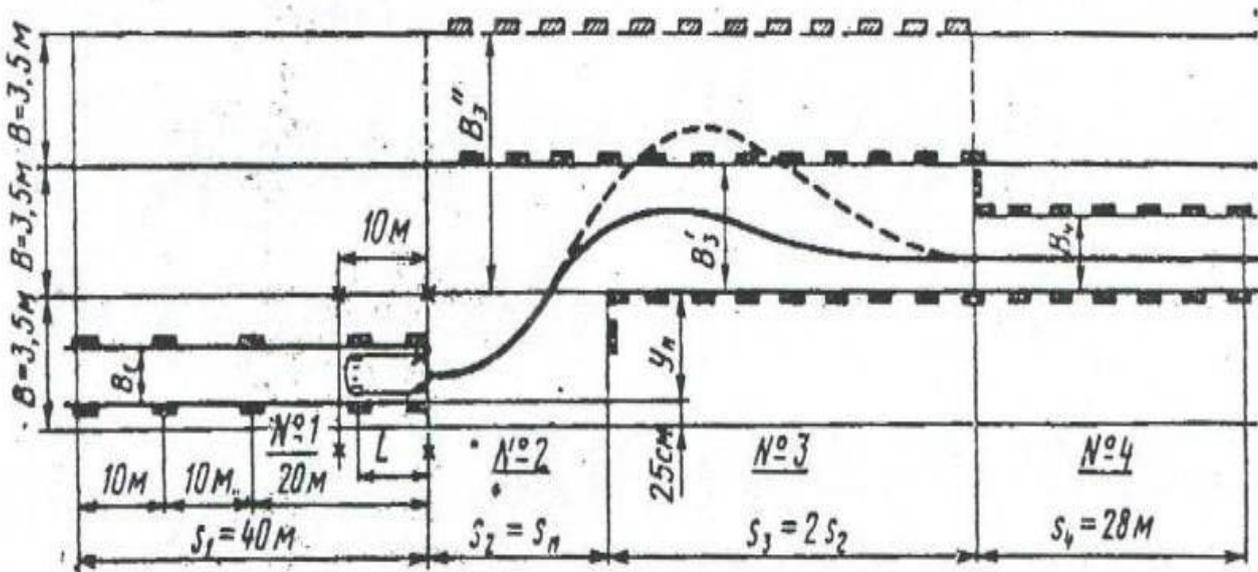


Рис. 4.9. Схема розмітки майданчика для випробувань «переставка»: × – місця установки фотостворів; B_a – ширина автомобіля; y_n – ширина перешкоди («зсув»); L – база автомобіля; №1 – ділянка «Вхід»; №2 – ділянка «Переставка»; №3 – ділянка «Установка»; №4 – ділянка «Вихід». Для випробувань типу I на дорозі з двома смугами руху $B_3' = 3,5$ м; для випробувань типу II на дорозі з трьома смугами $B_3'' = 7,0$ м. При $B_a = 1,46-1,55$ м, $B_1 = 1,90$ м, $B_4 = 2,20$ м, при $B_a = 2,46-2,55$ м, $B_1 = 3$ м, $B_4 = 3,50$ м

Необхідність виконання такого маневру виникає при аварійній ситуації, пов'язаній з появою на смузі руху несподіваної перешкоди в безпосередній

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

близькості від автомобіля. Довжина шляху, на якому повинна бути виконана «переставка», прийнята рівною 12 м і 20 м. Випробування виконують на дорозі з асфальтобетонним або цементобетонним покриттям в сухому стані, на мокрому асфальтобетонному покритті та на засніженій укоченій дорозі. За допомогою серії попередніх заїздів визначають найбільшу швидкість, при якій автомобіль може здійснювати маневр «перестроювання» на заданій ділянці шляху (12 м і 20 м). При близькій до неї швидкості здійснюють встановлену методикою кількість залікових заїздів. Заліковими вважаються заїзди, при яких автомобіль не виходить за габарити смуг руху, обмежені гумовими конусами (тобто не зачіпає і не збиває конуса). Оціночним параметром є швидкість автомобіля в момент сходу в «переставку». Швидкість визначають за допомогою двох фотостворів встановлених на відстані (базі) 10 м один від іншого, і хронографа з точністю вимірювання до 0,001 с. У кожному заїзді водій фіксує занесення автомобіля, виникнення коливань курсового кута, бічного відхилення, кута крену і оцінюють за шкалою суб'єктивної оцінки їх демпфірування, а також чутливість автомобіля до управління і зусилля на кермовому колесі, необхідне для виконання маневру.

Необхідність виконання такого маневру виникає при аварійній ситуації, пов'язаній з появою на смузі руху несподіваної перешкоди в безпосередній близькості від автомобіля. Довжина шляху, на якому повинна бути виконана «переставка», прийнята рівною 12 м і 20 м. Випробування виконують на дорозі з асфальтобетонним покриттям. При проведенні випробувань крім суб'єктивної оцінки поведінки автомобіля можуть бути зафіксовані за допомогою відповідної апаратури зміни кутів повороту поздовжньої осі автомобіля і рульового колеса по часу. Випробування «вхід в поворот» має на меті встановлення граничної швидкості, з якою автомобіль може рухатися, зберігаючи керованість, на поворотах постійного радіусу заокруглення дороги в плані з високим коефіцієнтом зчеплення. Випробування проводять на горизонтальному майданчику діаметром не менше 120 м з рівним асфальтобетонним або цементобетонним покриттям в сухому стані. На майданчику (рис. 4.10) наносять лінії (або встановлюють віхи у вигляді гумових конусів), що визначають виїзний «коридор» шириною 3 м і окружності повороту з радіусами 30 м і 60 м (по внутрішній бровці повороту).

Випробовуваний автомобіль обладнають одним або двома страхувальними пристосуваннями – навісними колесами на спеціальних кронштейнах, що обмежують нахил автомобіля на повороті (з відривом коліс одного боку від поверхні майданчика) кутом не більше 25-30°. Легкові автомобілі рекомендується обладнати двома страхувальними колесами, що

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

встановлюються на кронштейнах біля переднього і заднього бамперів. Вага страхувальних пристосувань повинна бути врахована при баластуванні автомобіля. Шляхом послідовних заїздів (при

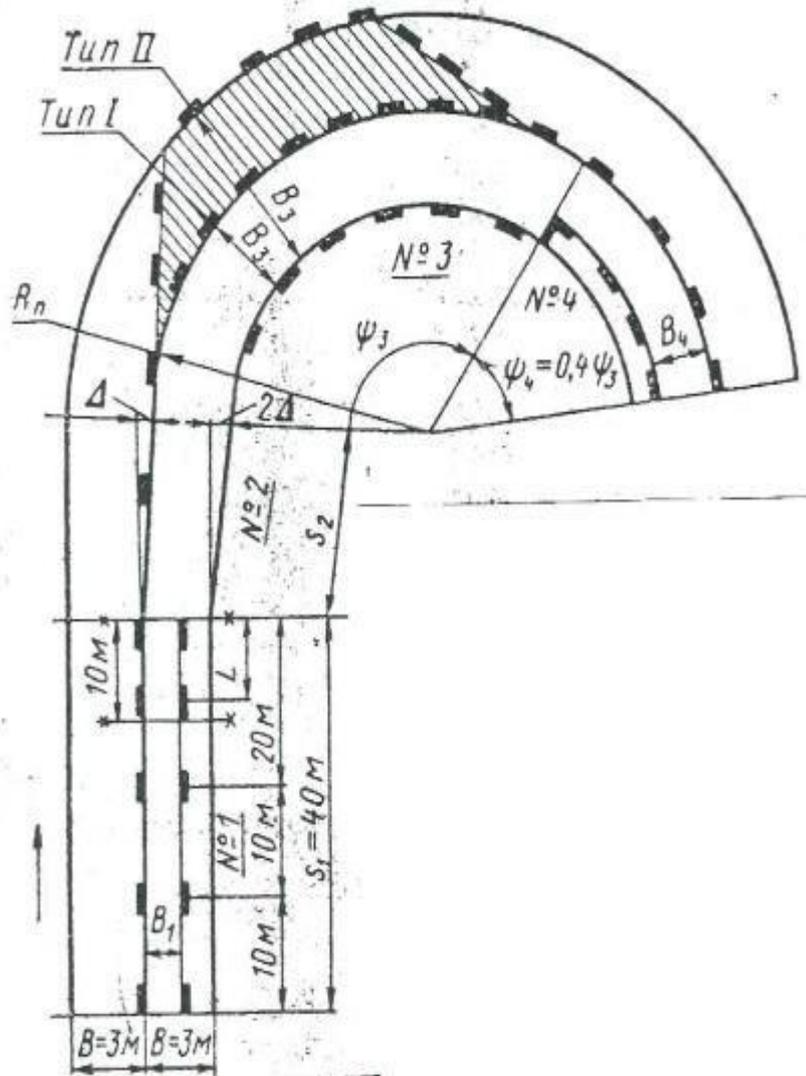


Рис. 4.10. Схема розмітки майданчика для випробування «вхід в поворот»: №1 – ділянка «Вхід»; №2 – ділянка «Початок повороту»; №3 – ділянка «Поворот»; №4 – ділянка «Вихід». При $V_a = 1,46-1,55$ м, $V_1 = 1,90$ м, $V_4 = 2,60$ м, при $V_a = 2,46-2,55$ м, $V_1 = 3$ м, $V_4 = 3,90$ м. Для $R_n = 35$ м, $S_2 = 15$ м; для $R_n = 50$ м, $S_2 = 17,5$ м

кожному з двох зазначених вище радіусах повороту) з поступовим збільшенням швидкості на 1-2 км/год. Знаходять граничну швидкість керуваності на повороті. Після цього проводять п'ять-шість залікових заїздів зграничною швидкістю. Оціночним параметром є середня гранична швидкість у всіх залікових заїздах.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

У кожному заїзді водій і спостерігач, що знаходяться поза автомобілем, фіксують знос, коливання курсового кута, кута крену, вихід автомобіля зі смуги руху, занос, перекидання (по опорі на страхувальне колесо).

1.4.8. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на керованість та маневреність автомобіля.

Основні конструктивні фактори впливу на керованість та маневреність:

- поздовжня база автомобіля (автопоїзда);
- максимальний кут повороту керованих коліс;
- кількість керованих мостів;
- характеристики пружності шин;
- спосіб повороту автомобіля;
- кількість коліс і колісна формула; співвідношення між поздовжньою і поперечною базою та ін.

Найбільший вплив на керованість та маневреність автомобіля мають такі експлуатаційні показники:

- мікро – макропрофіль дороги;
- коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою;
- швидкість руху;
- технічний стан органів рульового керування;
- розподіл навантаження від вантажу між мостами автомобіля;
- технічний стан шин та ін..

Контрольні питання

1. Які існують способи зміни траєкторії руху автомобіля?
2. Яке призначення кермової трапеції та кермового керування?
3. Навіщо зменшують значення колії передніх коліс у формулі, що описує кінематику кермової трапеції?
4. У якому випадку під час повороту колеса на місці не відбувається його обертання відносно вісі цапфи?
5. Перечисліть складові моменту опору повороту колеса на місці.
6. Що таке граничний за зчепленням момент опору повороту шини?
7. Перечисліть чинники, що впливають на величину граничного по зчепленню моменту опору повороту шини.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

8. У якому випадку граничний за зчепленням момент опору повороту шини мінімальний?
9. Дати визначення поперечного, поздовжнього і комбінованого нахилів шворня.
10. Чим викликаний ваговий стабілізуючий момент?
11. Як називається ланка, що з'єднує кероване колесо зі шворнем?
12. Що таке поточний кут розвалу колеса?
13. Як змінюється ваговий стабілізуючий момент від поперечного нахилу шворня залежно від кута повороту колеса?
14. Який існує зв'язок між поперечним, поздовжнім нахилами шворня і кутом повороту колеса?
15. Що визначає знак вагового стабілізуючого моменту?
16. У яких площинах визначаються кути повороту керованого колеса та цапфи?
17. Що спільне між поворотом шини на місці та під час руху?
18. У якому випадку виникає кут закручування шини під час руху?
19. Яким чином впливає швидкість руху на кут закручування тіла шини?
20. Що визначає градієнт закручування шини?
21. Як розміри контактної відбитка шини впливають на кут закручування шини?
22. Перелічіть загальні складові моменту опору колеса на місці та під час руху.
23. Перечисліть додаткові складові моменту опору повороту шини під час руху.
24. Чому зусилля на кермовому колесі при збільшенні швидкості руху автомобіля зменшуються?
25. Чи може зусилля на кермовому колесі під час руху досягти максимального значення, що можливе при повороті керованих коліс на місці?
26. Чому зусилля на кермовому колесі під час руху завжди менше від зусилля при повороті на місці?
27. Перелічіть джерела, що викликають коливання керованих коліс автомобілів.
28. Чим викликаний збурюючий момент?
29. У яких двох рухах одночасно бере участь шина під час коливань керованих коліс автомобіля?
30. Що викликає поворот колеса відносно вісі шворня під час коливань?
31. З яким кутом відведення котиться кероване колесо під час коливань?
32. Чим зумовлена приведена жорсткість керованого колеса?
33. Що таке граничний проти коливань момент тертя у шворневому вузлі автомобіля?