

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 1.6. СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

1.6.1. Визначення та оціночні показники стійкості автомобіля.

1.6.2. Поперечна стійкість автомобіля.

1.6.3. Повздовжня стійкість автомобіля.

1.6.4. Курсова стійкість.

1.6.5. Зміна параметрів руху автомобіля під дією випадкових зовнішніх сил.

1.6.6. Експериментальне визначення показників стійкості автомобіля.

Контрольні питання

1.6.1. Визначення та оціночні показники стійкості автомобіля.

З метою бажаних змін курсового кута руху автомобіля водій, повертаючи, створює керуючі сили, які зветься незбудженими.

Однак, крім цих сил, на автомобіль діють випадкової сили, викликані причинами:

- взаємодією коліс із нерівностями дороги;
- дією аеродинамічних сил;
- ухилами дороги.

Ці сили та їх кінематичні наслідки зветься збудженнями.

Вплив збуджень на характер руху автомобіля залежить як від характеру їх самих, так і від параметрів незбудженого руху і конструктивних особливостей автомобіля.

При одних параметрах не збудженого руху після тимчасового відхилення, викликаного збудженням, параметри повертаються до вихідних – це асимптотично стійкий рух.

При інших параметрах відхилення, викликані збудженням збільшується навіть при припиненні його дії, при цьому параметри руху не повертаються до вихідних – це не стійкий рух.

Під час вивчення властивостей автомобіля розглядають умови стійкості руху:

- по боковому зміщенню;
- по кутовій швидкості;
- по перекиданню в бічному та повздовжньому напрямках;
- по дотриманню заданої траєкторії руху

Параметри незбудженого руху, які визначають межу між стійкістю та нестійкістю, зветься граничними.

Значення критичних параметрів руху або стійкості суттєво залежать від

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

властивостей автомобіля та визначаються його конструкцією.

Стійкість автомобіля – сукупність властивостей, які визначають критичні параметри по стійкості руху і положення автомобіля або його частин.

Оціночними показниками стійкості є критичні параметри руху і положення, тобто :

– критичні швидкості $V_{кр\phi}$ по боковому ковзанню та $V_{крпер}$ по боковому перекиданню;

– критичні кути нахилу опорної поверхні по боковому ковзанню та $\beta_{крпер}$ – по боковому перекиданню;

– коефіцієнт бічної $\eta_{по}$ та поздовжньої сили;

– критична швидкість $V_{кр\omega}$ по круговій стійкості

Швидкості $V_{кр\phi}$ та $V_{крпер}$ відповідають сталому круговому руху по дорозі із заданим радіусом повороту R і кути β поперечного ухилу нахилу площини дороги до горизонту.

Швидкість $V_{кр\phi}$ – відповідає прямолінійному і сталому круговому руху по горизонтальній дорозі.

1.6.2. Поперечна стійкість автомобіля

Поперечна стійкість автомобіля – це його здатність протистояти перекиданню або ковзанню коліс відносно повздовжньої осі автомобіля. Вона може бути порушена внаслідок дії бічних сил відцентрової (при русі по криволінійній траєкторії), поперечної складової сили ваги (під час руху по дорозі із поперечним ухилом), ударів об нерівності дороги, бокового вітру та інше.

Вимірники поперечної стійкості автомобіля:

– $V_{крк}$ – критична швидкість руху автомобіля по колу, яка відповідає початку бічного ковзання коліс;

– $V_{крн}$ – критична швидкість руху автомобіля по колу, яка відповідає спочатку відриву внутрішніх коліс автомобіля від опорної поверхні;

– $\beta_{крк}$ – критичний кут поперечного ухилу дороги, за якого починається бічне ковзання коліс;

– $\beta_{крн}$ – критичний кут поперечного ухилу дороги, за якого починається бічне перекидання автомобіля;

– η_n – коефіцієнти поперечної стійкості автомобіля.

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

Для визначення $V_{крк}$ та $V_{крн}$ розглянемо схему сил, які діють на автомобіль при повороті:

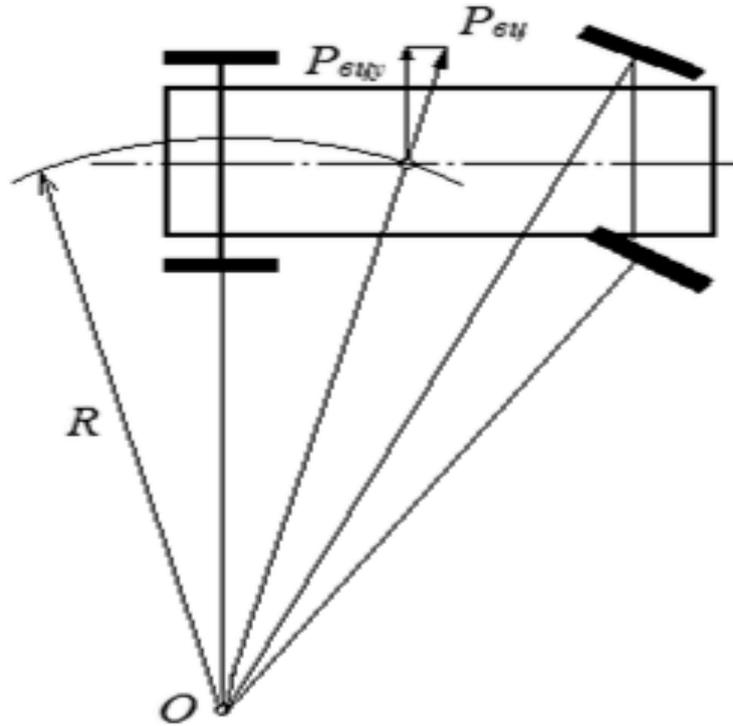


Рис. 6.1. Схема повороту автомобіля з жорсткими колесами.

У випадку рівномірного руху автомобіля по криволінійній траєкторії радіусу R відцентрова сила дорівнює:

$$P_{\text{вц}} = \frac{G_a}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \quad (6.1)$$

При цьому бічне ковзання коліс буде мати місце при:

$$P_{\text{вц}} \geq P_{\text{зч}} = \varphi G_a \quad (6.2)$$

де: $P_{\text{зч}}$ – сумарна сила зчеплення коліс з дорогою;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

З попередніх виразів:

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{V_{\text{крк}}^2}{R} = \varphi G_a \quad (6.3)$$

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

звідки:

$$V_{крк} = \sqrt{\varphi \cdot g \cdot R} \quad (6.4)$$

Визначимо критичну швидкість руху автомобіля по криволінійній траєкторії радіусу R за умов стійкості проти бокового перекидання.

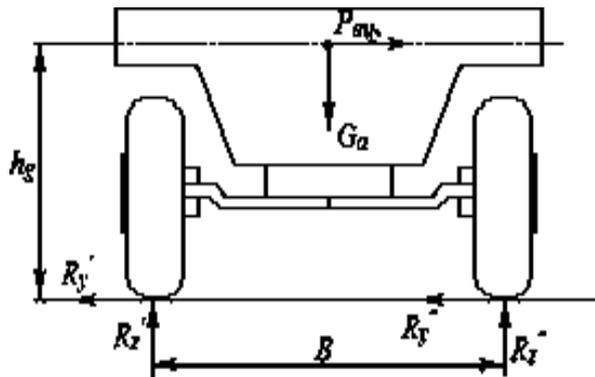


Рис.2. Схема сил, що діють на автомобіль під час руху по круговій траєкторії.

Рівняння моментів сил відносно точки O' (точки контакту лівого колеса з опорною поверхнею):

$$P_{вцy} \cdot h_g + R_z' \cdot B = G_a \cdot \frac{B}{2} \quad (6.5)$$

але за початку перекидання (відрив коліс лівого борту від опорної поверхні):

$$R_z' = 0$$

тобто:

$$P_{вцy} \cdot h_g = G_a \cdot \frac{B}{2} \quad (6.6)$$

Враховуючи рівняння (6.1), маємо:

$$\frac{G_a}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot h_g = G_a \cdot \frac{B}{2} \quad (6.7)$$

звідки:

$$V_{крп} = \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2h_g}} \quad (6.8)$$

У випадку руху автомобіля по дорозі з поперечним ухилом β , збуджуючою силою здатною викликати перекидання автомобіля в бічному напрямі, є бічна складова сили ваги $G_a \cdot \sin\beta$ (рис.6.2).

Складемо рівняння моментів у точки O' :

$$G_a \cdot \sin\beta \cdot h_g + G_a \cdot \cos\beta \cdot \frac{B}{2} + R_z' \cdot B = 0 \quad (6.9)$$

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

але при перекиданні $R'_z = 0$, тобто:

$$G_a \cdot \sin\beta \cdot h_g = G_a \cdot \cos\beta \frac{B}{2} \quad (6.10)$$

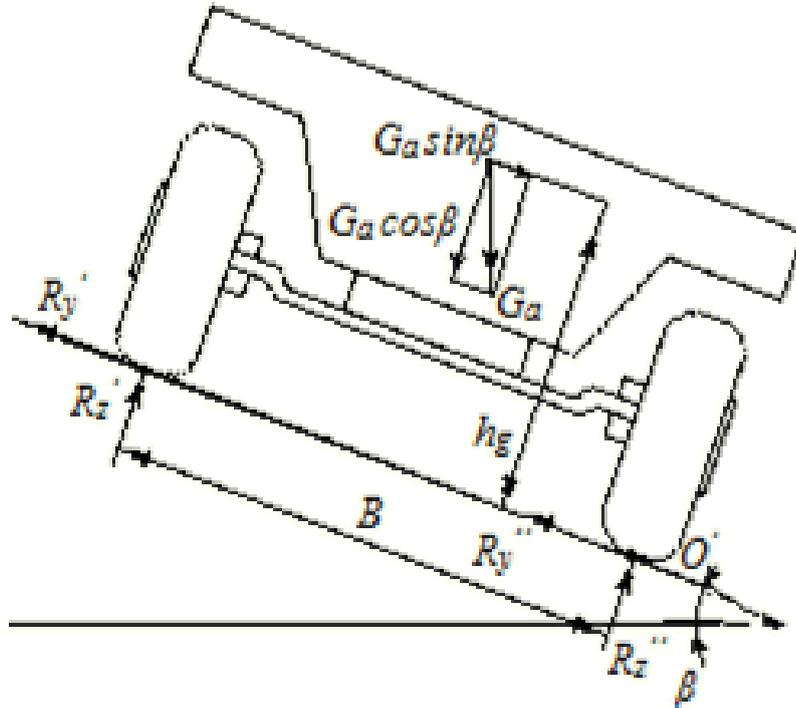


Рис.6.2. Схема сил, що діють на автомобіль під час руху по дорозі із поперечним ухилом.

звідки:

$$h_g \cdot \operatorname{tg}\beta = \frac{B}{2} \quad (6.11)$$

тобто:

$$\beta_{\text{крп}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{B}{2h_g}\right) \quad (6.12)$$

Відношення $\frac{B}{2h_g} = \eta_h$ зветься коефіцієнтом поперечної стійкості.

Бічне ковзання коліс під час руху автомобіля по дорозі з поперечним ухилом β буде мати місце при:

$$G_a \cdot \sin\beta = G_a \varphi \cdot \cos\beta \quad (6.13)$$

тобто за умови:

$$\beta_{\text{крк}} = \operatorname{arctg}\varphi \quad (6.14)$$

Конструкція сучасних автомобілів забезпечує те, що в них раніше починається бічне ковзання, ніж перекидання, тобто, ознакою можливого перекидання при продовженні руху за тих же умов стане початок бічного ковзання:

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

$$\beta_{крк} < \beta_{крп} \quad (6.15)$$

1.6.3. Поздовжня стійкість автомобіля.

Поздовжня стійкість автомобіля – здатність протистояти перекиданню або ковзанню відносно поперечної осі, вимірниками поздовжньої стійкості є:

– $\alpha_{крп}$ – поздовжній критичний кут нахилу дороги, при якому виникає поздовжнє перекидання автомобіля;

– $\alpha_{крк}$ – поздовжній критичний кут нахилу дороги, за умови початку ковзання коліс автомобіля;

– $V_{крw}$ – критична швидкість, за умови аеродинамічної стійкості.

Для визначення показників поздовжньої стійкості розглянемо схему сил, що діють на автомобіль під час його руху на підйом під кутом α при $V_a = const$.

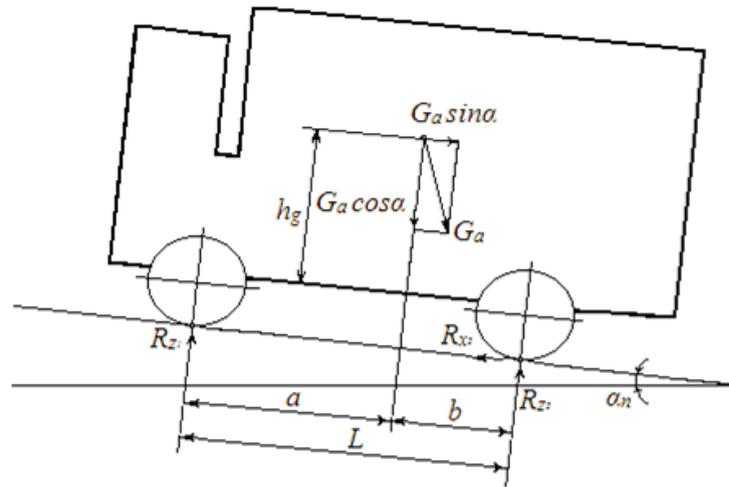


Рис.6.2. Схема сил, що діють на автомобіль під час руху дорогою із поздовжнім ухилом..

Рівняння моментів відносно точки O (точки контакту заднього колеса з опорною поверхнею), навколо якої можливий рух автомобіля при перекиданні:

$$R_{z1} \cdot L + h_g \cdot G_a \cdot \cos\alpha \cdot b \quad (6.16)$$

але при перекиданні $R_{z1} = 0$, тобто маємо:

$$h_g \cdot \sin\alpha_{крп} = b \cdot \cos\alpha_{крп} \quad (6.17)$$

звідки:

$$\alpha_{крп} = \arctg \frac{b}{h_g} \quad (6.18)$$

В той же час рух автомобіля на підйомі (ухилу) кутом α можливий при виконанні:

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

$$R_{x2} \leq \varphi \cdot R_{z2} \quad (6.19)$$

де: $R_{x2} = G_a \cdot \sin \alpha;$

$$R_{z2} = \frac{\alpha}{L} G_a \cos \alpha$$

звідки:

$$\sin \alpha = \frac{\alpha}{L} \cos \alpha \cdot \varphi \quad (6.20)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\alpha}{L} \varphi \quad (6.21)$$

$$\alpha_{\text{кр}n} = \operatorname{arctg} \frac{\varphi}{L} \quad (6.22)$$

Для повнопривідних автомобілів:

$$\alpha_{\text{кр}n} = \operatorname{arctg} \varphi \quad (6.23)$$

Втрата поздовжньої стійкості автомобіля можлива також від дії сили опору повітря. При цьому перекидаючий момент дорівнює:

$$P_w \cdot h_g = KF \cdot V_a^2 \cdot h_g \quad (6.24)$$

а відновлюючий момент:

$$M_{\text{від}} = G_a \cdot b \quad (6.25)$$

В результаті використання виразів 6.24 і 6.25 визначаємо формулу для обчислення критичної швидкості за умови аеродинамічної стійкості автомобіля:

$$V_{\text{кр}w} = \sqrt{\frac{G_a \cdot b}{KF \cdot h_g}} \quad (6.26)$$

1.6.4. Курсова стійкість автомобіля

Однією із задач керування є орієнтування у просторі поздовжньої осі автомобіля тобто забезпечення його курсового положення, яке визначається курсовим кутом γ . В залежності від мети керування водій в результаті керуючої дії намагається або підтримати кут γ постійним, або змінювати його відповідним чином.

Крім керуючих сил на автомобіль діють сторонні збуджуючі сили, які викликають відхилення кута γ від заданого. Для збереження необхідної траєкторії руху водію необхідно вносити корективи поворотом рульового колеса які, як правило, діють з деякими запізненням. На основі цього можна зробити висновок, що автомобіль як механічна система завжди нестійкий.

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

Автомобіль з поганою курсовою стійкістю довільно змінює напрямок руху ("нишпорить" по дорозі), створюючи загрозу іншим транспортним засобам і пішоходам.

Порушення курсової стійкості при прямолінійному русі автомобіля відбувається під дією сил, що обурюють, поперечної складової ваги, бічного вітру, ударів коліс об нерівності дороги, а також різних за величиною поздовжніх сил (тягової, гальмівний), прикладених до коліс правої і лівої сторін автомобіля. При криволінійному русі автомобіля до цих сил додається відцентрова сила. Втрата стійкості автомобілем може бути викликана також неправильними прийомами управління або технічними несправностями. Часто причиною втрати стійкості є швидкість автомобіля, яка не відповідає дорожнім умовам. Якщо автомобіль рухається з надмірно високою швидкістю, то тягова сила P_p наближається за величиною до сили зчеплення P_ϕ ведучих коліс з дорогою, внаслідок чого можливо їх пробуксовування з підвищенням вірогідності заносу.

Швидкість, максимально допустима при прямолінійній русі автомобіля без пробуксовки ведучих коліс зменшується при зменшенні коефіцієнта зчеплення, зростанні опору дороги, а також при збільшенні прискорення. Тому втрата курсової стійкості автомобілем найбільш імовірна на ділянках дороги з слизьким нерівним покриттям (укочений сніг, зледенілий асфальтобетон, кругляк) і підйомами. Часто водії, бачачи попереду підйом і не бажаючи втрачати швидкості, збільшують подачу палива і долають підйом "з ходу". Якщо при цьому на шляху зустрінеться ділянка, вкрита сніговою або крижаною кіркою, то значення сил P_p і P_ϕ можуть стати приблизно однаковими, тоді навіть невелика поперечна сила може викликати бокове ковзання заднього моста.

Курсова стійкість автомобіля залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів: поперечної та поздовжньої бази, пружних характеристик шин, типу підвіски, розподілу навантаження між осями, характеристик опорної поверхні, швидкості руху автомобіля та ін..

При русі автомобіля водій повинен забезпечити його курсове положення, що визначається значенням курсового кута γ . Залежно від потреби він прагне або підтримати кут γ сталим, або змінити його певним чином. З-за похибок водія при керуванні та з-за дії сторонніх збурюючих сил курсовий кут постійно змінюється, оскільки будь-які поперечні сили, що діють на колеса, зумовлюють зміну напрямку їх руху. Причинами зміни напрямку руху коліс є їх кочення з відводен-ням, коли збурюючі сили відносно невеликі, або бокове ковзання коліс

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 дії значних збурень. Збурюючою може бути будь-яка сила, вектор якої не співпадає з поздовжньою віссю автомобіля, наприклад відцентрова сила при криволінійному русі, поперечна складова ваги автомобіля при русі на віражі, поперечна складова аеродинамічної сили, неоднакові гальмівні сили на колесах.

Зміна курсового кута при коченні коліс з відводом залежить від співвідношення кутів відводу мостів, тобто від поворотності автомобіля. В розділі "Керованість автомобіля" розглянено вплив дії поперечної сили на траєкторію руху автомобілів з різними видами поворотності і встановлено, що автомобілі з нейтральною і недостатньою поворотностями певним чином протидіють відхиленню курсового кута, і після припинення дії збурюючої сили рух автомобіля стабілізується з іншим курсовим кутом, якщо не було керуючого втручання водія. Автомобіль з надлишковою поворотністю продовжує змінювати напрям руху навіть після припинення дії збурюючої сили, а при певній швидкості, що називається критичною за умовою відводу, стає практично некерованим.

При дії значних поперечних сил, які перевищують сили зчеплення коліс з дорогою, починається бокове ковзання коліс, що може перерости в занос. Занос автомобіля починається із заносу одного з мостів, тому доцільно розглянути стійкість при заносі окремо взятого кожного моста. При повороті автомобіля бокові реакції дороги пропорційні нормальним навантаженням, що припадають на мости, тому ймовірнішим є занос заднього моста, на який переважно припадає більше навантаження (рис. 6.3).

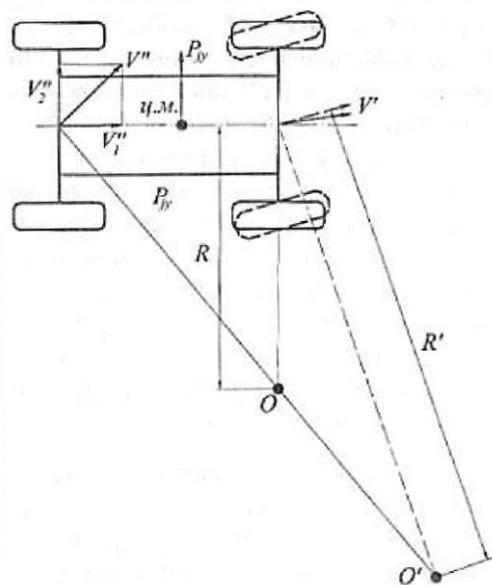


Рис. 6.3. Схема заносу заднього моста

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 прямолінійному русі автомобіля з швидкістю v_x , з цією ж швидкістю переміщуються центри обох мостів. Занос заднього моста зумовлює появу в його центрі поперечної швидкості v_y . Результируюча швидкість заднього моста направлена під кутом до поздовжньої осі автомобіля, тому автомобіль повертається відносно миттєвого центру O . Виникає відцентрова сила P_j , момент якої відносно передньої осі сприяє збільшенню заносу.

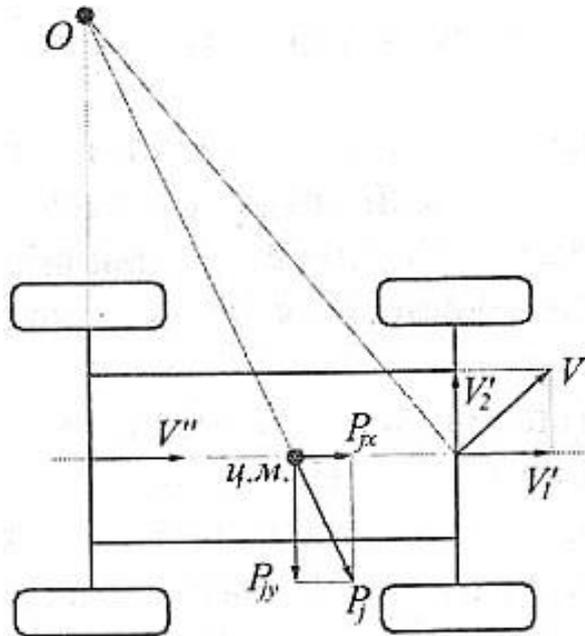


Рис. 6.4. Схема заносу переднього моста

При заносі переднього моста (рис. 6.4) виникаюча відцентрова сила створює момент відносно задніх коліс, який протидіє наростанню заносу переднього моста, тому занос гаситься сам по собі.

Щоб припинити занос задніх коліс потрібно повернути керовані колеса в бік заносу так, щоб центр повороту перемістився на той бік автомобіля, куди почався занос. Виникаюча відцентрова сила направлена так що її момент відносно переднього моста протидіє заносу.

1.6.5. *Зміна параметрів руху автомобіля під дією випадкових зовнішніх сил.*

Зовнішні сили, які діють на автомобіль крім керуючих сил завжди є для водія випадковими та невідомими. Викликані ними відхилення в траєкторії руху курсовому положення можуть бути усунені лише в результаті коригуючих керуючих дій. Необхідне число та величина коригуючих поворотів рульового

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

колеса (підрулювання) залежить від величини і характеру прикладання випадкових сил так і від характеру реакцій автомобіля на збудження який залежить від конструктивних особливостей автомобіля.

Всі зовнішні сили можуть бути зведені до сили, що прикладена до центру мас автомобіля, та моменту.

Під час дій на автомобіль випадкової бокової сили зберегти його прямолінійний рух можна зорієнтувавши його поздовжню вісь під деяким кутом γ до бажаного напрямку та повернувши керовані колеса на визначений кут θ .

Оскільки в реальних умовах експлуатації випадкові збудження виникають постійно, то і водій вимушений для підтримки заданого їм характеру руху постійно змінювати кут повороту рульового колеса.

Зміна параметрів руху автомобіля під дією потоків повітря

При вивченні тягово-швидкісних властивостей розглядалася лише дія сили опору повітря в напрямі поздовжньої осі автомобіля і вважалося, що вектор P_w розташовується в тій же поздовжній площині, що і центр маси автомобіля. В загальному випадку аеродинамічна сила діє в будь-якому напрямі, і майже завжди існує її поперечна складова, що діє в напрямі осі Y . Рівнодійна P_{wy} бокової аеродинамічної сили прикладається в точці C_{wy} , що називається боковим метацентром, який переважно не співпадає з центром маси автомобіля, а розташований від нього на деякій віддалі l (рис.6.4):

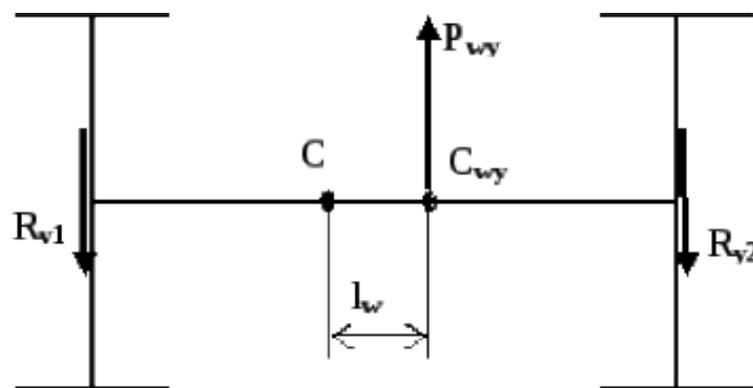


Рис.6.5. Схема дії бокової аеродинамічної сили

Бокова аеродинамічна сила створює поворотний момент відносно осі Z дорівнює:

$$T_{wz} = P_{wy} \cdot l$$

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

Сила P_{wy} зумовлює зміщення центру маси, момент T_{wz} змінює курсовий кут автомобіля. Появляються бокові реакції мостів R_{y1} та R_{y2} , внаслідок чого колеса починають котитися з відводом, що також впливає на зміну курсового кута. Величина реакцій R_{y1} та R_{y2} залежить від розташування точки прикладання бокової аеродинамічної сили, тобто від розташування бокового метацентру. Залежно від співвідношення бокових реакцій можливе різне співвідношення кутів відводу переднього і заднього мостів, отже від дії бокової аеродинамічної сили автомобіль може рухатися з різною поворотністю.

Існує точка, прикладання в якій бокової аеродинамічної сили при нейтральному положенні керованих коліс не спричиняє повороту автомобіля, оскільки виникаючі кути відводу мостів рівні, тобто $\delta_1 = \delta_2$. Ця точка називається точкою нейтральної поворотності. Якщо сила P_{wy} прикладена ззаду точки нейтральної поворотності, реакція заднього моста R_{y2} збільшується, переднього R_{y1} зменшується, тому $\delta_1 < \delta_2$ і автомобіль рухається з надлишковою поворотністю. Якщо ж бокова аеродинамічна сила прикладена попереду точки нейтральної поворотності, $\delta_1 > \delta_2$ і автомобіль рухається з недостатньою поворотністю.

Стійкість руху автопоїзда з умови вихляння причепа

При швидкості 35...40 км/год виникають поперечні коливання причепа в горизонтальній площині – вихляння причепа. В результаті вихляння збільшується ширина смуги руху автопоїзда, виникає небезпека заносу причепа, погіршується керованість, підвищується навантаження на гак і витрата палива.

Вихляння причепа виникає внаслідок його початкового відхилення, причинами якого можуть бути: вихід автопоїзда з повороту, рух причепа з відводом коліс з-за поперечного нахилу дороги, наїзд колеса на перешкоду, боковий вітер тощо. Для прикладу можна розглянути вихляння одновісного причепа. На рис. 6.6 зображена розрахункова схема одновісного причепа при відхиленні його поздовжньої осі на кут α від напрямку прямолінійного руху точки зчепу O .

Рух причепа відбувається завдяки силі P_2 на гаку тягача, яка розкладається на поздовжню і поперечну складові, P_{21} і P_{22} . З боку дороги на причеп діє сила сумарного опору P_ψ та поперечна реакція на колеса R_{yn} .

Середина моста причепа точка Π здійснює водночас два рухи: поступальний – з швидкістю v , яку має точка зчепу O , і відносний – коливання

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

причепи відносно точки O з кутовою швидкістю $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$. Лінійна відносна швидкість точки Π

$$V_{on} = L \omega = L \frac{d\alpha}{dt} \quad (6.27)$$

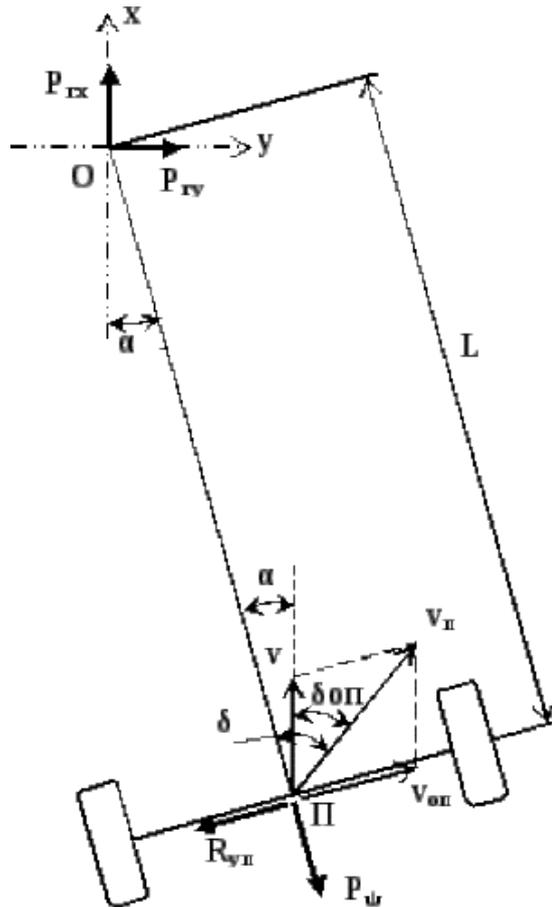


Рис. 6.6. Схема вихляння причепа

Сумарна швидкість точки Π : $V_n = V + V_{on}$ утворює з площиною обертання коліс кут відводу $\delta = \delta_{on} + \alpha$. Оскільки кут δ_{on} невеликий, можна вважати, що

$$\delta_{on} = \frac{V_{оп}}{V}$$

Отже, сумарний кут відведення

$$\delta = \frac{L\omega}{V} + \alpha.$$

Поперечна реакція дороги на колеса причепа

$$R_{yn} = k_B \delta = k_B \frac{L\omega}{V} + k_B \alpha \quad (6.28)$$

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

Оскільки реакція R_{yn} спрямована в бік, протилежний вектору швидкості v_{on} бік, то вона є силою, яка повертає причіп в положення, що відповідає прямолінійному рухові. З формули для визначення поперечної реакції видно, що збільшення бази L_i і коефіцієнта опору відведенню k_e сприяє підвищенню стійкості причепа щодо вихляння; збільшення швидкості v погіршує стійкість.

Стійкість при гальмуванні

Причиною погіршення стійкості при гальмуванні автомобіля може бути нерівномірний розподіл гальмівної сили між колесами. небезпечнішим є нерівномірний розподіл гальмівної сили у передніх коліс.

Якщо в автомобіля ліве переднє колесо загальмоване менше за праве, то воно за певний час зробить більше обертів і пройде більший шлях. Автомобіль прагне відхилитися від прямолінійної траєкторії. Якщо дорога слизька, то задні колеса проковзують по опорній поверхні і автомобіль розвертається. При цьому плече s дії сили інерції P_j зростає, що сприяє дальшому відхиленню автомобіля від початкової траєкторії. Так само, до речі, поводить ся і автомобіль, в якого недогальмовані колеса одного борту.

Якщо ж в автомобіля менш загальмоване заднє колесо, то в цьому випадку при відхиленні руху від прямолінійного плече s зменшується, тому зменшується і поворотний момент, створений силою інерції, інтенсивність розвороту спадає.

Іншою причиною зменшення стійкості при гальмуванні є неодноразове доведення до блокування коліс переднього і заднього мостів. У заблокованого колеса погіршується зчеплення з дорогою, зникає здатність сприймати бічні сили, і тому навіть незначна поперечна сила, спричинена вітром, нерівністю дороги чи рухом криволінійною траєкторією, може зумовити бокове ковзання. З погляду стійкості небезпечним є випереджуюче блокування задніх коліс, детальніше цей випадок розглядався при вивченні керованості автомобіля при розгляді питань руху на повороті автомобіля із передніми або задніми ведучими колесами.

1.6.6. Експериментальне визначення показників стійкості

Критична швидкість автопоїзда по вилянню причепа визначається при заїздах автопоїзда по прямолінійній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям з послідовним збільшенням швидкості руху і записам траєкторії руху руху причепа. Швидкість руху при досягненні коливань причепа з амплітудою 6% його ширини, вважається критичною.

Показники критичної швидкості (коефіцієнти поперечної стійкості, кут статичної стійкості проти перекидання та кут крену) визначають при

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

випробуваннях на спеціальному стенді, який має рухому (в кутовому визначенні) стенді.

Спочатку випробовують автомобіль на поперечну (статичну) стійкість на стенді з платформою, що нахилиється. Автомобіль установлюється на платформі і закріплюється пристосуваннями для страхування (рис.6.7). Далі платформа поступово нахилиється з інтервалами кута нахилу $\leq 5^\circ$, аж до початку відриву від опорної поверхні коліс однієї сторони автомобіля. У процесі випробувань при кожному положенні платформи вимірюють кути нахилу платформи і кути нахилу автомобіля у двох (передньому і задньому) перетинах.

а.



б.



Рис.6.7. Визначення критичного кута поперечної стійкості автобуса АЕС Regent bus (а) і вантажного автомобіля (б) на стендах.

У заключному положенні платформи, що відповідає куту перекидання автомобіля, додатково вимірюють бічні деформації шин коліс, що навантажуються. За отриманими даними обчислюють кути крену підресореної маси і кут крену в центрі мас. Оцінювання статичної стійкості автомобіля проти перекидання здійснюється шляхом порівняння отриманих величин показників стійкості з нормативними значеннями, неоднаковими для різних категорій АТЗ.

Показники стійкості проти перекидання ($V_{клер}$) і ковзання ($V_{кковз}$) визначають під час руху автомобіля круговими траєкторіями з радіусом 35 і 50 м. Залежно від категорії АТЗ і типу дороги швидкість може змінюватися від 30 до 45 км/год на радіусі 35 м і від 35 до 55 км/год на радіусі 50 м. Умовами випробувань передбачено, що автомобіль рухається траєкторією на сталій швидкості при незмінній подачі палива в циліндри двигуна. При кожному заїзді реєструється швидкість автомобіля, кути повороту рульового колеса, бічне прискорення

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

автомобіля в момент відриву колеса від дороги, кут крену. Відрив колеса, виходи автомобіля за межі коридору відзначаються спостерігачем, що знаходиться на ділянці випробувань поза автомобілем. Наступним етапом є визначення граничної швидкості V_k , за якої виникає поперечне ковзання і курсові коливання автомобіля. При цьому автомобіль виконує спеціальний заданий розміткою маневр. В момент перетинання передніми колесами автомобіля межі між ділянками, водій звільняє педаль керування подачею палива і починає повертати рульове колесо для виконання маневру. Перед заліковими заїздами виконують попередні заїзди для визначення швидкості, при якій починається ковзання, і водій змушений його коригувати, а також курсові коливання автомобіля. Початкову швидкість залікових заїздів приймають на 5 км/год меншою від кінцевої швидкості попередніх заїздів. У наступних заїздах швидкість збільшують з інтервалом 1-3 км/год. У процесі випробувань вимірюють і реєструють швидкість автомобіля на початковій ділянці, кут повороту рульового колеса; момент перетинання передніми колесами автомобіля межі між ділянками. Результатом випробувань є значення максимальної (критичної) швидкості V_k , що відповідає початку поперечного ковзання.

Контрольні питання

1. Що є причиною виникнення випадкових сил, що діють на автомобіль під час його руху?
2. Як звуться наслідки дії випадкових сил?
3. Дайте визначення асимптотично стійкого і нестійкого руху автомобіля.
4. Перелічіть умови стійкості руху автомобіля.
5. Дайте визначення стійкості руху як експлуатаційної властивості автомобіля.
6. Дайте визначення терміну «поперечна стійкість автомобіля» та наведіть критерії для її оцінювання.
7. Опишіть методику визначення показників поперечної стійкості автомобіля, що рухається за криволінійною траєкторією.
8. Опишіть методику визначення показників поперечної стійкості автомобіля, що рухається по дорозі із поперечним ухилом.
9. Від яких конструкційних і експлуатаційних факторів автомобіля залежить його стійкість проти бічного ковзання під час руху на косогорі?
10. Від яких конструкційних і експлуатаційних факторів автомобіля залежить