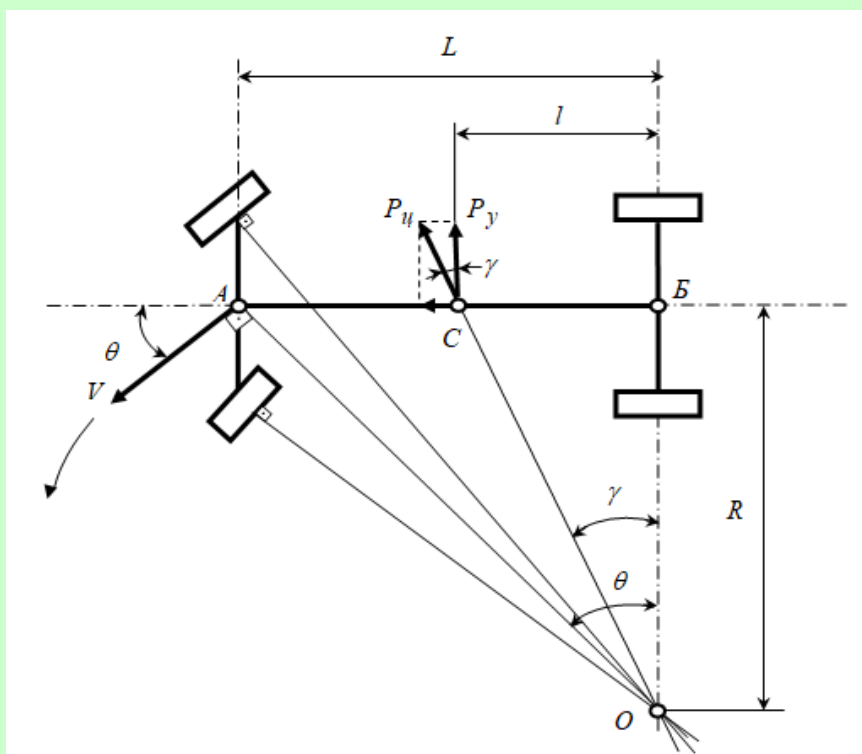


ТЕОРІЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ



Чернігів – 2024

Рецензенти:

***Титова Н.М.** – д.пед.н., професор, завідувач кафедри теорії та методики професійної підготовки інженерно-педагогічного факультету Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*

***Гетта В.Г.** – к.пед.н., професор, професор кафедри технологічної освіти та інформатики Національного університету «Ченігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка*

Т Теорія руху автомобіля. Методичні рекомендації до вивчення дисципліни. Для студентів навчально наукового інституту професійної освіти та технологій спеціальності 015.38 Професійна освіта. (Транспорт) / Укл. Коляда А.М. – Чернівці: НУЧК, 2024. – 100 с.

УДК

Рекомендовано до друку Вченою радою навчально наукового інституту професійної освіти та технологій Національного університету «Ченігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка (протокол № 5 від 18 листопада 2024 року)

© Коляда А.М., 2024

© НУЧК, 2024



ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ І. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2.....	14
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.....	19
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4.....	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5.....	31
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6.....	44
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7.....	53
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8.....	59
РОЗДІЛ ІІ. ТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИРІШЕННЯ	65
1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ КОЛІСНОГО РУШІЯ І ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ АВТОМОБІЛЯ.....	65
2. ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ	66
3. ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ	68
4. ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ З ГІДРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ	71
5. ГАЛЬМОВІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ	75
6. КРИВОЛІНІЙНИЙ РУХ, КЕРОВАНІСТЬ І МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ.....	77
7. СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛЯ	79
8. ПЛАВНІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ	80
9. ПРОХОДНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ.....	83
10. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ	85
ЦІКАВІ ЗАДАЧІ З ТЕОРІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЯ	88
ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ	90
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	97

ВСТУП

Теорія руху автомобіля – наука, що вивчає фізичні явища, які відбуваються при взаємодії автомобіля з опорною поверхнею дорожнього полотна та навколишнім середовищем. Дисципліна дає знання про закономірності руху автомобіля, що визначають показники його експлуатаційних властивостей.

Знання, отримані при вивченні дисципліни, є теоретичною основою проектування, конструювання, розрахунку та випробувань автомобіля в цілому, а також його агрегатів, вузлів та систем, що є предметом вивчення циклу фахових дисциплін, що формують знання та вміння сучасного випускника ЗВО у галузі автотранспорту.

Експлуатаційні властивості, що вивчаються в теорії руху автомобіля, характеризують можливість його ефективного використання в певних умовах і дозволяють оцінити, якою мірою його конструкція відповідає цим умовам. Реалізація досягнень теорії практично дає можливість підвищити продуктивність використання автомобіля та знизити собівартість перевезень.

Завданням даних методичних рекомендацій є розгляд методик проведення розрахунків, що стосуються теорії руху транспортних засобів. У зв'язку з цим пропонувані методичні рекомендації містять необхідну інформацію не тільки для підготовки студента до виконання лабораторного практикуму і самостійних робіт з дисципліни, але і для розрахунків при виконанні кваліфікаційних дипломних проектів.

Методика викладу матеріалу окремих розділів максимально адаптована до сучасних методів аналізу працездатності, а також динамічної навантаженості механізмів транспортних засобів. У навчальний матеріал включені особисті напрацювання автора, а також новітні досягнення в автомобілебудуванні.

Дані методичні рекомендації призначені для використання студентами закладів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 015.38 «Професійна освіта» (Транспорт).

РОЗДІЛ І. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.

СИЛИ, ЩО ДІЮТЬ НА АВТОМОБІЛЬ. ТЯГОВА ДИНАМІКА АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати силу тяги на ведучих колесах автомобіля, к.к.д. трансмісії, опір руху дороги, опір повітря, нормальні реакції дороги, складати рівняння руху автомобіля, розраховувати силу тяги по умовах зчеплення шин з дорогою.

Теоретичний блок

Сила ваги автомобіля умовно прикладається в центрі маси, розташованому на відстані a від передньої осі, b - від задньої і L - від площини дороги:

- для задніх коліс

$$R_{z2} = G_a \cdot \cos \alpha \cdot \frac{a}{L - \varphi \cdot h_0}$$

$$R_{x2} = \frac{M_K}{r_K} - f \cdot R_{z2} = \frac{M_K}{r_K} - f \cdot G_a \cdot \cos \alpha \cdot \frac{a}{L - \varphi \cdot h_0}$$

Основною рушійною силою, що діє на автомобіль, являється сила тяги, прикладена до ведучих коліс. Сила тяги виникає в результаті взаємодії ведучих коліс з дорогою.

При нерівномірному прямолінійному русі діють сили опору руху.

Сила тяги при рівномірному русі, Н

$$P_K = \frac{M_K}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_K \cdot i_{\text{АЕ}} \cdot i_0 \cdot \eta_{\text{ОД}}}{r_K}$$

$$P_K = \frac{M_K}{r_K} + \frac{M_j}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_K \cdot i_{\text{АЕ}} \cdot i_0 \cdot \eta_{\text{ОД}}}{r_K} + \delta_{\text{BP}} \cdot P_j$$

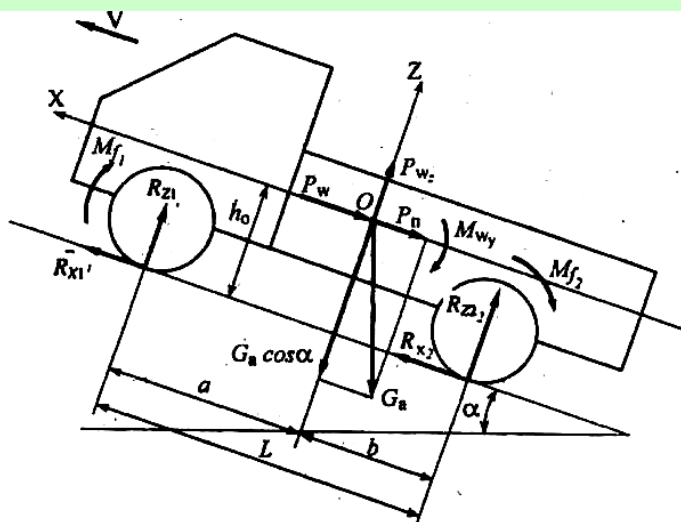


Рис. 1.1. Сили, що діють на автомобіль

У статичному положенні автомобіля нормальні реакції на передні і задні колеса, Н

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{b}{L}, \quad R_{z2} = G_a \cdot \frac{a}{L}$$

При рівномірному руху автомобіля відбувається зміна нормальних реакцій, і виникають дотичні реакції, Н, дороги: - для передніх коліс

$$R_{z1} = G_a \cdot \cos \alpha \cdot \frac{b - \varphi \cdot h_0}{L - \varphi \cdot h_0},$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \cdot 10^3$$

Механічний ККД трансмісії для вантажних автомобілів знаходиться в межах: 0,85-0,88, для легкових - 0,90-0,98, для повноприводних - 0,80-0,85.

Коефіцієнт врахування обертових мас

$$\delta_{BP} = 1 + \frac{J_{ДВ} \cdot i_{TP}^2 \cdot \eta_{TP} + \sum J_K}{m_a \cdot r_K^2}$$

Приблизно коефіцієнт врахування обертових мас дорівнює:

$$\delta_{BP} = 1,05 + 0,07 \cdot i_K^2$$

Радіус кочення колеса, м

$$r_K = 0,0254 \cdot (0,5 \cdot d + \lambda_{\emptyset} \cdot b_{\emptyset})$$

або

$$r_K = (0,5 \cdot d + \lambda_{\emptyset} \cdot b_{\emptyset}) \cdot 10^{-3}$$

Сила опору коченню, Н

$$P_f = f \cdot G_a \cdot \cos \alpha$$

При русі із швидкістю більше 14 м/с

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{v_a^2}{1500} \right)$$

Повна вага автомобіля

$$G_a = G_0 + G_H + 750 \cdot n_{\pm}$$

Сила опору повітря, Н

$$P_w = k_w \cdot F_w \cdot v_a^2 = W_a \cdot v_a^2$$

Площа лобового опору, м²:

- для легкових автомобілів

$$F_w = 0,78 \cdot B \cdot H$$

- для вантажних автомобілів

$$F_w = B_a \cdot H$$

Швидкість руху автомобіля, км/год

$$v_a = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{i_{TP}}$$

Передаточне число трансмісії

$$i_{TP} = i_K \cdot i_{DK} \cdot i_0$$

Сила опору при русі автомобіля на підйом або під уклон - Н

$$P_i = G_a \cdot \sin \alpha$$

$$P_j = \delta_{BP} \cdot m_a \cdot j = \delta_{BP} \cdot \frac{G_a}{g} \cdot j$$

При русі автомобіля на підйомі під час його розгону приведена сила інерції, Н

$$P_j = \left(1 + \frac{J_{ДВ} \cdot i_{TP}^2 \cdot \eta_{TP}^2 + \sum J_K}{m_a \cdot r_K^2} \right) \cdot m_a \cdot j$$

Величина сумарного дорожнього опору, Н

$$P_{\psi} = P_f + P_i = f \cdot G_a \cdot \cos \alpha + G_a \cdot \sin \alpha = G_a \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = G_a \cdot \psi$$

Рівняння потужнісного балансу, кВт:

- у загальному випадку

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_w \pm N_i \pm N_j$$

- у розгорненому вигляді

$$N_K = \frac{P_K \cdot v_a}{1000} = \frac{f \cdot G_a \cdot v_a \cdot \cos \alpha}{1000} + \frac{k_w \cdot F_w \cdot v_a^3}{1000} \pm \frac{G_a \cdot \sin \alpha \cdot v_a}{1000} \pm \frac{G_a \cdot j \cdot \delta_{BP} \cdot v_a}{g \cdot 1000}$$

При рівномірному русі автомобіля по рівній горизонтальній дорозі

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_{\psi} + N_w = \frac{\psi \cdot G_a \cdot v_a + k_w \cdot F_w \cdot v_a^3}{1000}$$

Величина динамічного фактора

$$D = \frac{P_K - P_w}{G_a} = \psi + \frac{\delta_{BP}}{g} \cdot j = (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + \frac{\delta_{BP}}{g} \cdot j$$

Із зміною ваги автомобіля величина динамічного фактора змінюється:

$$D_x = D \cdot \frac{G_a}{G_x}$$

Для тривалого безупинного руху автомобіля необхідно дотримувати умови. Граничне значення сили тяги за умовами зчеплення ведучих коліс з дорогою

$$D_{\tilde{\sigma}} = \varphi \cdot \frac{G_x}{G_a}$$

Рух автомобіля без буксування ведучих коліс можливо при умові.

Максимальне значення динамічного фактора:

- для легкових автомобілів

$$D_{\max} = 0,3 \dots 0,4$$

- для вантажних автомобілів дорожньої прохідності

$$D_{\max} = 0,26 \dots 0,36$$

- для вантажних підвищених прохідності

$$D_{\max} = 0,57 \dots 0,8$$

Прискорення автомобіля, м/с^2 .

$$j = \frac{v_H - v_K}{3,6 \cdot t_p}$$

Максимальний кут підйому, який може подолати автомобіль, який рухається рівномірно, (за динамічною характеристикою)

$$\alpha = \arcsin(D - f)$$

$$\sin \alpha = D - f$$

Максимальний кут підйому збільшується, якщо автомобіль має додаткове прискорення:

$$\sin \alpha = D - f + \frac{\delta_{BP}}{g} \cdot j \quad \alpha = \arcsin \left(D - f + \frac{\delta_{BP}}{g} \cdot j \right)$$

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{BP}} \cdot g$$

Практичний блок

Завдання 1.1. Визначити величини радіальних реакцій між колесами автомобіля і дорогою в статичному стані і при його русі, а також коефіцієнти зміни реакцій. Вага автомобіля 50 кН, відстань від центру мас до осі передніх коліс автомобіля 2,4 метра до осі задніх коліс 1,6 метра. Висота центру тяжіння 0,8 м. Дорога горизонтальна з коефіцієнтом зчеплення 0,7.

Рішення задачі. База автомобіля

$$L = a + b = 2,4 + 1,6 = 4,0 \text{ м}$$

Радіальні реакції (вага) доводяться на передню і задню осі в статичному стані;

$$R_{z1} = G_1 = \frac{G_a b}{L} = \frac{50000 \cdot 1,6}{4} = 20000 \text{ Н}$$

$$R_{z2} = G_2 = \frac{G_a a}{L} = \frac{50000 \cdot 2,4}{4} = 30000 \text{ Н}$$

Радіальні реакції, що доводяться на передню і задню осі автомобіля при його русі:

$$R_{z1} = G_a \cdot \cos \alpha \cdot \frac{b - \varphi \cdot h_0}{L - \varphi \cdot h_0} = 50000 \cdot 1 \cdot \frac{1,6 - 0,7 \cdot 0,8}{4 - 0,7 \cdot 0,8} = 15116H$$

або

$$R_{z2} = G_a \cdot \cos \alpha \cdot \frac{a}{L - \varphi \cdot h_0} = 50000 \cdot 1 \cdot \frac{2,4}{4 - 0,7 \cdot 0,8} = 34884H$$

Коефіцієнт зміни реакцій

$$m_1 = \frac{R_{z1}}{G_1} = \frac{15116}{20000} = 0,776$$

$$m_2 = \frac{R_{z2}}{G_2} = \frac{34884}{30000} = 1,163$$

Завдання 1.2. Розрахувати повну вагу вантажного автомобіля вантажопідйомністю 80 кН, що має тримісну кабіну. Коефіцієнт спорядженої маси 0,75 ; вага людини 750 Н; вага багажу на одну людину 50 Н.

Рішення задачі. Споряджена вага автомобіля

$$G_0 = G_H \cdot K_r = 80000 \cdot 0,75 = 60000 H$$

Повна вага автомобіля

$$\begin{aligned} G_a &= G_0 + G_H + (G_y + G_d) \cdot n_{\pm} = \\ &= 60000 + 80000 + (750 + 50) \cdot 3 = 142400 H \end{aligned}$$

Завдання 1.3. Розрахувати швидкість руху автомобіля при частоті обертання колінчастого валу 2000 об/хв, якщо передаточні числа коробки передач рівні: 6,4; 3,09; 1,69; 1,0; головної передачі 6,67; радіус колеса 0,44 м.

Рішення задачі. Передаточне число трансмісії

$$i_{TP} = i_K \cdot i_0$$

першої передачі

$$i_{TP1} = 6,04 \cdot 6,67 = 40,29$$

другої передачі

$$i_{TP2} = 3,09 \cdot 6,67 = 20,61$$

третьої передачі

$$i_{TP3} = 1,69 \cdot 6,67 = 11,27$$

четвертої передачі

$$i_{TP4} = 1 \cdot 6,67 = 6,67$$

Частота обертання коліс:

$$n_K = \frac{n_e}{i_{TP}} \hat{a} / \tilde{a}$$

першої передачі

$$n_{e1} = \frac{2000}{40,29} = 49,24 \hat{a} / \tilde{a}$$

другої передачі

$$n_{e2} = \frac{2000}{20,61} = 97,04 \hat{a} / \tilde{a}$$

третьої передачі

$$n_{e3} = \frac{2000}{11,27} = 177,46 \hat{a} / \tilde{a}$$

четвертій передачі

$$n_{e4} = \frac{2000}{6,67} = 299,85 \hat{a} / \tilde{a}$$

Довжина кола колеса

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r_K = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,44 = 2,76 \hat{a}$$

Швидкість руху автомобіля:

$$v_a = \frac{S \cdot n_K}{60} \hat{a} / \tilde{a}$$

на першій передачі

$$v_{a1} = \frac{2,76 \cdot 49,64}{60} = 2,28 \hat{a} / \tilde{a}$$

на другій передачі

$$v_{a2} = \frac{2,76 \cdot 97,04}{60} = 4,46 \hat{a} / \tilde{a}$$

на третій передачі

$$v_{a3} = \frac{2,76 \cdot 177,46}{60} = 8,16 \text{ м/с}$$

Завдання 1.4. Визначити дотичну силу тяги і потужність, яка підводиться до ведучих коліс автомобіля, що рухається по горизонтальній дорозі на прямій передачі. Максимальний крутний момент на колінчастому валу двигуна 450 Н·м при частоті обертання 1400 об/хв. Передаточне число головної передачі 6,45; ККД трансмісії 0,85; Діаметр обода колеса 0,508м; ширина профілю колеса 0,26 м.

$$M_K = M_e \cdot i_K \cdot i_0 \cdot \eta_{TP} = 450 \cdot 1 \cdot 6,45 \cdot 0,85 = 2467 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Радіус кочення колеса

$$r_e = 0,5 \cdot d + b = 0,5 \cdot 0,508 + 0,260 = 0,514 \text{ м}$$

Дотична сила тяги, що розвивається на ведучих колесах

$$P_K = \frac{M_K}{r_K} = \frac{2467}{0,514} = 4800 \text{ Н}$$

Рішення задачі. Максимальний крутний момент підведений до ведучих коліс автомобіля

Частота обертання коліс при максимальному крутному моменті

$$n_K = \frac{n_e}{i_K \cdot i_0} = \frac{1400}{1 \cdot 6,45} = 217,1 \text{ об/хв}$$

Довжина кола колеса

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r_K = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,514 = 3,23 \text{ м}$$

Швидкість руху автомобіля

$$v_a = \frac{n_K \cdot S}{60} = \frac{217,1 \cdot 3,23}{60} = 11,7 \text{ м/с}$$

Потужність, що підводиться до провідних коліс

$$N_K = \frac{P_K \cdot v_a}{1000} = \frac{4800 \cdot 11,7}{1000} = 56,2 \text{ кВт}$$

Завдання 1.5. Визначити силу і потужність опору коченню легкового автомобіля вагою 17,9 кН при його русі з швидкостями 10 м/с і 20 м/с, якщо коефіцієнт опору коченню при русі з малою швидкістю дорівнює 0,014.

Рішення задачі. Сила опору коченню:

при швидкості 10 м/с

$$P_K = f_0 \cdot G_a = 0,014 \cdot 17900 = 250,6 \text{ Ї}$$

при швидкості 20 м/с

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{v_a^2}{1500}\right) = 0,014 \cdot \left(1 + \frac{400}{1500}\right) = 0,018,$$

$$P_K = f \cdot G_a = 0,018 \cdot 17900 = 322,2$$

Потужність опору коченню: при швидкості 10 м/с

$$N_K = \frac{P_K \cdot v_a}{1000} = \frac{250,6 \cdot 10}{1000} = 2,51 \text{ кВт}$$

при швидкості 20 м/с

$$N_K = \frac{322,2 \cdot 20}{1000} = 6,44 \text{ кВт}$$

Контрольні питання

1. Перерахуйте всі радіуси колеса.
2. Що розуміється під кінематичним радіусом колеса?
3. Що розуміється під моментом опору коченню?
4. Що розуміється під силою опору коченню?
5. Перерахуйте чинники, що впливають на коефіцієнт зчеплення шини з дорогою.
6. На що витрачається потужність, що підводиться до колеса?
7. Чи впливає нахил дороги на опір коченню?
8. Що спільного між силами опору коченню і підйому?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати питому ефективну витрату палива; годинну витрату палива; витрату палива на 100 км. шляху; витрату палива на одиницю виконаної роботи.

Теоретичний блок

Паливна економічність автомобіля розглядається в залежності від ступеня використання потужності двигуна, швидкості руху, ступеня використання вантажопідйомності, від дорожніх умов.

У завданнях по паливній економічності враховані експериментальні дані випробувань автомобілів. Питома ефективна витрата палива, г/кВт·год, пов'язанна з годинною і має мінімальне значення при використанні потужності, близької до 100%:

$$g = \frac{1000 \cdot G_T}{N_e}$$

g_e - годинна витрата палива двигуном, кг/год;

N_e - ефективна потужність двигуна, кВт.

Питома витрата палива, g_e^i , залежно від швидкісного і навантажувального режимів роботи двигуна

$$g_e^i = k_n \cdot k_N \cdot g_{e(N_{e\max})}$$

Годинна витрата палива, кг/год, з наведеної вище формули

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}$$

Годинна витрата палива, кг/год, залежно від потужності, підведеної до ведучих коліс автомобіля:

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_K}{1000 \cdot \eta_{TP}} = \frac{g_e \cdot (N_\psi + N_w + N_j)}{1000 \cdot \eta_{TP}} = \frac{g_e \cdot v_a \cdot (P_\psi + P_w + P_j)}{\eta_{TP}}$$

Між шляховою і годинною витратами палива, л/100 км., існує залежність

$$G_S = 1000 \cdot \frac{G_T}{36 \cdot v_a \cdot \rho_T} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot v_a \cdot \rho_T} =$$

$$= \frac{g_e \cdot (N_\psi + N_w + N_j)}{36 \cdot v_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} = \frac{g_e \cdot (P_\psi + P_w + P_j)}{3,6 \cdot 10^4 \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}$$

Витрата палива на 100 км. шляху;

- у кілограмах, кг/100 км.

$$G_S = 100 \cdot \frac{G_T}{v_a}$$

- у літрах, л/100 км.

$$G_S = 100 \cdot \frac{G_T}{v_a \cdot \rho_T}$$

Витрата палива на одиницю транспортної роботи:

- для вантажного автомобіля, л/100 т·км.

$$G_{TP} = 100 \cdot \frac{G_T}{36 \cdot v_a \cdot G_i \cdot K_i \cdot \rho_{\dot{O}}} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot v_a \cdot G_i \cdot K_i \cdot \rho_{\dot{O}}} =$$

$$= \frac{g_e \cdot (N_\psi + N_w + N_j)}{36 \cdot v_a \cdot G_i \cdot K_i \cdot \rho_{\dot{O}}} = \frac{g_e \cdot (P_\psi + P_w + P_j)}{36 \cdot v_a \cdot G_i \cdot K_i \cdot \eta_{\dot{O}P}}$$

-для пасажирського автомобіля, л/100 пас·км

$$G_{TP} = 100 \cdot \frac{G_T}{36 \cdot v_a \cdot G_H \cdot K_r \cdot \rho_{\dot{O}}} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot v_a \cdot G_H \cdot K_r \cdot \rho_{\dot{O}}} =$$

$$= \frac{g_e \cdot (N_\psi + N_w + N_j)}{36 \cdot v_a \cdot G_H \cdot K_r \cdot \rho_{\dot{O}}} = \frac{g_e \cdot (P_\psi + P_w + P_j)}{36 \cdot v_a \cdot G_H \cdot K_r \cdot \eta_{\dot{O}P}}$$

Практичний блок

Завдання 1. Визначити шляхову витрату палива легкового автомобіля вагою 17,9 кН, з коефіцієнтом обтічності 0,6 Нс²/м², що рухається із швидкістю 10 м/с по дорозі з асфальтованим покриттям, що характеризується коефіцієнтом дорожнього опору 0,081. Величина питомої ефективної витрати палива 350 г/кВт·год, а його густина 0,78 кг/л. Величина ККД трансмісії 0,9.

Рішення задачі. Шляхова витрата палива, л/100 км
Потужність, яка підводиться до ведучих коліс, кВт:

$$N_K = N_\psi + N_w = v_a \cdot (P_\psi + P_w) = v_a \cdot (G_a \cdot \psi + W \cdot v_a^2)$$

$$N_K = v_a \cdot (17900 \cdot 0,081 + 0,6 \cdot 100) = 1510 \cdot v_a \text{ Вт}$$

Отже

$$G_s = \frac{350 \cdot 1510}{3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,78 \cdot 0,9} = 20,9 \text{ л/100 км}$$

Завдання 2. Автомобіль, рухаючись із швидкістю 54 км/год витрачає за годину 18 кг палива. Підрахувати, скільки він витратить палива на шляху 80 км.

Завдання 3. По графіку питомої витрати палива двигуном (рис. 2.1) знайти, скільки літрів палива витратить автомобіль на ділянці в 24 км. при русі на прямій передачі із швидкістю 55 км/год. Прийняти питому вагу бензину 0,75 г/см³. Технічні дані автомобіля: передаточне число головної передачі - 6,67; радіус колеса - 0,44 м, потужність двигуна при заданій швидкості 51,5 кВт.

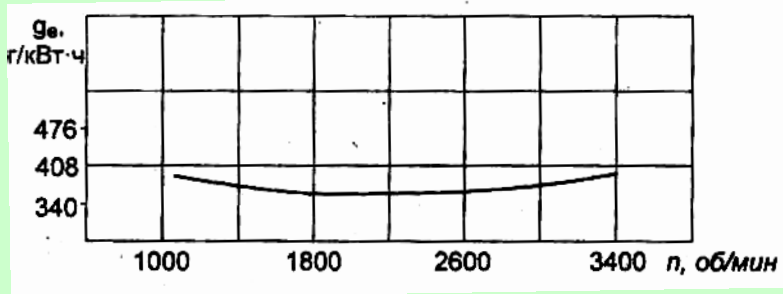


Рис. 2.1. Графік питомої витрати палива двигуном

Завдання 4. Використовуючи умову завдання 3, визначити зміну витрати палива при русі автомобіля із швидкістю 36 км/год. Потужність двигуна при цьому 36,8 кВт.

Завдання 5. Економічна характеристика автомобіля при русі з вантажем і без вантажу приведена на рис. 2.2. Автомобіль проїхав з вантажем і без вантажу по 60 км. з середньою швидкістю руху з вантажем 40 км/год, без вантажу 50 км/год. Знайти витрату палива на пробіг автомобіля з вантажем і без вантажу.

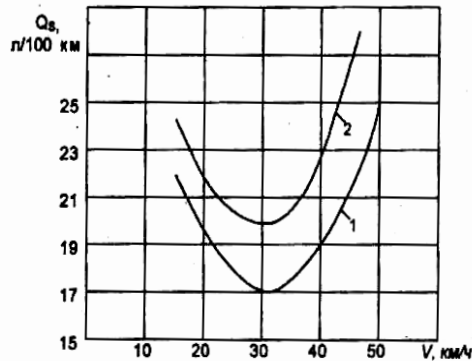
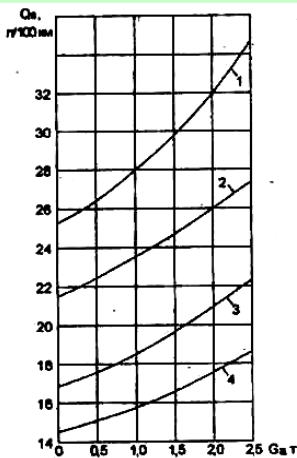


Рис.2.2. Економічна характеристика вантажного автомобіля:
1 - при русі без вантажу; 2 - при русі з вантажем

Завдання 6. Характеристика середньої витрати палива вантажним автомобілем на різних дорогах і при різному корисному навантаженні виражена графіком на рис. 2.3. Знайти середню витрату палива в л/100 км., якщо автомобіль 50% шляхів пропуск



по дорозі 1 з вантажем 1,5 т; 20% шляхів - по дорозі 2 з вантажем 2,5 т; 10% шляхів - по дорозі 3 без вантажу; 20% шляхів - по дорозі 4 з вантажем 2,5 т.

Завдання 7. Використовуючи умови завдання 6, визначити середню витрату палива в л/100 км., якщо весь пробіг автомобіль зробить в першому випадку без вантажу, в другому випадку з повним вантажем.

Рис. 2.3 Характеристика середньої витрати палива вантажним автомобілем: 1 - ґрунтова дорога; 2 - міський рух; 3 - рівне асфальтоване шосе з горбистим рельєфом; 4 - рівне асфальтоване шосе з рівнинним рельєфом

Контрольні питання

1. Які величини характеризують паливну економічність автотранспортних засобів.
2. У чому принципова різниця в показниках транспортної і шляхової витрати палива?
3. Чому при одній і тій же швидкості руху шляхова витрата палива на зниженій передачі більше, ніж на підвищеній?
4. У чому відмінність міського їздового циклу від міжміського їздового циклу?
5. Вкажіть основні фактори, що визначають витрату палива при експлуатації автомобіля в умовах міста.
6. Який взаємозв'язок питомої та вартісної витрат палива?
7. Як залежить питома витрата палива від швидкісного і навантажувального режимів роботи двигуна?
8. Як впливає потужність, що підводиться до коліс автомобіля, на годинну витрату палива?
9. Який взаємозв'язок між шляховою і годинною витратами палива?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати показники поперечної стійкості автомобіля: критичний кут поперечного нахилу дороги; критичну швидкість руху на повороті за умовами перекидання та бічного ковзання; критичний радіус повороту.

Теоретичний блок

Стійкість – це здатність автомобіля зберігати задану швидкість, напрям руху, а також орієнтацію поздовжньої і вертикальної осей автомобіля в результаті дії на нього різних збурюючих сил.

Втрата автомобілем стійкості виражається в його перекиданні або ковзанні. Залежно від напрямку ковзання або перекидання розрізняють поперечну або подовжню стійкість.

Найбільш вірогідною і небезпечною є втрата автомобілем поперечної стійкості, яка відбувається під дією відцентрової сили P_{uy} , поперечної складової сили тяжіння автомобіля G_{ay} , сили бічного вітру P_{wy} , а також в результаті ударів об нерівності дороги.

Показниками поперечної стійкості автомобіля є: максимально можлива швидкість руху по колу з мінімально можливим радіусом R_{min} і максимальним кутом поперечного нахилу дороги β_{min} .

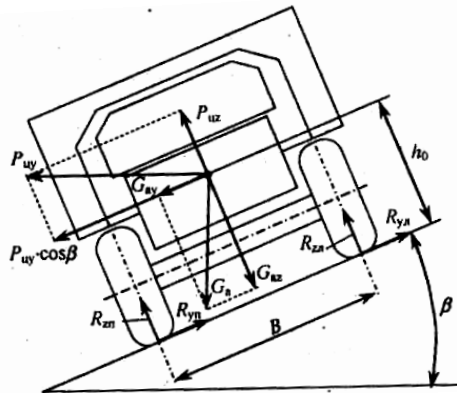


Рис 3.1. Сили, що впливають на поперечну стійкість автомобіля при русі по зовнішньому краю дороги

Граничний критичний кут поперечного нахилу дороги – за умовами перекидання на дорозі: а) у статичному стані

$$tg\beta_{\max} = \frac{B}{2 \cdot h_0} = \eta_d$$

б) при повороті

$$tg\beta_{\max} = \frac{g \cdot R \cdot B + 2 \cdot v^2 \cdot h_0}{2 \cdot g \cdot R \cdot h_0 - v^2 \cdot B}$$

- за умовами бічного ковзання автомобіля:

а) у статичному стані

$$tg\beta_{\max} = \varphi$$

б) при повороті

$$tg\beta_{\max} = \frac{v^2 - \varphi \cdot g \cdot R}{\varphi \cdot v^2 + g \cdot R}$$

- умова неможливості бічного перекидання

$$\varphi < \frac{B}{2 \cdot h_0} = \eta_d$$

Максимальна (критична) швидкість, яку може розвинути автомобіль на повороті, без небезпеки перекидання, м/с:

- на дорозі з поперечним нахилом

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{B + 2 \cdot h_0 \cdot tg\beta}{2 \cdot h_0 - B \cdot tg\beta}} \cdot R \cdot g$$

або

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{(B + 2 \cdot h_0 \cdot tg\beta) \cdot L}{(2 \cdot h_0 - B \cdot tg\beta) \cdot \Theta}} \cdot g$$

- на дорозі без поперечного нахилу

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2 \cdot h_0}}$$

або

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot L}{2 \cdot h_0 \cdot \Theta}}$$

Максимальна (критична) швидкість, яку може розвинути автомобіль на повороті, за умовами бічного ковзання (занесення), м/с:

- на дорозі з поперечним нахилом

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{\varphi + tg\beta}{1 - \varphi \cdot tg\beta}} \cdot R \cdot g$$

або

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{(\varphi + tg\beta) \cdot L}{(1 - \varphi \cdot tg\beta) \cdot \Theta}} \cdot g$$

- на дорозі без поперечного нахилу

$$v_{\max} = \sqrt{\varphi \cdot g \cdot \frac{L}{\Theta}}$$

або

$$v_{\max} = \sqrt{\varphi \cdot g \cdot \frac{L}{\Theta}}$$

де $\Theta \approx \frac{L}{R}$ радіан - кут повороту керованих коліс.

Максимальний (критичний) радіус повороту автомобіля, м:

- по бічному перекиданню:

а) на дорозі з поперечним ухилом

$$R_{\max} = \frac{(2 \cdot h_0 - B \cdot tg\beta) \cdot v^2}{(B + 2 \cdot h_0 \cdot tg\beta) \cdot g}$$

б) на дорозі без поперечного ухилу

$$R_{\max} = \frac{2 \cdot h_0 \cdot v^2}{B \cdot g}$$

- по бічному ковзанню (занесенню):

а) на дорозі з поперечним нахилом

$$R_{\max} = \frac{(1 - \varphi \cdot tg\beta) \cdot v^2}{(\varphi + tg\beta) \cdot g}$$

б) на дорозі без поперечного нахилу

$$R_{\max} = \frac{v^2}{\varphi \cdot g}$$

Умова стійкості по бічному ковзанню (занесенню), Н:
- передніх коліс

$$R_{y1} \leq \sqrt{(\varphi_1 \cdot R_{z1})^2 - R_{x1}^2}$$

-задніх коліс

$$R_{y2} \leq \sqrt{(\varphi_2 \cdot R_{z2})^2 - R_{x2}^2}$$

Критична швидкість сталого колового руху автомобіля за умовами бічного ковзання (занесення), м/с: - передніх коліс

$$v_{\max 1} = \sqrt{g \cdot R \cdot \sqrt{\varphi_1 - K_{x1}}}$$

- задніх коліс

$$v_{\max 2} = \sqrt{g \cdot R \cdot \sqrt{\varphi_2 - K_{x2}}}$$

$$\text{де } K_{x1} = \frac{R_{y1}}{R_{z1}} \quad K_{x2} = \frac{R_{y2}}{R_{z2}}$$

Критична швидкість бічного відведення автомобіля (максимальна швидкість руху без зростаючого відведення), м/с:

$$K_1 = \frac{R_{y1}}{\delta_1} \quad K_2 = \frac{R_{y2}}{\delta_2}, H / \text{мм}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{g \cdot L}{\frac{G_2}{K_2} - \frac{G_1}{K_1}}}$$

Практичний блок

Завдання 1. Визначити можливість бічного перекидання автомобіля при русі по дорозі з коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,4. Ширина колії 1,7 м; висота центру мас 1,4 м (рис. 3.2).

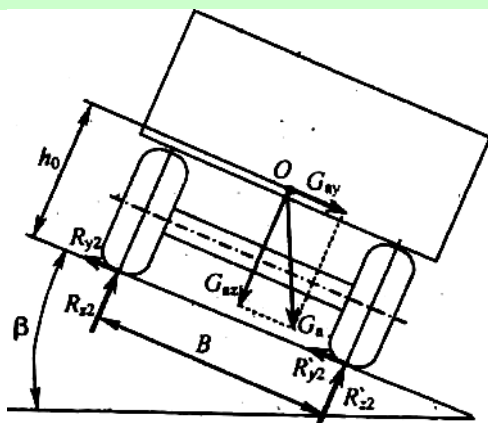


Рис. 3.2. Схема сил, що діють на автомобіль при русі по дорозі з поперечним нахилом

Рішення задачі. З умови стійкого руху автомобіля

$$\varphi < \frac{b}{2 \cdot h_0} \quad 0,4 < \frac{1,7}{2 \cdot 1,4} = 0,608$$

видно, що перекидання автомобіля неможливе, можливе тільки його ковзання.

Завдання 2. Знайти максимальне значення висоти центра мас автомобіля, що допускає його рівномірний стійкий рух по дорозі з поперечним нахилом 22° . При рішенні прийняти, що стійкість автомобіля по умові бічного ковзання забезпечена. Ширина колії автомобіля 1,6 м.

Завдання 3. Визначити коефіцієнт стійкості автомобіля проти бічного ковзання задньої осі при його русі по дорозі, що характеризується коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,5. Технічні дані автомобіля: база 3,4 м; відстань від центра мас до передньої осі 1,8 м; колія задніх коліс 1,6 м; висота центру мас 0,8 м. Величина коефіцієнта тягового зусилля 0,2.

Завдання 4. Колесо, навантажене нормальною силою 10,0 кН, рухається по дорозі з коефіцієнтом зчеплення колеса з дорогою, 0,7. Знайти граничну по зчепленню величину бічної реакції, що передається колесом, якщо вона: а) вдвічі більша подовжньої реакції; б) удвічі менше подовжньої реакції.

Завдання 5. Визначити граничні по перекиданню і боковому ковзанню кути для автокрана, що рухається прямолінійно накатом. Прийняти: колію 1,8 м; висоту центру мас 2,4 м; коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою 0,5. На скільки відсотків слід змінити висоту центру мас, щоб граничні кути по ковзанню і перекиданню були рівні між собою?

Завдання 6. Визначити, чи зможе рухатися автомобіль по дорозі з поперечним нахилом 35° без бічного ковзання або перекидання. Прийняти: коефіцієнт зчеплення шин з дорогою 0,6; висоту центру мас 1,2 м; колію 1,4м. Тягову силу на ведучих колесах прийняти рівною нулю.

Контрольні питання

1. Що розуміється під поперечною стійкістю автомобіля?
2. Вкажіть ознаки порушення поперечної стійкості.
3. Назвіть фактори, що визначають значення критичної швидкості автомобіля на повороті при бічному ковзанні.
4. Для яких автомобілів характерні занесення при русі на слизьких дорогах?
5. Що повинен зробити водій для ліквідації занесення автомобіля?
6. Чому передньопривідний автомобіль стійкіший по боковому ковзанню, чим задньопривідний?
7. Чим пояснити перехід автомобіля в бічне ковзання при різкому гальмуванні на повороті?
8. Чому крен кузова впливає та поперечну стійкість автомобіля по перекиданню?
9. Чому рівний критичний радіус повороту?
10. Для чого потрібний поперечний нахил дорожнього полотна на закругленнях автодоріг?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ПОЗДОВЖНЯ СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати показники поздовжньої стійкості автомобіля: граничний кут підйому, що може подолати автомобіль по умовах перекидання та зчеплення передніх та задніх коліс з дорогою; умову неможливості перекидання автомобіля.

Теоретичний блок

Найбільший (граничний) кут підйому, що може подолати автомобіль по умовах перекидання (відрив передніх коліс):

- одиночним автомобілем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{h_0} \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{b - f \cdot r_K}{h_0}$$

-автопоїздом

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G_a \cdot (b - f \cdot r_K) - f \cdot G_{iD} \cdot h_{\hat{E}D}}{G_a \cdot h_0 + G_{iD} \cdot h_{\hat{E}D}}$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G_a \cdot a}{G_a \cdot h_0 + G_{iD} \cdot h_{\hat{E}D}}$$

Найбільший кут підйому, що може подолати автомобіль по умовах зчеплення задніх ведучих коліс з дорогою (буксування ведучих коліс):

- одиночним автомобілем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b \cdot \varphi}{L - \varphi \cdot h_0}$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varphi \cdot (a + f \cdot r_K) - f \cdot L}{L - \varphi \cdot h_0}$$

- автопоїздом

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b \cdot \varphi \cdot G_a - f \cdot G_{iD}}{G_a \cdot (L - \varphi \cdot h_0) + G_{iD} \cdot (L - \varphi \cdot h_0)}$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(L - a) \cdot \varphi \cdot G_a}{G_a \{L - \varphi \cdot h_0\} + G_{iD} \cdot (L - \varphi \cdot h_0)}$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G_a \cdot [\varphi \cdot (a + f \cdot r_K) - f \cdot L] - f \cdot G_{iD} \cdot (L - \varphi \cdot h_{\hat{E}D})}{G_a \{L - \varphi \cdot h_0\} + G_{iD} \cdot (L - \varphi \cdot h_{\hat{E}D})}$$

Найбільший кут підйому що може подолати автомобіль по умовах зчеплення передніх ведучих коліс з дорогою (буксування ведучих коліс):

- одиночним автомобілем (зі всіма ведучими колесами)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varphi \cdot (b - f \cdot r_{\hat{E}}) - f \cdot L}{L + \varphi \cdot h_0}$$

-автопоїздом

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G_a \cdot [\varphi \cdot (b - f \cdot r_K) - f \cdot L] - f \cdot G_{iD} \cdot (L + \varphi \cdot h_{\hat{E}D})}{G_a \{L + \varphi \cdot h_0\} + G_{iD} \cdot (L + \varphi \cdot h_{\hat{E}D})}$$

Найбільший кут підйому, що може подолати автомобіль по умовах зчеплення передніх і задніх ведучих коліс з дорогою (буксування ведучих коліс);

- одиночним автомобілем (зі всіма ведучими колесами)

$$\operatorname{tg} \alpha = \varphi$$

- автопоїздом (автомобіль-тягач зі всіма ведучими колесами)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varphi \cdot G_a - f \cdot G_{iD}}{G_a + G_{iD}}$$

Або

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varphi \cdot G_a}{G_a + G_{iD}}$$

Умова неможливості перекидання автомобіля із задніми ведучими колесами:

$$R_{z1} > 0 \quad \text{або} \quad \varphi < \frac{b}{h_0}$$

При русі на поперечному нахилі:

-ковзання наступить раніше перекидання

$$\frac{B}{2 \cdot h_0} < \varphi$$

-перекидання наступить раніше ковзання

$$\frac{B}{2 \cdot h_0} \langle \varphi$$

Коефіцієнт стійкості бічного ковзання задньої осі (і, отже, всього автомобіля)

$$\eta_a = \sqrt{\varphi^2 \cdot \left(1 + \gamma_{\dot{\phi}} \cdot \frac{h_0}{B}\right)^2 - \frac{\left(\gamma_{\dot{\phi}} \cdot \frac{L}{B}\right)^2}{1 - \left(\frac{2 \cdot \varphi \cdot h_0}{B}\right)^2}}$$

Де $\gamma_T = \frac{P_K}{G_2}$ коефіцієнт тягового зусилля (відношення

сумарного тягового зусилля на ведучих колесах автомобіля до ваги, що доводиться на ведучу вісь).

Практичний блок

Завдання 1. Використовуючи схему зважування вантажного автомобіля (рис. 4.1), визначити відстань від його центру мас до поверхні дороги. Покази терезів $Q = 17,6$ кН. Кут нахилу поздовжньої осі автомобіля $\alpha = 30^\circ$. Технічні дані автомобіля: відстань від центру мас по поздовжній осі автомобіля до передньої осі $a = 1,7$ м, до задньої осі $b = 1,6$ м; вага, що доводиться на задні колеса $G_2 = 16$ кН; радіус колеса $r = 0,4$ м.

Рішення задачі. Користуючись схемою; складаємо рівняння моментів всіх сил щодо точки опори передніх коліс:

$$Q \cdot (a + b) \cdot \cos \alpha - G_a \cdot a \cdot \cos \alpha - G_a \cdot (h_0 - r_K) \cdot \sin \alpha = 0$$

Вирішуючи рівняння щодо висоти центру тяжіння h_0 , знайдемо:

$$h_0 = \frac{Q}{G_a} \cdot (a + b) \cdot \operatorname{ctg} \alpha - a \cdot \sin \alpha + r_K$$

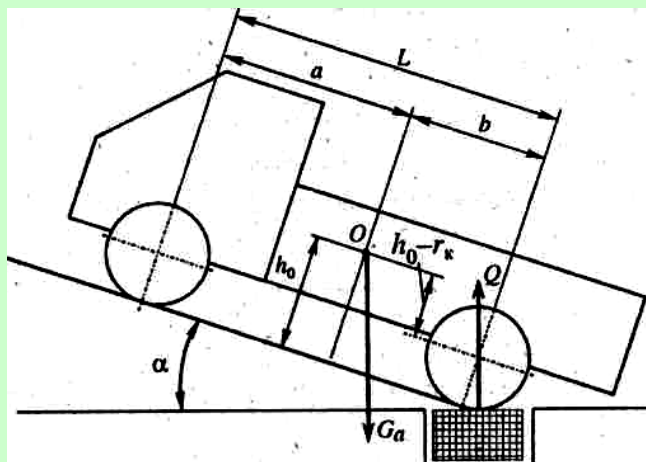


Рис. 4.1. Визначення положення центру тяжіння

але оскільки

$$G_a = G_2 \cdot \frac{a+b}{a}$$

після перетворення маємо:

$$h_0 = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \left(\frac{Q}{G_2} - 1 \right) + r_K$$

$$h_0 = 1,7 \cdot \sqrt{3} \cdot (1,1 - 1) + 0,4 = 0,694 \text{ м}$$

Завдання 2. Визначити поздовжній статичний кут підйому автомобіля-тягача, що має задні ведучі колеса, з причепом. Вага автомобіля 76,0 кН; вага причепа 52,0 кН; координати центру мас автомобіля: відстань від центру мас до передньої осі 1,2 м; висота центру тяжіння 1,4 м. Висота розташування тягово-зчіпного пристрою причепа рівна 1,3 м.

Рішення задачі. Користуючись формулою

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G_a \cdot a}{G_a \cdot h_0 + G_{\text{пД}} \cdot h_{\text{пД}}}$$

знаходимо кут підйому

$$\alpha = \arctg \frac{76000 \cdot 1,2}{76000 \cdot 1,2 + 52000 \cdot 1,3} = 29^\circ 50'$$

Завдання 3. Знайти граничну величину підйому, яку може подолати автомобіль-тягач, що має задні ведучі колеса, з причепом. Коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою 0,4. При розрахунку прийняти: вага автомобіля 80,0 кН; його база 4,2 м; висота центру мас 1,1 м; відстань від центру мас до передньої осі 1,8 м; вага причепа 45,0 кН; висота розташування тягово-зчіпного пристрою 1,0 м.

Рішення задачі. Граничний кут підйому, що може бути подоланий автомобілем-тягачем з причепом:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(L - a) \cdot \varphi \cdot G_a}{G_a \cdot (L - \varphi \cdot h_0) + G_{\text{пД}} \cdot (L - \varphi \cdot h_{\text{пД}})}$$

Знаходимо кут підйому

$$\alpha = \arctg \frac{(4,2 - 1,8) \cdot 0,4 \cdot 80000}{80000 \cdot (4,2 - 0,4 \cdot 1,1) + 45000 \cdot (4,2 - 0,4 \cdot 1)} = 9^\circ 20'$$

Завдання 4. Визначити за умовами зчеплення коліс з дорогою можливість руху автомобіля на підйом з кутом 16° по дорозі з коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,4. При розрахунку прийняти: база автомобіля 3,2 м; відстань від центру мас до передньої осі 1,7 м; висота центру мас 1 м.

Рішення задачі. Граничний кут підйому, може бути подоланий автомобілем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a \cdot \varphi}{L - \varphi \cdot h_0} \quad \alpha = \arctg \frac{1,7 \cdot 0,4}{3,2 - 0,4 \cdot 1,0} = 13^\circ 40'$$

Оскільки граничний кут підйому менше заданого, то рух неможливий.

Завдання 5. Знайти граничний кут підйому, обмежений стійкістю автомобіля з вантажем. При розрахунку прийняти: повна вага автомобіля 54,0 кН; вага, що доводиться на передню вісь, 16,0 кН; база автомобіля 3,3 м; висота центру мас 1,21 м. Опором повітря і опором коченню коліс нехтувати.

Завдання 6. Визначити можливість перекидання автомобіля назад при його рівномірному русі з підйомом 24° . Опором повітря і опором коченню коліс нехтувати. Технічні дані автомобіля: висота центру тяжіння 1,2 м; відстань від центру тяжіння до осі ведучих коліс по горизонталі 1,1 м.

Контрольні питання

1. Що розуміється під траєкторією стійкості автомобіля?
2. Що розуміється під курсовою стійкістю автомобіля?
3. Що розуміється під подовжньою стійкістю автомобіля?
4. Які ознаки втрати подовжньої стійкості?
5. Чому відбувається втрата стійкості при екстреному гальмуванні автомобіля?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

КЕРОВАНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати умови керованості автомобіля: мінімальний радіус повороту автомобіля за умов бічного ковзання та перекидання автомобіля; умови нейтральної, недостатньої та надмірної повертаємості автомобіля.

Теоретичний блок

Зміна положення подовжньої осі автомобіля на площині дороги за допомогою зміни положення керованих коліс називається поворотом автомобіля (рис. 5.1).

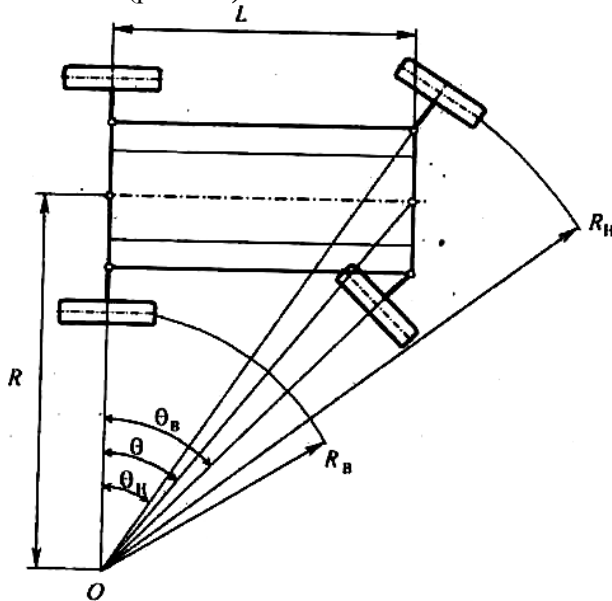


Рис. 5.1. Схема повороту автомобіля без бічного відведення

Властивість автомобіля зберігати заданий напрям руху або змінювати його відповідно до дії на органи керування називається *керованістю*.

Властивість автомобіля змінювати напрям руху заданої траєкторії, при дії на органи управління, називається *повертаємістю*.

Траєкторне відхилення - це відхилення вектора швидкості від напрямку траєкторії руху.

Курсове відхилення - це відхилення подовжньої осі автомобіля від напрямку траєкторії руху.

Здатність автомобіля здійснювати повороти характеризується *поворотливістю*.

Хороша поворотливість можлива при виконанні наступних умов:

1. Керовані колеса котяться без бічного ковзання.
2. Рульовий привід забезпечує правильне співвідношення кутів повороту керованих коліс.
3. Компоновка автомобіля, підвіска і шини забезпечують оптимальне співвідношення між кутами відведення передніх і задніх коліс.
4. Конструкція рульового керування дозволяє судити про сили, що діють з боку дороги на керовані колеса.

Умова можливості повороту автомобіля

$$f \langle \varphi \cdot \cos \Theta$$

Величини теоретично необхідних кутів повороту керованих коліс при відсутності їх відведення:

- зовнішнього

$$\operatorname{tg} \Theta_H = \frac{L}{R + l_0}$$

- внутрішнього

$$\operatorname{tg} \Theta_B = \frac{L}{R - l_0}$$

Кут відведення, зумовлений дією на колесо бічної сили, рад:

$$\delta = \frac{P_y}{K_y}$$

Співвідношення між кутами повороту керованих коліс автомобіля:

$$\operatorname{ctg}\Theta_H - \operatorname{ctg}\Theta_B = \frac{l_0}{L}$$

$$\operatorname{ctg}\Theta_H + \operatorname{ctg}\Theta_B = \frac{2 \cdot R}{L}$$

$$\operatorname{ctg}\Theta = 0,5 \cdot (\operatorname{ctg}\Theta_H + \operatorname{ctg}\Theta_B)$$

або

$$\Theta = 0,5 \cdot (\Theta_H + \Theta_B)$$

Кут повороту рульового колеса автомобіля, град:

$$\Theta_{OK} = \Theta \cdot i_{\delta i} \cdot i_{D\bar{i}}$$

Середній радіус повороту автомобіля на горизонтальній дорозі, м:

- за відсутності відведення осей (з жорсткими шинами)

$$R = L \cdot \operatorname{ctg}\Theta$$

- при відведенні передньої і задньої осі (з еластичними шинами)

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta - \delta_1) + \operatorname{tg}\delta_2}$$

або

$$R = \frac{L^2 - \frac{G_a}{g} \cdot v_a^2 \cdot (a \cdot k_{y2} - b \cdot k_{y1})}{L \cdot \Theta}$$

Мінімальний радіус повороту автомобіля, м:

$$R_{\min} = \frac{L}{\sin \Theta_{\max}}$$

Мінімальний радіус повороту автомобіля за умов бічного ковзання при рівномірному русі з постійним кутом повороту, м:

$$R_{\min} = \frac{v_a^2}{g \cdot \varphi}$$

Мінімальний радіус повороту автомобіля з умов перекидання при рівномірному русі з постійним кутом повороту, м:

$$R_{\min} = \frac{2 \cdot v_a^2 \cdot h_0}{B \cdot g}$$

Зовнішній габаритний радіус повороту автомобіля, м:

$$R_{\text{габ}}^{\max} = R_{\min} + \Delta_1$$

Внутрішній габаритний радіус повороту автомобіля, м:

$$R_{\text{габ}}^{\min} = R_{\min} - \Delta_2$$

Поворотна ширина по сліду коліс, м:

$$B_l = R_{\min} - R_{\text{габ}}^{\min}$$

Габаритна смуга руху, м:

$$B_r = R_{\text{габ}}^{\max} - R_{\text{габ}}^{\min}$$

Кут відведення колеса, зумовлений дією на нього бічної сили, рад:

$$\delta = \frac{P_y}{k_y}$$

Коефіцієнт опору відведенню колеса з урахуванням умов його роботи, рад/Н:

$$k_y = k_{y0} \cdot q_z \cdot q_T \cdot q_\varphi$$

Залежність коефіцієнта опору відведенню колеса від розмірів і тиску повітря в шині, рад/Н:

$$k_{y0} = 0,76 \cdot b_\varphi \cdot (d + 2 \cdot b_\varphi) \cdot (0,1 + D_\varphi) \cdot 10^6$$

Коефіцієнт корекції, що враховує відхилення нормального навантаження від оптимального:

$$q_z = 2,4 \cdot a_z - 1,8 \cdot a_z^2 + 0,4 \cdot a_z^3$$

$$\text{де } a_z = \frac{R_z}{R_{z\text{нор}}}$$

Коефіцієнт, що враховує нелінійну залежність бічної сили від кута відведення колеса:

$$q_T = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{R_x}{\varphi \cdot R_z} \right)^2}}{1 + 0,375 \cdot \frac{R_x}{R_z}}$$

Коефіцієнт корекції, що враховує вплив поздовжньої сили, яка діє на колесо:

$$q_{\varphi} = \frac{\arctg \left[\frac{\pi \cdot k_{y0} \cdot (\delta - \delta_0)}{2 \cdot \varphi \cdot R_z} \right]}{\frac{\pi \cdot k_{y0} \cdot (\delta - \delta_0)}{2 \cdot \varphi \cdot R_z}}$$

Кут бічного відведення передніх коліс, рад:

$$\delta_1 = \frac{G_a}{g} \cdot \frac{v_a^2}{R \cdot \cos \Theta} \cdot \frac{a}{k_{y1} \cdot L}$$

Кут бічного відведення задніх коліс, рад:

$$\delta_2 = \frac{G_a}{g} \cdot \frac{v_a^2}{R} \cdot \frac{a}{k_{y2} \cdot n_k \cdot L}$$

де n_k - число коліс на одній осі.

Повертаємість автомобіля:

- нейтральна (рис. 5.2)

$$\delta_1 = \delta_2 \quad \text{или} \quad \frac{\omega_a}{\Theta} = \frac{v_a}{L}$$

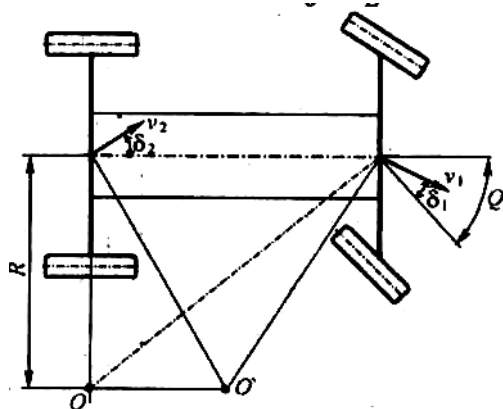


Рис. 5.2. Схема повороту автомобіля з нейтральною повертаємістю

- недостатня (рис. 5.3)

$$\delta_1 > \delta_2 \quad \text{или} \quad \frac{\omega_a}{\omega} = \frac{v_a}{L}$$

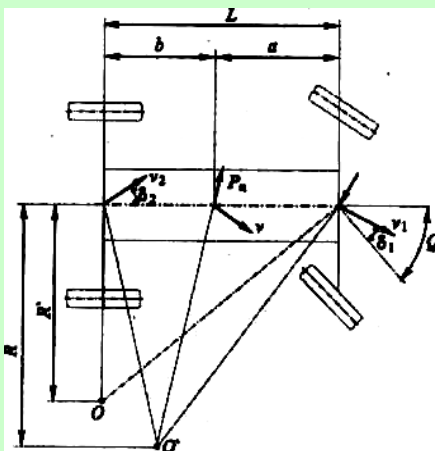


Рис. 5.3. Схема повороту автомобіля з недостатньою повертаємістю

- надмірна (рис. 5.4)

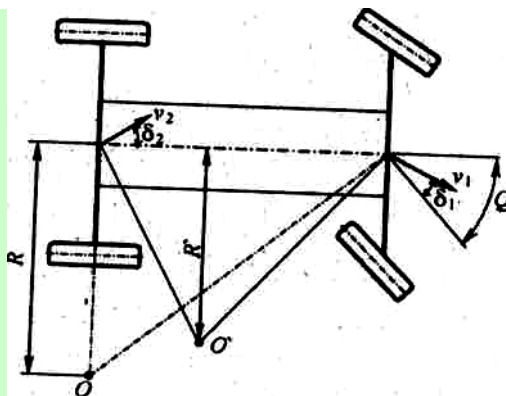


Рис. 5.4. Схема повороту автомобіля з надмірною повертаємістю

$$\delta_1 \langle \delta_2 \quad \text{або} \quad \frac{\omega_a}{\Theta} \rangle \frac{v_a}{L}$$

Координати точки нейтральної повертаємості:

$$a = \frac{L \cdot k_{y1}}{k_{y1} + k_{y2}}$$

$$b = \frac{L \cdot k_{y2}}{k_{y1} + k_{y2}}$$

Відстань від точки нейтральної повертаємості до центру мас (запас статичної курсової стійкості)

$$l = \frac{k_{y1} \cdot b - k_{y2} \cdot a}{k_{y1} + k_{y2}}$$

Параметри керованості одиночного автомобіля при коловому русі:

- радіус повороту, м

$$R = \frac{L - k_{i\tilde{A}} \cdot v_a^2}{\Theta}$$

де

$$k_{i\tilde{A}} = \frac{m_2}{k_{y2}} - \frac{m_1}{k_{y1}}, \text{ с}^2/\text{м}$$

- відстань від центру повороту до задньої осі, м

$$\tilde{N} = \frac{m_2 \cdot v_a^2}{k_{y2}}$$

- кутова швидкість повороту:

а) за відсутності відведення коліс, рад/с

$$\omega_a = \frac{v_a \cdot \Theta}{L - k_{i\tilde{A}} \cdot v_a^2}$$

або

$$\omega_a = \frac{v_a}{R} = \frac{v_a \cdot \text{tg}\Theta}{L}$$

б) при відведенні передньої і задньої осей, рад/с

$$\omega_a = \frac{v_a}{R} = \frac{v_a \cdot [tg(\Theta - \delta_1) + tg\delta_2]}{L}$$

- чутливість до управління, с⁻¹

$$\frac{\omega_a}{\Theta} = \frac{v_a^2}{L - k_{i\hat{A}} \cdot v_a^2}$$

Кривизна траєкторії при повороті, м⁻¹

$$K = \frac{\Theta_p}{i_{py} \cdot (L - k_{i\hat{A}} \cdot v_a^2)}$$

Або

$$K = \frac{1}{R}$$

Повертаючий момент, що створюється силою тяги передньопривідного автомобіля, Нм:

$$M_{\hat{i}} = E_{\hat{e}} \cdot L \cdot \sin \Theta$$

Бічні сили, що діють на колеса при повороті, Н: на передні

$$P_{y1} = \frac{G_1}{g} \cdot \frac{v_a^2}{L} \cdot \sin \Theta$$

або

$$P_{y1} = \frac{G_1}{g} \cdot \frac{v_a^2}{R} \cdot \cos \Theta$$

-на задніх

$$P_{y2} = \frac{G_2}{g} \cdot \frac{v_a^2}{R}$$

Відцентрова сила, що діє на центр мас автомобіля при повороті, Н:

$$P_{\hat{o}} = \frac{G}{g} \cdot \frac{v_a^2}{R \cdot \cos \beta_p}$$

Критична швидкість сталого рульового руху (повороту) автомобіля на горизонтальній дорозі м/с:

- по бічному ковзанню занесенню

$$v_a = \sqrt{2 \cdot \varphi \cdot g \cdot R}$$

- по бічному перекиданню

$$v_a = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_0}}$$

-на повороті

$$v_a = \sqrt{\frac{g \cdot L^2}{G_a \cdot (a \cdot k_{y2} - b \cdot k_{y1})}}$$

Критична швидкість руху автомобіля при повороті автомобіля на дорозі з поперечним нахилом (на віражі), м/с:

- по бічному ковзанню (занесенню)

$$v_a = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\varphi + \operatorname{tg} \beta)}{2 \cdot h_0 - B \cdot \operatorname{tg} \beta}}$$

- по бічному перекиданню

$$v_a = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (B + 2 \cdot h_0 \cdot \operatorname{tg} \beta)}{2 \cdot h_0 - B \cdot \operatorname{tg} \beta}}$$

Критична швидкість руху автомобіля, м/с:

- по керованості

$$v_a = \sqrt{\left(\frac{\varphi^2 - f^2}{\operatorname{tg} \Theta} - f \right) \cdot g \cdot L \cdot \cos \Theta}$$

- по бічному відведенню коліс

$$v_a = \sqrt{\frac{g \cdot L}{\frac{G_2}{k_{y2}} - \frac{G_1}{k_{y1}}}}$$

Гранична швидкість, до якої не відбудеться бічного перекидання автомобіля на дорозі без поперечного нахилу, м/с:

$$v_a^2 + m \cdot v_a^2 - n = 0$$

$$\text{де } m = \frac{b}{L} \cdot \frac{L^2 + R^2}{R} \cdot \omega_K$$

$$m = g \cdot R \cdot \frac{B}{2 \cdot h_0} - C \cdot L \cdot j$$

$$\text{тут } C = \frac{a}{L}$$

$$\omega_K = \frac{d\Theta}{dt}, \text{с}^{-1}$$

Практичний блок

Завдання 1. Використовуючи приведену на рис. 5.5 схему сил, визначити мінімальні радіуси повороту автомобіля з умов ковзання і перекидання.

Автомобіль рухається на повороті за інерцією із швидкістю 54 км/год. Дорога горизонтальна, слизька з коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,3. Технічні дані автомобіля: висота центру мас 0,9 м; ширина колії 1,4 м.

Рішення задачі. Мінімальний радіус повороту автомобіля з умов бічного ковзання. При рівномірному русі з постійним кутом повороту.

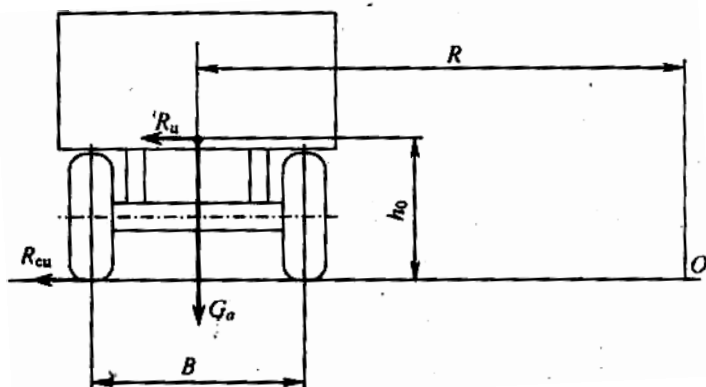


Рис. 5.5. Схема сил, що діють на автомобіль при повороті

$$R_{\min} = \frac{v_a^2}{3,6^2 \cdot g \cdot \varphi} = \frac{54^2}{3,6^2 \cdot 9,81 \cdot 0,3} = 76,5 \text{ м}$$

Мінімальний радіус повороту автомобіля з умов перекидання при рівномірному русі з постійним кутом повороту

$$R_{\min} = \frac{2 \cdot v_a^2 \cdot h_0}{3,6^2 \cdot B \cdot g} = \frac{2 \cdot 54^2 \cdot 0,9}{3,6^2 \cdot 1,4 \cdot 9,81} = 29,5 \text{ м}$$

Отже, ковзання наступить раніше, ніж перекидання.

Завдання 2. Автомобіль рухається на повороті з радіусом 60 м по слизькій дорозі, що характеризується коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,2. Знайти граничне значення швидкості, до якої автомобіль може рухатися на повороті без небезпеки появи бічного ковзання. При рішенні задачі прийняти, що по умові бічного; перекидання стійкість автомобіля забезпечується.

Рішення задачі, з умови мінімального радіусу повороту автомобіля по бічному ковзанню, м:

маємо

$$R_{\min} = \frac{v_a^2}{g \cdot \varphi}$$

або

$$v_a = \sqrt{g \cdot \varphi \cdot R_{\min}} = \sqrt{9,81 \cdot 0,2 \cdot 60} = 10,85 \text{ м/с}$$

$$v_a = 10,85 \cdot 3,6 = 39 \text{ км/ч}$$

Завдання 3. Автомобіль рухається за наявності бічного відведення шин і середній величині кута повороту передніх коліс $10^\circ 30'$. По траєкторії радіусом 20 м. База автомобіля 3,7 м. Знайти величину кута відведення задніх коліс і повертаємість автомобіля, якщо кут відведення шин передніх коліс складає 5° .

Рішення задачі. Середній радіус повороту автомобіля на горизонтальній дорозі з урахуванням відведення шин передніх і задніх коліс, м

$$R = \frac{L}{tg(\Theta - \delta_1) + tg\delta_2}$$

звідки

$$tg\delta_2 = \frac{L \cdot R \cdot tg(\Theta - \delta_1)}{R} = \frac{3,7 - 20 \cdot tg(10^\circ 30' - 5^\circ)}{20} = 0,0887$$

$$\delta_2 = arctg 0,0887 = 5^\circ$$

Так як $\delta_1 = \delta_2 = 5^\circ$, то автомобіль має нормальну повертаємість.

Завдання 4. Знайти критичну (граничну) швидкість автомобіля за умовами бічного відведення коліс, якщо повна вага складає 8400 Н, база 2,16 м, коефіцієнт навантаження на ведучі колеса 0,55; коефіцієнт опору відведенню передніх коліс 392 Н/град, задніх коліс 436 Н/град.

Рішення задачі. Критична швидкість руху автомобіля по боковому відведенню коліс, м/с:

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot L}{\frac{G_2}{k_{y2}} - \frac{G_1}{k_{y1}}}}$$

$$G_2 = 0,55 \cdot G_a = 0,55 \cdot 8400 = 4620 \text{ Н}$$

$$G_1 = G_a - G_2 = 8400 - 4620 = 3780 \text{ Н}$$

$$v = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 2,16}{\frac{4620}{436} - \frac{3780}{392}}} = 4,6 \text{ м/с}$$

Завдання 5. На який середній кут необхідно повернути передні керовані колеса легкового автомобіля при його русі з середньою швидкістю 54 км/год по дорозі, що має радіус кривизни 100 м? Технічні дані автомобіля: вага 19,6 кН; база 2,8 м; відстань по горизонталі від центру мас до осі ведучих коліс 1,3 м; коефіцієнт бічного відведення коліс задньої осі 1810 Н/рад, довше передній осі 2105 Н/рад.

Завдання 6. Визначити граничну швидкість автомобіля на повороті, вище за яку рух буде нестійким. Завдання вирішити за наявності кутової швидкості повороту керованих коліс. Технічні дані автомобіля: база 4,0 м; колія коліс 1,3 м; висота центру мас 1,0 м; величина $c = \frac{b}{L} = 0,4$. Автомобіль рухається на повороті по дорозі, що не має поперечного нахилу і характеризується коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,7. Радіус повороту 40 м;

прискорення при поступальному русі $0,8 \text{ м/с}^2$; кутова швидкість повороту керованих коліс $\omega_K = 0,4 \text{ с}^{-1}$

Завдання 7. Знайти величину критичної (граничної) швидкості стійкого руху автомобіля на повороті. Технічні дані автомобіля: база $3,5 \text{ м}$; відстань по горизонталі від центру мас до задньої осі $1,3 \text{ м}$; коефіцієнт бічного відведення коліс задньої осі $1,7 \cdot 10^5$; передньої осі $2,2 \cdot 10^5$; вага автомобіля $27,0 \text{ кН}$.

Контрольні питання

1. Що розуміється під бічним відведенням колеса?
2. Від чого залежить величина кута відведення колеса?
3. Чи впливає відведення коліс на траєкторію руху автомобіля?
4. Чи впливає прискорення або уповільнення автомобіля на величину бічних реакцій, що прикладаються до його коліс при русі на поворотах?
5. Що розуміється під керованістю автомобіля?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ГАЛЬМІВНА ДИНАМІКА АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати показники гальмівних властивостей автомобіля: максимальне значення сповільнення; мінімальний гальмівний шлях; мінімальний час гальмування, скласти рівняння автомобіля при гальмуванні.

Теоретичний блок

Основні способи гальмування: гальмівною системою, двигуном, комбінований (спільно гальмівною системою і двигуном). Режими гальмування: службовий і аварійний. Показники гальмівних властивостей автомобіля:

1. Максимальне значення сповільнення.
2. Мінімальний гальмівний шлях, який проходить автомобіль від початку гальмування до необхідної швидкості або повної зупинки.
3. Мінімальний час гальмування, необхідний для проходження мінімального гальмівного шляху.

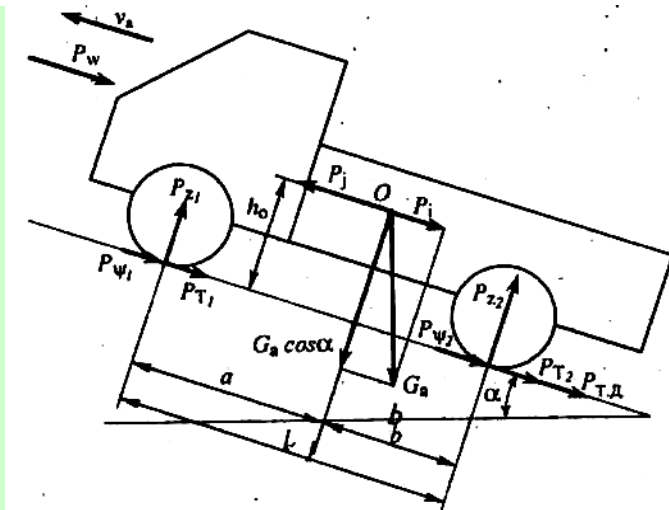


Рис. 6.1 Сили, що діють на автомобіль при гальмуванні на підйомі

Рівняння руху гальмуючого колеса, H :

$$R_x = \frac{M_{TK}}{r_{\ddot{A}}} + f \cdot R_z - \frac{J_{\ddot{O}E} \cdot J_{\ddot{C}}}{r_{\ddot{A}} \cdot r_{\ddot{E}}}$$

Рівняння руху автомобіля при гальмуванні

$$\ddot{D}_O + \ddot{D}_{OA} + \ddot{D}_\varphi + \ddot{D}_w - P_j \pm P_i = 0$$

Гальмівна сила

$$P_T = \frac{M_{TK}}{r_K}$$

де $M_{TK} = (\varphi - f) \cdot R_z \cdot r_K + J_K \cdot \omega_K, H_M$

Максимальне значення гальмівної сили по зчепленню коліс з дорогою, H :

а) при гальмуванні коліс задньої осі

$$P_T = \varphi \cdot \frac{G_a \cdot (a + f \cdot r_K) \cdot \cos \alpha \pm G_a \sin \alpha + P_w \cdot (h_w - h_0)}{L + \varphi \cdot h_0}$$

або

$$P_T = \varphi \cdot \frac{G_a \cdot \left[(L - b) \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha - \frac{j_3 \cdot h_0}{g} \right]}{L}$$

- без урахування опору повітря при русі по горизонтальній ділянці дороги

$$P_T = \varphi \cdot \frac{G_a \cdot (a + f \cdot r_K) \pm G_a \sin \alpha}{L + \varphi \cdot h_0}$$

або

$$P_T = \varphi \cdot \frac{G_a \cdot \left[(L - b) - \frac{j_3 \cdot h_0}{g} \right]}{L}$$

б) при гальмуванні коліс передньої осі

$$P_T = \varphi \cdot \frac{G_a \cdot \left(b \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha + \frac{j_3 \cdot h_0}{g} \right)}{L}$$

- при русі по горизонтальній ділянці дороги

$$P_T = \varphi \cdot \frac{G_a \cdot \left(b + \frac{j_3 \cdot h_0}{g} \right)}{L}$$

в) при гальмуванні всіх коліс

$$P_T = \varphi \cdot G_a \cdot \cos \alpha$$

- при русі по горизонтальній ділянці дороги

$$P_T = \varphi \cdot G_a$$

Сила тертя в двигуні, приведена до ведучих коліс:

$$P_{\dot{O}\ddot{A}} = \frac{\dot{I}_{\dot{O}\ddot{A}} \cdot \ddot{O}\ddot{A} \cdot \ddot{O}\ddot{A}}{\eta_i \cdot r_{\dot{E}}}$$

Момент тертя в чотиритактному двигуні, Н·м, приблизно визначається по формулі:

$$\dot{I}_{\dot{O}\ddot{A}} \approx 0,8 \cdot V_h \cdot (0,35 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot n_e)$$

або

$$M_{\dot{O}\ddot{A}} \approx 0,8 \cdot p_M \cdot V_h \cdot i_{\dot{O}}$$

де – V_h робочий об'єм циліндра, м³;

$i_{\dot{O}}$ - число циліндрів;

p_M - тиск механічних втрат. Значення механічних втрат

$$p_M = a + b \cdot c_i$$

>для карбюраторних двигунів $a = 0,035$; $b = 0,012$

>для дизельних двигунів з неподіленими камерами згоряння
 $a = 0,113$; $b = 0,007$

>для дизельних двигунів з розділеними камерами згоряння
 $a = 0,113$; $b = 0,010$ Середня швидкість поршня, м/с:

$$\tilde{N}_i = \frac{S_i \cdot \omega_e}{\pi}$$

Гальмівний динамічний фактор

$$D_T = \frac{P_T + P_{\dot{O}\ddot{A}} + P_w}{G_a}$$

Сповільнення при гальмуванні автомобіля, м/с^2 :

$$j_3 = \frac{P_T + P_{O\ddot{A}} + D_\varphi + D_w}{\delta_{\ddot{A}D} \cdot \dot{I}_a}$$

Максимальне значення уповільнення, м/с^2 :

$$j_3 = \frac{g}{G_a} \cdot (\varphi \cdot G_a \cdot \cos \alpha + f \cdot G_a \cdot \cos \alpha + G_a \cdot \sin \alpha + k \cdot F \cdot v_a^2)$$

У зв'язку із зниженням швидкості руху автомобіля можна прийняти $P_w = 0$ Якщо гальмування проводиться тільки гальмівною системою, то $P_{O\ddot{A}} = 0$ Тоді сповільнення автомобіля, м/с^2 :

$$j_3 = \frac{\varphi + \psi}{\delta_{BP} \cdot k_y}$$

Унаслідок того, що φ набагато більше ψ з достатньою степінню точності можна прийняти

$$j_3 = \frac{\varphi \cdot g}{\delta_{BP} \cdot k_y} \cdot g$$

Мінімальний гальмівний шлях при дії гальм на всіх колесах, м:

а) без урахування опору повітря

$$S_T = \frac{v_H^2 - v_H^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{1}{(\varphi + f) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha}$$

б) з урахуванням опору повітря

Мінімальний гальмівний шлях, м:

$$S_T = \frac{G_a}{2 \cdot g \cdot k \cdot F} \cdot \ln \frac{G_a \cdot (\varphi + f) + k \cdot F \cdot v_H^2}{G_a \cdot (\varphi + f) + k \cdot F \cdot v_H^2}$$

або

$$S_T = \frac{v_H^2 - v_H^2}{2 \cdot j_3}$$

Повний (зупиночний) гальмівний шлях, м:

$$S_T = (t_1 + t_2) \cdot v_H + \frac{v_H^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \cdot \delta_{BP} \cdot k_y$$

де $k_y = 1,2$ - для легкових автомобілів;

$k_y = 1,4$ - для вантажних автомобілів.

Мінімальний час ефективного гальмування до повної зупинки автомобіля, с:

$$t_T = \frac{2 \cdot S_T}{v_H - v_K}$$

або

$$t_T = \frac{\delta}{g \cdot \varphi} \cdot (v_H - v_K) \cdot k_y$$

Повний зупиночний час, с:

$$t_{TO} = t_1 + t_2 + \frac{\delta}{g \cdot \varphi} \cdot (v_H - v_K) \cdot k_y$$

При гальмуванні автомобіля двигуном повинна дотримуватися умова

$$j_3 < \frac{M_{TK} \cdot r_K}{J_{AA} \cdot i_{TP} \cdot \eta_{TP}^2}$$

При перевищенні значення j_3 , тобто недотриманні нерівності, гальмування двигуном недоцільно.

Коефіцієнт врахування обертових мас, при гальмуванні автомобіля:

- з не від'єднаним двигуном

$$\delta_{BP} = 1 + \frac{J_e \cdot i_{TP}^2}{M_a \cdot r_{\bar{A}} \cdot r_{\bar{E}} \cdot \eta_{\bar{O}B}} + \frac{\sum J_K}{M_a \cdot r_{\bar{A}} \cdot r_{\bar{E}}}$$

- з від'єднаним двигуном

$$\delta_{BP} = 1 + \frac{\sum J_K}{M_a \cdot r_{\bar{A}} \cdot r_{\bar{E}}}$$

Гальмівний шлях до повної зупинки автомобіля, м:

$$S_T = \frac{v_K^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \cdot \delta_{BP} \cdot k_y$$

В процесі гальмування автомобіля-тягача з причепом (автопоїзда) їх взаємодія між собою залежить від питомих

гальмівних сил автомобіля-тягача і причепа, тобто від значення сил зчеплення між ними. Можливі 3 випадки:

1. $\gamma_{\bar{i}} = \gamma_{\dot{o}}$, т.е. $D_{\bar{N}} = 0$. При цьому відбувається їх одночасне гальмування. Ідеальний випадок.

2. $\gamma_{\bar{i}} > \gamma_{\dot{o}}$, т.е. $D_{\bar{N}} > 0$. Причеп підсилює гальмування автомобіля-тягача. Відбувається розтяжка автопоїзда, що виключає складання і підвищує стійкість.

3. $\gamma_{\bar{i}} < \gamma_{\dot{o}}$, т.е. $D_{\bar{N}} < 0$. Причеп накочується на автомобіль-тягач і відбувається складання автопоїзда.

При гальмуванні автопоїзда, вважаючи $D_w = 0$, сповільнення буде рівне, м/с:

-тягача

$$j_{\zeta\dot{o}} = g \cdot \gamma_T + \frac{P_C}{M_a}$$

- причепа

$$j_{\zeta\dot{o}} = g \cdot \gamma_{\bar{i}} - \frac{P_C}{M_{\bar{i}}}$$

Питомі гальмівні сили:

- тягача
$$\gamma_{\dot{o}} = \frac{\sum R_{xa}}{G_a}$$

-причепа
$$\gamma_{\dot{o}} = \frac{\sum R_{\dot{o}\bar{i}}}{G_{\bar{i}}}$$

Сила зчеплення між автомобілем-тягачем і причепом, Н:
 $D_{\bar{N}} = G_{A\bar{i}} \cdot (\gamma_{\bar{i}} - \gamma_{\dot{o}})$

Приведена сила тяжіння автопоїзда, Н:

$$G_{A\bar{i}} = \frac{G_a \cdot G_{\bar{i}}}{G_a + G_{\bar{i}}}$$

Максимальні значення гальмівних сил на осях, Н:
 -тягача

$$D_{\dot{o}I} = \frac{\varphi \cdot G_a \cdot (b + \varphi \cdot h_0)}{L}$$

$$D_{02} = \frac{\varphi \cdot G_a \cdot [(L - b) - \varphi \cdot h_0]}{L}$$

- причепа

$$D_{0I1} = \frac{\varphi \cdot G_I \cdot (l + \varphi \cdot h_0)}{2 \cdot l}$$

$$D_{0I2} = \frac{\varphi \cdot G_I \cdot (l - \varphi \cdot h_0)}{2 \cdot l}$$

Мінімальний гальмівний шлях автопоїзда до повної зупинки, м:

$$S_T = \frac{v_H^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \cdot \delta_{BP} \cdot \frac{G_a + n_I \cdot G_I}{G_a + n_{I0} \cdot \lambda_0 \cdot G_I \varphi}$$

або

$$S_T = \frac{0,004 \cdot v_a^2 \cdot (G_a + n_I \cdot G_I)}{(G_a + n_{I0} \cdot m_0 \cdot G_I \varphi) \cdot \varphi \cdot \cos \alpha + (G_a + n_I \cdot G_I) \cdot \sin \alpha}$$

Практичний блок

Завдання 1. Визначити шлях, час гальмування і сповільнення легкового автомобіля, що рухається із швидкістю 20 м/с, з від'єднаним двигуном до повної зупинки. Дорога горизонтальна суха з бетонним покриттям, така, що має коефіцієнт зчеплення 0,6. Коефіцієнт зниження ефективності гальмування 1,2. Час: реакції водія 0,8 с, до початку спрацьовування гальмівної системи 0,2 с. Коефіцієнт врахування обертових мас, 1,05.

Рішення задачі. Гальмівний шлях до повної зупинки

$$S_T = \frac{v_a^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} \cdot \delta_{BP} \cdot k_y = \frac{20^2}{2 \cdot 0,6 \cdot 9,81} \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 42,8 \text{ м}$$

Зупиночний час

$$t_{TO} = t_1 + t_2 + \frac{v_a^2}{g \cdot \varphi} \cdot \delta_{BP} \cdot k_y = 0,8 + 0,2 + \frac{20}{9,81 \cdot 0,6} \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 5,3 \text{ с}$$

Сповільнення автомобіля

$$j_3 = \frac{\varphi \cdot g}{\delta_{BP} \cdot k_y} \cdot g = \frac{0,6 \cdot 9,81}{1,05 \cdot 1,2} = 4,67 \text{ м/с}^2$$

Завдання 2. Повністю завантажений автомобіль вагою 57,7 кН рухається по дорозі з нахилом 5° , що має коефіцієнт зчеплення коліс; з дорогою 0,7. Визначити максимальну гальмівну силу за умовами зчеплення коліс з дорогою.

Рішення задачі. $D_0 = \varphi \cdot G_a \cdot \cos \alpha = 0,7 \cdot 57700 \cdot \cos 5^\circ = 40236 \text{ кН}$.

Завдання 3. Визначити, чи можливо гальмування двигуном автомобіля масою 7400 кг, що рухається на другій передачі по горизонтальній сухій ґрунтовій дорозі, що має коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою 0,6, якщо момент на колінчастому валу двигуна складає 250 Н·м. Технічні дані автомобіля: передаточне число трансмісії при другій передачі в коробці зміни передач 21,05; радіус колеса 0,47 м; момент інерції двигуна $0,28 \text{ м} \cdot \text{с}^2$; ККД трансмісії 0,9.

Рішення задачі. Умова можливості гальмування двигуном

$$j_T < \frac{M_{TK} \cdot r_K}{J_{\dot{A}\dot{A}} \cdot i_{\dot{O}D}^2 \cdot \eta_{\dot{O}D}^2}$$

Сповільнення автомобіля

$$j_T = \varphi \cdot \frac{g}{\delta_{BP}} = 0,6 \cdot \frac{9,81}{1,07} = 5,5 \text{ м/с}^2$$

Коефіцієнт врахування обертових мас

$$\delta_{BP} = 1 + \frac{J_{\dot{A}\dot{A}} \cdot i_{TP}^2 \cdot \eta_{TP}}{M_a \cdot r_K^2} = 1 + \frac{0,28 \cdot 21,05^2 \cdot 0,9}{7400 \cdot 0,47^2} = 1,07$$

Друга частина нерівності

$$\frac{M_{TK} \cdot r_K}{J_{\dot{A}\dot{A}} \cdot i_{TP}^2 \cdot \eta_{TP}^2} = \frac{250 \cdot 0,47}{0,28 \cdot 21,05 \cdot 0,9^2} = 24,6 \text{ м/с}^2$$

Так як $5,5 < 24,6$ то гальмування двигуном можливо.

Завдання 4. Нехтуючи опором повітря, визначити, як зміниться максимальне значення сповільнення, якщо в першому випадку автомобіль загальмовується на горизонтальній ділянці дороги, а в другому випадку - на ділянці дороги з кутом підйому 6° . Обидві ділянки характеризуються однаковим коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою 0,5 і однаковим коефіцієнтом опору коченню 0,025.

Завдання 5. Повністю навантажений автомобіль вагою 54,0 кН необхідно загальмувати на дорозі з нахилом 5° . Коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою 0,6. Яку максимальну гальмівну силу можна отримати, виходячи з умов зчеплення коліс з дорогою?

Завдання 6. Використовуючи умови завдання 5, визначити, як змінилась би величина можливої максимальної гальмівної сили, якщо б автомобіль мав гальма тільки на задніх колесах. Технічні дані автомобіля: база 3,3 м; відстань від центру тяжіння до передньої осі 2,3 м; коефіцієнт опору коченню 0,025. Прийняти висоту центру тяжіння парусності h_w рівну висоті центру мас.

Контрольні питання

1. Перерахуйте сили, що викликають сповільнення автомобіля при гальмуванні.
2. Перерахуйте можливі способи гальмування.
3. Поясніть, чому двигун може гальмувати автомобіль?
4. Що розуміється під часом спрацьовування гальмівного приводу?
5. Чим зупиночний шлях відрізняється від гальмівного?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ПРОХІДНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати показники прохідності автомобіля: поздовжній і поперечний радіуси прохідності; передній і задній кути звісу; максимальний кут підйому та ін.

Теоретичний блок

Прохідність - експлуатаційна властивість автомобіля, яка визначає можливість його руху в погіршених дорожніх умовах, по бездоріжжю і при подоланні різних перешкод.

Повна втрата прохідності - це припинення руху автомобіля.

Часткова втрата прохідності - це зниження швидкості руху автомобіля.

По рівню прохідності автомобілі поділяються на дорожні (тобто звичайній прохідності), підвищеної прохідності і високої прохідності.

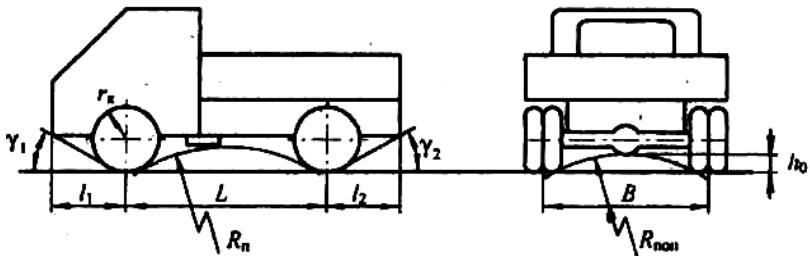


Рис. 7.1 Геометричні параметри прохідності автомобіля

Умова руху автомобіля

$$\psi \leq D_a \leq D_{\tilde{N}\tilde{O}}$$

Динамічний фактор зчеплення коліс з дорогою

$$D_{\tilde{N}\tilde{O}} = \frac{G_2}{G_a} \cdot \varphi \cdot \cos \alpha$$

Питомий тиск колеса на дорогу, Н/м²

$$G_{\tilde{O}\tilde{A}} = \frac{G_K}{F_K}$$

Контурна площа плями контакту колеса, м²:

$$F_K = \pi \cdot h_z \cdot \sqrt{D_{CB} \cdot b_y}$$

Величина радіальної деформації шини, м:

$$h_z = \frac{G_K}{C_\emptyset}$$

Жорсткість шини, Н/м:

$$\tilde{N}_\emptyset \approx \pi \cdot k \cdot (P_w + P_0) \cdot \sqrt{D_{CP} \cdot b_y}$$

Поздовжній радіус прохідності, м:

$$R_f = 0,5 \cdot \hat{A} + \sqrt{0,25 \cdot \hat{A}^2 + \hat{f}^2}$$

$$\text{де } \hat{A} = \frac{0,25 \cdot L^2 + h_H^2 - C^2 - 2 \cdot r_K \cdot h_H}{2 \cdot h_H}$$

$$H = \frac{C^2 \cdot (h_H - r_K)}{2 \cdot h_H}$$

Поперечний радіус прохідності, м:

$$R_{III} = \frac{\hat{A}_{Af}^2 + 4 \cdot h_H^2}{8 \cdot h_H}$$

Висота вертикальної стінки, м, подоланої:

- ведучими колесами

$$h_c = r_c \cdot \left[1 - \frac{1 - \frac{h_z}{r_c}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_x + \varphi \cdot P_x}{P_z - \varphi \cdot P_z} \right)^2}} \right]$$

- веденими колесами

$$h_c = r_c \cdot \left[1 - \frac{1 - \frac{h_z}{r_c}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_x}{P_z} \right)^2}} \right]$$

Ширина рову, подолана колесом, м:

$$B_p = 2 \cdot \sqrt{D_{CT} \cdot h_p - h_p^2}$$

або

$$B_p = \left(\frac{\gamma \cdot \varphi}{\sqrt{1 + \gamma^2 \cdot \varphi^2}} \right) \cdot D_{CT}$$

де $\gamma = \frac{G_2}{G_1}$ - для веденого колеса;

$\gamma = 1$ - для ведучого колеса.

Середній тиск колеса на ґрунт, Н/м²:

- у плямі контакту

$$P_K = \frac{R_z}{F_K}$$

- по виступах малюнка протектора

$$P_{iD} = \frac{R_z}{F_{iD}}$$

Коефіцієнт насиченості протектора

$$k_H = \frac{F_{iD}}{F_{\hat{E}}}$$

Узагальнений коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою:

-при заблокованому диференціалі

$$\varphi_{i\acute{a}} = \frac{\varphi_{\min} + \varphi_{\max}}{2}$$

-при шестеренчастому незаблокованому диференціалі

$$\varphi_{i\acute{a}} = \varphi_{\min}$$

- при диференціалі підвищеного внутрішнього тертя

$$\varphi_{i\dot{a}} = \frac{\varphi_{\min}}{2 \cdot (1 - k_{\ddot{A}})}$$

Потужність, що витрачається на буксування ведучих коліс повнопривідного автомобіля кВт:

$$N_{\dot{a}} = \varphi \cdot R_z \cdot (r_{K1} - r_{K2}) \cdot \omega_K \cdot 10^{-3}$$

Розподіл диференціалом крутних моментів між не буксуючим і буксуючим колесами, Н·м:

$$M_H = 0,5 \cdot (M + M_{\dot{O}D\ddot{A}})$$

$$M_H = 0,5 \cdot (M - M_{\dot{O}D\ddot{A}})$$

де М - крутний момент на ведучій шестерні, Н·м;

$M_{\text{трд}}$ - момент тертя в диференціалі, Н·м.

Максимальна сумарна сила тяги на двох ведучих колесах, Н:

$$P_{TMAX} = 2 \cdot P_{\dot{n}\ddot{o}\min} + \frac{M_{\dot{O}D\ddot{A}}}{r_K}$$

де $P_{\text{сц min}}$ - сила тяги на колесах з меншим зчепленням, Н.

Максимальна сила тяги на ведучих колесах при дії самоблокуючого диференціалу, Н:

$$P_{T\max} = \varphi_{\max} \cdot \frac{P_T}{2}$$

Практичний блок

Завдання 1. Знайти поздовжній радіус прохідності, якщо база автомобіля рівна 2,8 м; відстань від нижчої точки, розташованої посередині бази, до поверхні дороги 0,28 м; розмір шин 280-508.

Вирішення завдання. Радіус колеса

$$r_K = 0,5 \cdot d + b_{\varnothing} = 0,508 + 0,28 = 0,534 \text{ м}$$

Радіус подовжньої прохідності:

$$R_{\ddot{f}} = 0,5 \cdot \ddot{A} + \sqrt{0,25 \cdot \ddot{A}^2 + \ddot{f}^2} = 0,5 \cdot 3,106 + \sqrt{0,25 \cdot 3,106^2} = 3,106 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,25 \cdot L^2 + h_H^2 - C^2 - 2 \cdot r_K \cdot h_H}{2 \cdot h_H} = \\ &= \frac{0,25 \cdot 2,8^2 + 0,28^2 - 0^2 - 2 \cdot 0,534 \cdot 0,28}{2 \cdot 0,28} = 3,106 \text{ м} \\ H &= \frac{C^2 \cdot (h_H - r_K)}{2 \cdot h_H} = \frac{0^2 \cdot (0,28 - 0,534)}{2 \cdot 0,28} = 0 \end{aligned}$$

Завдання 2. Відстань від картера ведучого моста вантажного автомобіля до поверхні дороги 0,25 м; колія ведучого моста із здвоєними шинами коліс 1,85 м; розмір шин 280-508. Визначити поперечний радіус прохідності.

Рішення задачі. Радіус поперечної прохідності

$$R_{III} = \frac{B_{BH}^2 + 4 \cdot h_H^2}{8 \cdot h_H} = \frac{1,29^2 + 4 \cdot 0,25^2}{8 \cdot 0,25} = 0,955 \text{ м}$$

де B_{BH} - внутрішня відстань між шинами

$$B_{BH} = B - 2 \cdot b_{\emptyset} = 1,85 - 2 \cdot 0,28 = 1,29 \text{ м}$$

Завдання 3. Габаритна довжина міського автобуса 11,54 м; база 5,92 м; задній занос складає 51,4% бази; відстані найбільш виступаючих точок в передній і задній частинах автобуса від поверхні дороги дорівнюють 0,55 і 0,48 м відповідно. Розрахувати передній і задній кути звісу.

Рішення задачі. Відстань від осі задніх коліс до найбільш виступаючої точки в задній частині автобуса

$$l_2 = L \cdot 0,514 = 5,92 \cdot 0,514 = 3,04 \text{ м}$$

Відстань від осі передніх коліс до найбільш виступаючої точки в передній частині автобуса

$$l_1 = 11,54 - (L + l_2) = 11,54 - 8,96 = 2,58 \text{ м}$$

Кут звісу передніх коліс

$$\gamma_1 = \arctg \frac{0,55}{2,58} = 12^\circ$$

Кут звісу задніх коліс

$$\gamma_2 = \arctg \frac{0,48}{3,04} = 9^\circ$$

Завдання 4. У легкового автомобіля із задніми ведучими колесами, відстань від центру мас до передньої осі 1,29 м; до задньої осі 1,11 м; до опорної поверхні 0,6 м. Визначити максимальний кут підйому, який може подолати автомобіль по зчепленню ведучих коліс, з дорогою, якщо коефіцієнт зчеплення дорівнює 0,7.

Завдання 5. Як треба змінити положення центру мас по довжині, щоб автомобіль з приводом на передні колеса долаючи такий же максимальний підйом, як і автомобіль, дані по якому приведені в завданні 4. База, висота центру мас і коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою передньопривідного і задньопривідного автомобілів однакові.

Завдання 6. Якої висоти перешкоду може подолати передніми веденими колесами автомобіль, якщо штовхаюче зусилля складає 2,2 кН; діаметр колеса 0,89 м; повна вага автомобіля 55,9 кН; вага, що доводиться на задню вісь, 35,0 кН.

Завдання 7. Яку частину від вільного радіусу колеса становить висота стінки, подоланної передніми ведучими колесами легкового автомобіля повною вагою 13,4 кН? На передню, вісь доводиться 50,4% повної ваги; штовхаюча сила 4,0 кН; вільний радіус коліс 0,284 м; коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою 0,7.

Контрольні питання

1. З яких властивостей складається прохідність?
2. Перерахуйте основні види нерівностей, що впливають на прохідність автомобілів.
3. Чим обмежується максимальний кут подоланого підйому?
4. Чи впливає колісна формула на максимальний кут подоланого підйому?
5. Що характеризує величина дорожнього просвіту?
6. Поясніть, чому блокування диференціала забезпечує підвищення прохідності автомобіля?
7. Чому застосування широкопрофільних шин сприяє підвищенню прохідності автомобіля?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ПЛАВНІСТЬ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ

Мета: навчитись теоретично визначати показники плавності ходу автомобіля: кутову частоту коливань; технічну частоту коливань; амплітуду коливань ; найбільше відхилення кузова автомобіля від положення рівноваги; швидкість коливань; прискорення коливань; швидкість наростання прискорень коливань; лінійне переміщення вздовж осей; кутове переміщення навколо осей.

Теоретичний блок

Плавність ходу - це експлуатаційна властивість автомобіля, що характеризує його здатність рухатися в заданому інтервалі швидкостей по дорогах з нерівною поверхнею без значних вібраційних та ударних дій на водія, пасажирів і вантаж, що перевозиться.

Плавність ходу оцінюється за допомогою декількох показників: - період коливань T , с – час, протягом якого кузов автомобіля здійснює повний коливальний рух;

- кутова (циклічна) частота коливань

$$\omega = \frac{1}{T}, \text{ Гц}$$

- технічна частота коливань кіл/хв.

$$n = \frac{60}{T}$$

Амплітуда коливань $z_{\max}$, -найбільше відхилення кузова автомобіля від положення рівноваги.

Швидкість коливань v_k , м/с- похідна переміщення за часом.

Прискорення коливань j , м/с²- друга похідна переміщення за часом; тобто похідна швидкості коливань за часом.

Швидкість наростання прискорень коливань j' , м/с³ – третя похідна переміщень за часом, тобто похідна прискорень коливань за часом.

Лінійне переміщення вздовж осей називають посмикуванням (S_x) гойданням (S_y) і підскакуванням (S_z)

Кутове переміщення навколо осей – погойдуванням α_x галопуванням α_y и вилянням α_z

Статична деформація пружини (прогин) під дією сили тяжіння, м:

$$f_i = \frac{G}{C_i}$$

Переміщення підресованої маси, що коливається, см:

$$Z_K = A_{\max} \cdot \sin \omega \cdot t = A_{\max} \cdot \sin \sqrt{\frac{C_{iD1} + \tilde{N}_{iD2}}{m}} \cdot t$$

Швидкість коливань, см/с:

$$v_k = \frac{dZ}{dt} = A_{\max} \cdot \omega \cdot \cos \omega \cdot t$$

Прискорення коливань, см/с²:

$$j = \frac{d^2 Z}{dt^2} = -A_{\max} \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega \cdot t$$

Швидкість наростання прискорення, см/с³:

$$j' = \frac{d^3 Z}{dt^3} = -A_{\max} \cdot \omega^3 \cdot \cos \omega \cdot t$$

Число коливань(технічна частота), кол/хв:

$$n = \frac{60}{T} = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C_n}{m}} = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{f}} \approx \frac{300}{\sqrt{f}}$$

Сумарний прогин підвіски і шини, м:

$$f_{\tilde{n}\delta i} = \frac{G}{C_{iD}}$$

Приведена жорсткість підвіски і шини, Н/м:

$$\tilde{N}_{iD} = \frac{\tilde{N}_i \cdot \tilde{N}_\emptyset}{\tilde{N}_i + \tilde{N}_\emptyset}$$

Відсутність галопу автомобіля:

$$\frac{\tilde{N}_{i\delta 1}}{\tilde{N}_{i\delta 2}} = \frac{b}{a}$$

$$f_{i\delta 1} = f_{i\delta 2}$$

$$\varepsilon = \frac{\rho_E^2}{a \cdot b} = 1$$

Коефіцієнт підресорених мас

$$\mu = \frac{m - m_H}{m_H}$$

Загальний статичний прогин підвіски (з урахуванням деформації шин), м:

$$f_{\text{іа}} = f_{\text{і}} + f_{\text{ø}} = \frac{m - m_H}{C_{\text{іД1}}} + \frac{m - m_H}{C_{\text{іД2}}}$$

де $f_{\text{і}} = f_{\text{і1}} + f_{\text{і2}}$

Відстань від центру пружності до центру мас, м:

$$X = \frac{C_{\text{і1}} \cdot f_{\text{і1}} \cdot a - C_{\text{і2}} \cdot f_{\text{і2}} \cdot b}{C_{\text{і1}} \cdot f_{\text{і1}} + C_{\text{і2}} \cdot f_{\text{і2}}}$$

якщо $f_{\text{і1}} = f_{\text{і2}}$ то

$$X = \frac{C_{\text{і1}} \cdot a - C_{\text{і2}} \cdot b}{C_{\text{і1}} + C_{\text{і2}}}$$

Підресорна маса передньої частини автомобіля, кг:

$$m_1 = \frac{m_K \cdot \rho_K^2}{a \cdot L}$$

Підресорна маса в центрі мас автомобіля, кг:

$$m_2 = \frac{m_K \cdot \rho_K^2}{b \cdot L}$$

Підресорна маса задньої частини автомобіля, кг:

$$m_3 = m_K \cdot \left(1 - \frac{\rho_K^2}{a \cdot b} \right)$$

Для поліпшення плавності ходу автомобіля необхідно, щоб

$$\frac{\rho_K}{a \cdot b} = 1$$

тобто $m_3 = 0$,

Якщо центр мас збіжиться з центром пружності, то

$$X = \frac{C_{\bar{I}1} \cdot a - C_{\bar{I}2} \cdot b}{C_{\bar{I}1} + C_{\bar{I}2}} = 0$$

Отже

$$C_{\bar{I}1} \cdot \dot{a} = \tilde{N}_{\bar{I}2} \cdot b$$

$$\frac{C_{\bar{I}1}}{\tilde{N}_{\bar{I}2}} = \frac{b}{a}$$

Парціальна частота власних коливань підресорної маси з вантажем:

- автомобіля, що має ресору з підресорником:

$$\omega_{2r}^2 = \frac{2 \cdot (C_p + C_{\bar{II}\bar{A}})}{m_{02} + m_{r2}} = \frac{2 \cdot (C_p + C_{\bar{II}\bar{A}})}{m_{K2}}$$

-автомобіля, що має пружину:

$$\omega_{2r}^2 = \frac{2 \cdot C_{\bar{I}}}{m_{02} + m_{r2}} = \frac{2 \cdot C_{\bar{I}}}{m_{K2}}$$

Статичний прогин підвіски під дією вантажу, м:

- автомобіля, що має ресору з підресорником:

$$\Delta_{\bar{N}\bar{O}\bar{A}} = \frac{g \cdot (m_{02} + \alpha \cdot m_{r2})}{2 \cdot C_p} + \frac{F_{\max} - g \cdot (m_{02} + \alpha \cdot m_{r2})}{2 \cdot (C_p + C_{\bar{II}\bar{A}})}$$

- автомобіля, що має пружину:

$$\Delta_{\bar{N}\bar{O}\bar{A}} = \frac{g \cdot (m_{02} + \alpha \cdot m_{r2})}{2 \cdot C_{\bar{I}}} + \frac{F_{\max} - g \cdot (m_{02} + \alpha \cdot m_{r2})}{2 \cdot \tilde{N}_{\bar{I}}}$$

де $\alpha = 0,5...0,75$

$$F_{\max} = K_{\bar{A}} \cdot g \cdot (m_{02} + m_{\bar{A}2}) = \hat{E}_{\bar{A}} \cdot g \cdot m_{K2}$$

Тут K_d - коефіцієнт динамічності підвіски ($\hat{E}_{\bar{A}} = 1,8...2,2$)

Середнє значення опору амортизатора

$$K_{pc} = \frac{2 \cdot \psi}{\sqrt{C_{II} \cdot m_{02}}}$$

де $\psi = 0,15...0,25$ - коефіцієнт відносного затухання для легкових автомобілів;

$\psi = 0,15...0,25$ - коефіцієнт відносного затухання для вантажних автомобілів.

Практичний блок

Завдання 1. Статичний прогин передньої підвіски автомобіля з повним навантаженням складає 0,25 м. Визначити технічну частоту і період коливань.

Вирішення завдання. Технічна частота коливань

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{f}} = \frac{30}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,81}{0,25}} = 59,9 \text{ кол/хв}$$

Період коливань

$$T = \frac{60}{n} = \frac{60}{59,9} \approx 1,0 \text{ с}$$

Завдання 2. Знайти приведені жорсткості передньої і задньої підвісок вантажного автомобіля. Жорсткості передніх ресор 255 кН/м; задніх ресор 700 кН/м; шин передніх коліс 1262 кН/м; шин задніх коліс 3175 кН/м. На скільки відсотків приведені жорсткості підвісок відрізняються від жорсткості ресор?

Рішення задачі. Приведена жорсткість передньої підвіски

$$C_{пр1} = \frac{C_{п1} \cdot C_{ш1}}{C_{п1} + C_{ш1}} = \frac{255 \cdot 1262}{255 + 1262} = 212 \text{ кН/м}$$

Приведена жорсткість задньої підвіски

$$C_{пр2} = \frac{C_{п2} \cdot C_{ш2}}{C_{п2} + C_{ш2}} = \frac{700 \cdot 3175}{700 + 3175} = 573, \text{ кН/м}$$

Відмінність приведених жорсткостей підвісок від жорсткостей ресор:

- передньої підвіски

$$\frac{C_{п1} \cdot C_{пр1}}{C_{п1}} \cdot 100 = \frac{255 - 212}{255} \cdot 100 = 16,9 \%$$

- задньої підвіски

$$\frac{C_{п2} \cdot C_{пр2}}{C_{п2}} \cdot 100 = \frac{700 - 573,5}{700} \cdot 100 = 18,1 \%$$

Завдання 3. Знайти закон переміщення кузова автомобіля, якщо максимальна амплітуда рівна 6 см, а технічна частота коливань 120 кол/хв.

Рішення задачі. Закон переміщення підресорного кузова автомобіля, що коливається

$$Z_K = A_{\max} \cdot \sin \omega \cdot t = 6 \cdot \sin 4 \cdot \pi \cdot t$$

$$\text{де } \omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} = \frac{\pi \cdot 120}{30} = 4 \cdot \pi$$

Завдання 4. Знайти значення швидкості і прискорення коливань кузова автомобіля за проміжок часу 1,2 с, а також їх максимальні значення. Закон переміщення кузова

$$Z_K = 2 \cdot \sin 4 \cdot \pi \cdot t$$

Завдання 5. Розрахувати приведену жорсткість передньої важільної підвіски легкового автомобіля. Жорсткість однієї пружини підвіски 130 кН/м; відстань від шарніра важеля підвіски до центра колеса 0,53 м, а до центру опори пружини 0,22 м; жорсткість однієї шини переднього колеса 220 кН/м. Пружина встановлена в підвісці вертикально.

Завдання 6. Вантаж масою 1000 кг коливається на підвісці, жорсткість якої 100 кН/м. Початкові умови коливань: переміщення 0,03 м; швидкість 0,05 м/с. Визначити прискорення вантажу в початковий момент; максимальне значення переміщення, швидкості і прискорення вантажу.

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні види коливань корпусу.
2. Які функції виконують амортизатори, направляючі і пружні пристрої підвіски?
3. Що розуміється під підресореною масою автомобіля?
4. У чому полягає згладжуюча здатність шин?
5. У чому відмінність вимушених коливань від власних?
6. Від чого залежить інтенсивність затухання власних коливань корпусу автомобіля?
7. Чому безпружинні маси здійснюють високочастотні коливання?
8. Чи впливає швидкість автомобіля на частоту вимушених коливань?
9. Як змінюється частота вимушених коливань від збільшення довжини нерівностей?
10. Чи впливають коливання автомобіля на опір руху?

РОЗДІЛ II. ТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИРІШЕННЯ

1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ КОЛІСНОГО РУШЯ І ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ АВТОМОБІЛЯ

Задача 1.1. Визначити вільний та статичний радіуси колеса, обладнаного шиною 205/70R15, якщо коефіцієнт нормальної деформації шини 0,84. (Відповідь: 0,334 м)

Задача 1.2. Кінематичні радіуси ведучого та гальмівного коліс 0,15 м та 0,7 м відповідно. Радіус кочення вільного колеса 0,4 м. Знайти коефіцієнти буксування ведучого та ковзання коліс, що гальмує. (Відповідь: 0,625; 0,429.)

Задача 1.3. Вантажний автомобіль рухається зі швидкістю 40 км/год при частоті обертання двигуна валу 2500 об/хв. Радіус кочення коліс у вільному режимі 0,45 м; передавальні числа: коробки передач 1,00 головної передачі 7,15. Визначити коефіцієнт буксування провідних коліс автомобіля. (Відповідь: 0,327.)

Задача 1.4. У вантажного автомобіля підвищеної прохідності передавальні числа агрегатів трансмісії: першого і п'ятого щаблів коробки передач 6,27 і 0,77, нижчого та вищого ступеня роздавальної коробки 1,94 і 1,25, головної передачі 7,95; радіус кочення коліс 0,585 м; мінімальна та максимальна частоти обертання валу двигуна 860 об/хв і 3240 об/хв. Визначити мінімальну та максимальну швидкості руху автомобіля. (Відповідь: 2 км/год; 93,6 км/год)

Задача 1.5. Легкові та вантажні автомобілі рухаються з однаковими швидкостями при включених прямих передачах у коробках передач. Передавальні числа основних передач становлять 3,9 і 8,05; радіуси кочення коліс – 0,31 м та 0,522 м відповідно. У якого автомобіля кутова швидкість колінчастого валу вища і на скільки відсотків? (Відповідь: У вантажного автомобіля вище на 23%.)

Задача 1.6. Легковий автомобіль рухається на підвищувальній передачі з передавальним числом 0,75 зі швидкістю 150 км/год. Передавальне число головної передачі 3,85; розмір шин 195/65R14; Коефіцієнт нормальної деформації шин 0,82. Визначити кутову швидкість колінчастого валу двигуна. (Відповідь: 410 рад/с.)

Задача 1.7. Автобус рухається на першій передачі зі швидкістю 7,5 км/год. при частоті обертання валу двигуна 1750 об/хв. Передавальні числа: коробки передач 6,75 головної передачі 6,91. Визначити радіус кочення провідних коліс. (Відповідь: 0,53 м.)

Задача 1.8. Ведене колесо котиться дорогою з коефіцієнтом опору коченню 0,012. Нормальне навантаження на колесо становить 6 кН; статичний радіус колеса 0,31 м; момент інерції колеса 0,92 кг м². З яким кутовим прискоренням обертатиметься колесо при додатку до його осі сили, що штовхає 180 Н? (Відповідь: 36,4 рад/с².)

Задача 1.9. У скільки разів сила опору коченню колеса на швидкості 160 км/год більша за цю силу на швидкості 90 км/год, якщо коефіцієнт опору коченню визначається залежністю $f = 0,012(1 + 0,00004V^2)$. (Відповідь: У 1,53 рази.)

Задача 1.10. Максимальна потужність двигуна вантажного автомобіля, що розвивається на стенді, дорівнює 130 кВт при частоті обертання колінчастого валу 3300 об/хв. Встановлення його на автомобіль призвело до втрат 11%. При передачі моменту, що крутить, на колеса з кутовим прискоренням обертання колінчастого валу 30 рад/с² коефіцієнт втрат склав 0,001 с²/рад. Момент інерції обертових частин двигуна 0,65 кг м². Передавальні числа агрегатів трансмісії: коробки передач 1,42 головної передачі 6,17. ККД трансмісії 0,88. Визначити величину моменту, що крутить, підведеного до провідних коліс. (Відповідь: 2,352 кН·м.)

2. ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Задача 2.1. Легковий автомобіль масою 1160 кг рухається дорогою з коефіцієнтом опору коченню 0,022. Максимальний крутний момент двигуна 75 Н·м при 2675 об/хв; фактор обтічності автомобіля 0,5 Н·с²/м²; статичний радіус коліс 0,29 м; ККД

трансмисії 0,92. Визначити максимальні кути підйомів, що долаються автомобілем на третій та четвертій передачах, якщо їх передавальні числа 1,40 та 0,96 відповідно, головної передачі 4,125. (Відповідь: $5^{\circ}9'$; $2^{\circ}25'$.)

Задача 2.2. Визначити максимальну швидкість руху сідельного автопоїзда повною масою 32700 кг по дорозі з коефіцієнтом опору коченню 0,02 якщо тягова сила на його провідних колесах 7,91 кН. Коефіцієнт обтічності тягача 0,864, автопоїзди – на 10% більше; площа міделевого перетину автопоїзда 5,2 м²; густина повітря 1,225 кг/м³. (Відповідь: 80 км/год.)

Задача 2.3. Мікроавтобус повною масою 2750 кг, що рухається зі швидкістю 81 км/год дорогою з коефіцієнтом опору 0,021, розвиває тягову силу на провідних колесах 3 кН. Фактор обтічності 1,3 Н·с²/м², коефіцієнт врахування мас, що обертаються, 1,065. Визначити прискорення, з яким може розганятися в заданих умовах. (Відповідь: 0,61 м/с².)

Задача 2.4. Автопоїзд масою 20 т рухається накатом на спуску з постійною швидкістю 36 км/год. при зустрічному вітрі 36 км/год. Коефіцієнт опору повітря 0,75 Н·с²/м⁴; площа міделевого перерізу 6,1 м²; коефіцієнт опору коченню коліс 0,015. Визначити нахил дороги. (Відповідь: 1,7%.)

Задача 2.5. Визначити максимальну швидкість мікроавтобуса масою 2700 кг під час руху дорогою з коефіцієнтом опору 0,021. Стендова потужність двигуна 100 кВт; коефіцієнт корекції стендової характеристики двигуна 0,9; ККД трансмісії 0,91; коефіцієнт опору повітря 0,26 Н·с²/м⁴; лобова площа 4,2 м². (Відповідь: 139 км/год.)

Задача 2.6. Вантажний автопоїзд рухається із швидкістю 72 км/год по дорозі з коефіцієнтом опору 0,014. Двигун розвиває потужність 119 кВт; ККД трансмісії 0,86; фактор обтічності автопоїзда 4,89 Н·с²/м². Визначити масу причепа, якщо маса тягача 14 т. (Відповідь: 9 т.)

Задача 2.7. Легковий автомобіль масою 1650 кг поступово рухається на підйомі зі швидкістю 94 км/год. Двигун розвиває потужність 45 кВт; ККД трансмісії 0,93, фактор обтічності 0,61 Н·с²/м²; коефіцієнт протипротивлення коченню 0,021. Визначити кут підйому. (Відповідь: 3° .)

Задача 2.8. Легковий автомобіль, двигун якого розвиває потужність 102,5 кВт, рухається рівномірно зі швидкістю 140 км/год дорогою з коефіцієнтом опору 0,026. Маса автомобіля 2500 кг; ККД трансмісії 0,92; площа міделевого перерізу 2,25 м²; коефіцієнт обтічності 0,36; густина повітря 1,225 кг/м³. Визначити швидкість вітру та його напрямок (зустрічний чи попутний). (Відповідь: 47 км/год; зустрічна.)

Задача 2.9. Автомобіль масою 1500 кг має на прямій передачі динамічний фактор 0,09 та тягову силу 2 кН. Яким буде динамічний фактор зі збільшенням динамічного радіусу коліс на 10%, якщо режим роботи двигуна не змінюється. (Відповідь: 0,068.)

Задача 2.10. Автомобіль із приводом на передні колеса долає максимальний підйом 16° при коефіцієнті опору коченню 0,055. Сумарна нормальна реакція на провідні колеса складає 50% від повної ваги автомобіля. Який максимальний підйом у цих умовах може подолати автомобіль з усіма провідними колесами та заблокованим міжосьовим диференціалом? (Відповідь: 35°45'.)

3. ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Задача 3.1. Розрахувати контрольні витрати палива передньопривідного легкового автомобіля з бензиновим двигуном і з системою розподіленого упорскування під час руху на вищій передачі коробки з передавальним числом 0,975 по горизонтальній дорозі зі швидкостями 90 і 120 км/год. Повна вага автомобіля 1550 кг; зовнішня швидкісна характеристика двигуна показано на рис. 3.1; втрати при встановленні двигуна на автомобіль не більше 5%; питома витрата палива при максимальній потужності двигуна 245 г/(кВт·год); коефіцієнт обтічності автомобіля 0,31; густина повітря 1,225 кг/м³; площа міделевого (найбільшого поперечного) перерізу 1,9 м²; передатне число головної передачі 3,9; коефіцієнт опору коченню при заданих швидкостях 0,011 та 0,013 відповідно; радіус коліс 0,29 м; ККД трансмісії 0,94; густина палива 0,75 кг/л. (Відповідь: 6,4 л/100 км; 7 л/100 км.)

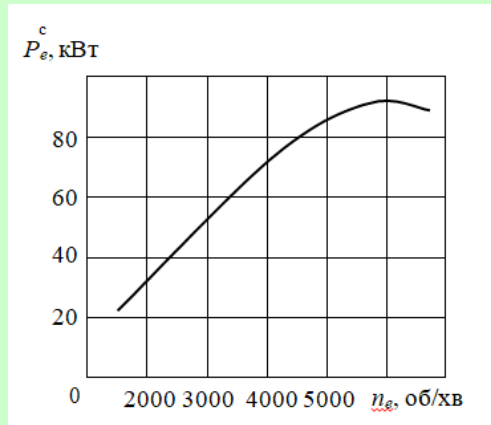


Рис. 3.1. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна з розподіленим упорскуванням

Задача 3.2. Визначити контрольні витрати палива легкового автомобіля з бензиновим двигуном під час руху на прямій передачі коробки передач горизонтальною дорогою зі швидкостями 90 і 120 км/год. Повна вага автомобіля 1350 кг; максимальна стендова потужність двигуна 50 кВт при 5200 об/хв; коефіцієнт корекції швидкісної характеристики двигуна 0,96; коефіцієнти рівняння зовнішньої швидкісної характеристики: $a = 0,8$; $b = 1,4$; $z = 1,2$; питома витрата палива за максимальної потужності двигуна 270 г/(кВт·год); коефіцієнт обтічності автомобіля 0,41; густина повітря 1,225 кг/м³; площа міделевого перерізу 1,8 м²; передатне число головної передачі 3,9; коефіцієнт опору коченню при заданих швидкостях 0,01 та 0,0126; радіус коліс 0,28 м; ККД трансмісії 0,93; густина палива 0,75 кг/л. (Відповідь: 6,4 л/100 км; 7,5 л/100 км.)

Задача 3.3. На рис. 3.2 показані дросельна та зовнішня швидкісна характеристики дизельного двигуна, встановленого на вантажному автомобілі повною масою 5,5 т. Коефіцієнт корекції стендової характеристики двигуна 0,93; густина палива 0,82 кг/л; фактор обтічності автомобіля 2,4 Н·с²/м²; ККД трансмісії 0,905; радіус коліс 0,43 м; передатне число головної передачі 6,5. Визначити шляхову витрату палива під час руху автомобіля на четвертій прямій передачі коробки передач зі швидкістю 40 км/год за коефіцієнтів опору дороги 0,02 та 0,03. (Відь: 10,3 л/100 км; 14,5 л/100 км.)

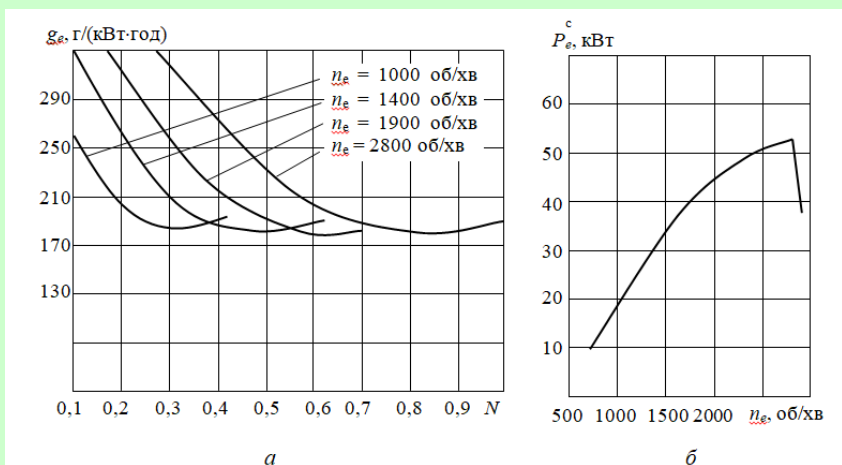


Рис. 3.6 Характеристики дизельного двигуна:

a – дросельна; *б* – зовнішня швидкісна

Задача 3.4. За умовою попередньої задачі знайти, у скільки разів зміниться шляхова витрата палива під час руху автомобіля на третій передачі. Передатне число третьої передачі 1,69. (Відповідь: збільшиться в 1,5 раза; збільшиться в 1,12 раза.)

Задача 3.5. Визначити шляхову витрату палива автобуса, що рушиться дорогою з коефіцієнтом опору 0,021 зі швидкістю 65 км/год. Маса автобуса 9800 кг; фактор обтічності 3,74 Н·с²/м²; ККД трансмісії 0,9; питома витрата дизельного палива за максимальної потужності двигуна 230 г/(кВт·ч); коефіцієнти: $k_E = 0,97$; $k_I = 1,02$; густина палива 0,82 кг/л. (Відповідь: 27,7 л/100 км.)

Задача 3.6. Визначити контрольну витрату палива легкового автомобіля повною масою 1200 кг при швидкості 90 км/год. Максимальна стендова потужність бензинового карбюраторного двигуна 50 кВт при частоті обертання колінчастого валу 5600 об/хв коефіцієнт корекції стендової характеристики двигуна 0,9, питома витрата палива при максимальній потужності двигуна 280 г/(кВт·год); коефіцієнти швидкісної характеристики двигуна: $a = 0,5$; $b = 2$; $z = 1,5$; коефіцієнт обтічності 0,43; густина повітря 1,225 кг/м³; лобова площа 2,1 м²; передавальні числа трансмісії: коробки передач 1,0 головної передачі 4,1; ККД трансмісії 0,92; статичний радіус коліс 0,28 м; коефіцієнт опору коченню 0,014; густина палива 0,75 кг/л. (Відповідь: 6,9 л/100 км.)

Задача 3.7. За умовою Задача 3.1 визначити, на скільки відсотків зміниться шляхова витрата палива легкового автомобіля з причепом масою 300 кг, що рухається зі швидкістю 90 км/год. Чинник обтічності каравану збільшується на 15%. (Відповідь: Збільшиться на 4,7%.)

Задача 3.8. Легковий автомобіль, параметри якого наведені за умови Задача 3.1, під час руху зі швидкістю 90 км/год розганяється з прискоренням $0,4 \text{ м/с}^2$. Коефіцієнт врахування мас, що обертаються 1,045. Витрата палива за показаннями контрольного приладу 8 л/100 км. Визначити, чи правильні показання приладу. (Відповідь: Ні.)

Задача 3.9. Знайти шляхову витрату палива автобуса масою 7900 кг. Швидкість руху 75 км/год; коефіцієнт опору дороги 0,02; фактор обтічності $2,1 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$; ККД трансмісії 0,91; питома витрата бензину при максимальній потужності двигуна $280 \text{ г/(кВт} \cdot \text{год)}$; коефіцієнти: $k_E = 0,98$; $k_I = 1,21$; густина палива $0,75 \text{ кг/л}$. (Відповідь: 33,3 л/100 км.)

4. ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ З ГІДРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Задача 4.1. На рис. 4.1 показано характеристики агрегатів легкового автомобіля великого класу: зовнішня швидкісна характеристика двигуна (рис. 4.1, а) та безрозмірна характеристика гідротрансформатора (рис. 4.1, б). Активний діаметр гідротрансформатора 0,27 м; густина робочої рідини 850 кг/м^3 ; Коефіцієнт корекції стенової характеристики двигуна 0,95. Знайти координати точок спільної роботи системи "двигун - гідротрансформатор" при передатних відносинах 0; 0,45; 0,9. (Відповідь: 2150 об/хв і 420 Нм; 2340 об/хв і 450 Нм; 3870 об/хв і 480 Нм.)

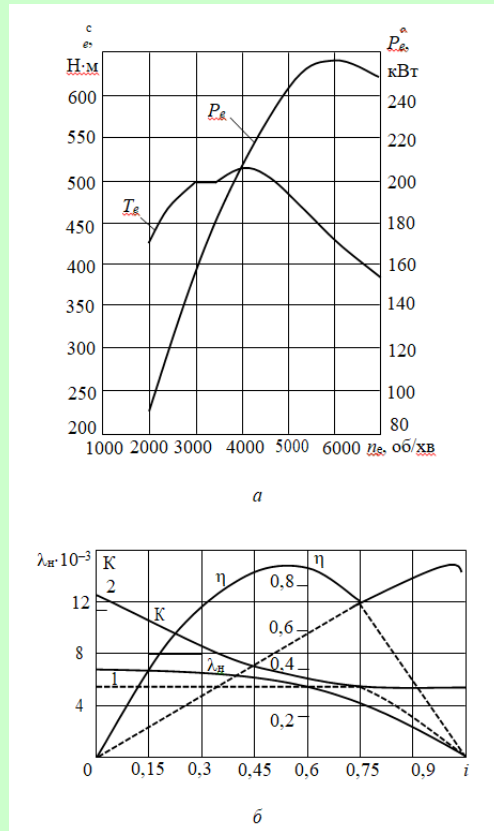


Рис. 4.1. Характеристики:

а – зовнішня швидкісна двигуна; б – безрозмірна гідротрансформатора

Задача 4.2. На рис. 4.2 представлено вихідну характеристику системи «двигун – гідротрансформатор» кар'єрного самоскида. Повна маса самоскида 52 т; фактор обтічності $10 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$; ККД механічної частини трансмісії 0,9; передавальні числа коробки передач 3,84; 2,27; 1,50; 1,055; 0,625; головної передачі 162; радіус коліс 0,75 м; коефіцієнт опору коченню 0,03. Визначити максимальну швидкість та тягову силу на провідних колесах самоскида на п'ятій передачі коробки. У скільки разів тягова сила на цій передачі при русанні з місця більша, ніж при русі з максимальною швидкістю. (Відповідь: 50 км/год; 17,23 кН; у 3,05 рази.)

Задача 4.3. За умовою задачі 4.4 визначити, на яких передачах можливий рух самоскида зі швидкістю 20 км/год та розрахувати величини прискорень, з якими він може розганятися із цієї швидкості. Коефіцієнти врахування мас, що обертаються, на передачах: 2,46; 1,84; 1,41; 1,15; 1,06. (Відповідь: III; IV; V; 0,33 м/с²; 0,38 м/с²; 0,35 м/с².)

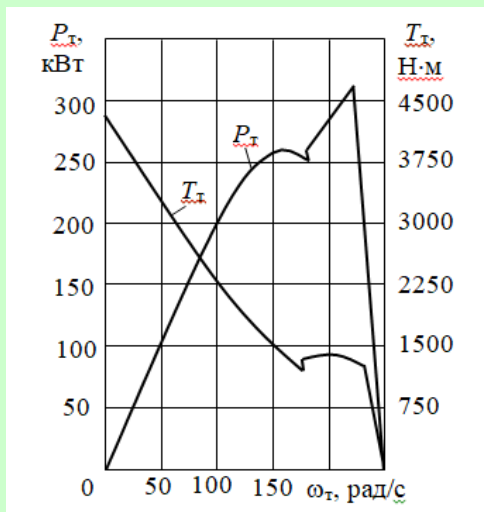


Рис. 4.2. Вихідна характеристика системи «двигун – гідротрансформатор» кар'єрного самоскида

Задача 4.4. За умовою задачі 4.4 знайти ступінь використання потужності двигуна при швидкості 20 км/год на тих передачах коробки, на яких можливий рух з цією швидкістю. (Відповідь: 39,4%; 40,9%; 44,8%.)

Задача 4.5. За умовою Задача 4.4 знайти максимальні кути підйомів, на яких самоскид може рушити з місця на всіх передачах коробки передач. (Відповідь: 37°50'; 20°25'; 12°42'; 8°21'; 4°15')

Задача 4.6. За умовою задачі 4.4 визначити динамічний фактор самоскида під час руху на п'ятій передачі зі швидкістю 50 км/год. У скільки разів зростає його величина при рушанні самоскида з місця на цій передачі. (Відповідь: 0,03; у 3,78 рази.)

Задача 4.7. На рис. 4.3 показаний графік прискорень легкового автомобіля вищого класу із гідромеханічною трансмісією. Визначити час розгону до швидкості 160 км/год. (Відповідь: 43 с.)

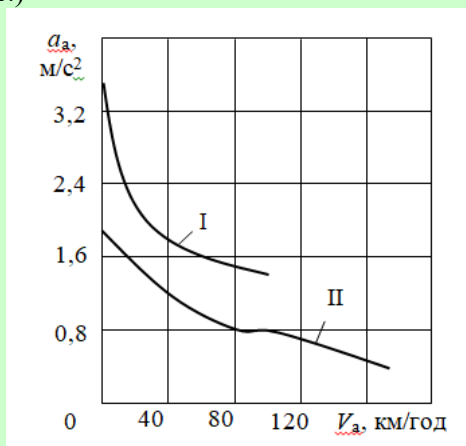


Рис. 4.3. Графік прискорень легкового автомобіля

Задача 4.8. Двигун легкового автомобіля розвиває максимальну стенову потужність 235 кВт при частоті обертання 5000 об/хв і максимальний момент, що крутить, 605 Н·м при 2800 об/хв; Коефіцієнт корекції стенової характеристики двигуна 0,93. Підібрати активний діаметр гідротрансформатора з умови забезпечення на стоповому режимі кутової швидкості обертання валу двигуна, що становить половину від кутової швидкості на режимі максимальної потужності. Коефіцієнт моменту, що крутить, насоса на стоповому режимі $3,08 \cdot 10^{-3}$; густина робочої рідини гідротрансформатора 850 кг/м³. (Відповідь: 0,315 м.)

Задача 4.9. Підібрати передатне число узгоджувального редуктора кар'єрного самоскида при встановленні гідротрансформатора з активним діаметром 0,466 м з таким розрахунком, щоб двигун розвивав крутний момент стеновий 1035 Н·м при частоті обертання валу 1500 об/хв; ККД узгоджувального редуктора 0,96; коефіцієнт корекції стенової характеристики двигуна 0,9; коефіцієнт крутного моменту насоса $1,8 \cdot 10^{-3}$; густина робочої рідини 860 кг/м³. (Відповідь: 0,979.)

5. ГАЛЬМОВІ ВЛАСТИВОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Задача 5.1. Розрахувати поздовжню реакцію опорної поверхні на колесо з радіальною шиною, що працює у гальмівному режимі. Маса автомобіля, що припадає на колесо, 600 кг; гальмівний момент 670 Нм; момент інерції колеса 2,74 кг м²; статичний радіус колеса із радіальною шиною 0,364 м; уповільнення 3 м/с²; коефіцієнт опору коченню 0,012. На скільки відсотків зміниться величина поздовжньої реакції, якщо: а) гальмівний момент збільшиться вдвічі; б) маса, що припадає на колесо, збільшиться у 1,4 рази; в) момент інерції колеса зменшиться вдвічі. (Відповідь: 1852 Н; а) на 99,4%; б) на 1,5%; в) на 1,6%.)

Задача 5.2. До колеса прикладена штовхаюча сила 8150 Н і підводиться гальмівний момент 3835 Нм; статичний радіус колеса із радіальною шиною 0,488 м; момент інерції 14,8 кг м²; коефіцієнт опору коченню 0,013; маса, що припадає на колесо, 3125 кг. Визначити уповільнення, з яким гальмуватиметься колесо. (Відповідь: 1,79 м/с².)

Задача 5.3. Колесо, навантажене нормальною силою 6,5 кН при гальмуванні має кутове уповільнення 18 рад/с². Визначити гальмівний момент, якщо коефіцієнт поздовжнього зчеплення 0,7; коефіцієнт опору коченню 0,02; момент інерції колеса 0,73 кг м²; динамічний радіус колеса 0,285 м. Якою є похибка визначення величини гальмівного моменту, якщо не враховувати момент опору коченню та інерційний момент колеса. (Відповідь: 1273 Нм; 1,9%.)

Задача 5.4. Визначити сумарний гальмівний момент, який створюється колісними гальмівними механізмами, при гальмуванні автомобіля з уповільненням 3,5 м/с² на спуску з кутом 4°. Маса автомобіля 1510 кг; динамічний радіус колеса 0,29 м; коефіцієнт опору коченню 0,021; коефіцієнт врахування обертових мас 1,045. Опір повітря знехтувати. (Відповідь: 1811 Н·м.)

Задача 5.5. При гальмуванні вантажного автомобіля на горизонтальній дорозі зі швидкості 65 км/год уповільнення становило 5 м/с². Враховуючи опір коченню та повітря, визначити сумарний гальмівний момент на колесах автомобіля. Коефіцієнт опору коченню 0,018; фактор обтічності 2,2 Н·с²/м²; динамічний радіус коліс 0,45 м; вага автомобіля 8300 кг; коефіцієнт врахування

обертових мас 1,04. (Відповідь: 18,4 кН·м.)

Задача 5.6. При гальмуванні автомобіля з одночасним вимкненням зчеплення на колесах автомобіля створюється гальмівна сила 5200 Н. Маса автомобіля 1310 кг; фактор обтічності 0,37 Н·с²/м²; сумарний момент інерції всіх коліс 3,2 кг м²; статичний радіус коліс із діагональними шинами 0,252 м; коефіцієнт опору дороги 0,05. Визначити уповільнення автомобіля за швидкості 108 км/год. (Відповідь: 4,54 м/с².)

Задача 5.7. Визначити сумарний гальмівний момент у гальмівних механізмах автопоїзда повною масою 26800 кг при його встановленому русі зі швидкістю 36 км/год на спуску з ухилом 7%, якщо гальмівний момент двигуна 190 Н·м. Коефіцієнт опору коченню 0,015; динамічний радіус коліс 0,48 м; передавальні числа: коробки передач 1,47 головної передачі 7,22; зворотний ККД трансмісії 0,75; фактор обтічності 4,7 Н·с²/м². (Відповідь: 4026 Н·м.)

Задача 5.8. Вантажний автомобіль при русі горизонтальною дорогою на четвертій передачі коробки передач гальмує моторним гальмом-сповільнювачем. Гальмівний момент двигуна апроксимується залежністю $T_{т.д} = 52,5 + 0,096 \cdot n$ Нм. Маса автомобіля 9800 кг; фактор обтічності 3,8 Н·с²/м²; зворотний ККД трансмісії 0,78; передавальні числа: четвертої передачі коробки передач 1,47 головної передачі 6,32; статичний радіус коліс з радіальними шинами 0,476 м. Визначити динамічний гальмівний фактор автомобіля при частотах обертання валу двигуна 3200 об/хв і 1000 об/хв. Знайти ухил спуску, на якому автомобіль може рухатися з швидкістю, що встановилася, при середньому значенні гальмівного динамічного фактора в зазначеному діапазоні частот обертання валу двигуна. Коефіцієнт опору коченню 0,013. (Відповідь: 0,106; 0,04; 8,6%.)

Задача 5.9. За умовою Задача 5.8 визначити середню величину уповільнення автомобіля при гальмуванні моторним гальмом-сповільнювачем. Момент інерції обертових частин двигуна 0,9 кг м²; момент інерції всіх коліс 75,1 кг м²; коефіцієнт опору коченню 0,013. Який момент необхідно створити робочою гальмівною системою для гальмування автомобіля зі швидкістю 40 км/год із уповільненням 3 м/с²? (Відповідь: 0,784 м/с²; 11,345 кН·м.)

Задача 5.10. За умовою задачі 5.8 розрахувати час і шлях гальмування автомобіля за зниження частоти обертання валу двигуна з 3200 об/хв до 1000 об/хв. (Відповідь: 15,7 с; 183 м.)

6. КРИВОЛІНІЙНИЙ РУХ, КЕРОВАНІСТЬ І МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Задача 6.1. Вантажний автомобіль здійснює поворот радіусом 4,5 м по дорозі з коефіцієнтом опору коченню 0,15 та коефіцієнтом зчеплення 0,3. Повна вага автомобіля 6280 кг, у тому числі на задній провідний міст 58,6% повної маси; база 3,77 м; колія задніх коліс 1,77 м; у задньому мосту встановлено міжколесний диференціал підвищеного тертя з коефіцієнтом блокування 0,75. Визначити можливість повороту автомобіля. (Відповідь: Можливий.)

Задача 6.2. Передньопривідний легковий автомобіль рухається дорогою з коефіцієнтом опору коченню 0,05 і коефіцієнтом зчеплення 0,25 з мінімальним радіусом повороту 5 м. Маса автомобіля 1325 кг; база 2,46 м; відстань від центру ваги до задньої осі 1,24 м; відстань між осями повороту керованих коліс 1,4 м. Визначити момент, що повертає, момент опору повороту і можливість повороту автомобіля. (Відповідь: 2246 Н·м; 450 Н·м; можливий.)

Задача 6.3. Розрахувати коефіцієнт опору відведення колеса з шиною $1300 \times 530 - 583$ при внутрішньому тиску повітря у шині 0,4 МПа. На скільки відсотків зміниться коефіцієнт опору відведення колеса зі збільшенням на 20%: а) ширини профілю шини; б) діаметра обода шини; в) тиску повітря у шині? (Відповідь: 331 кН/рад; а) збільшиться на 35,3%; б) збільшиться на 6,9%; в) збільшиться на 16%.)

Задача 6.4. Легковий неповнопривідний автомобіль із задніми провідними колесами рухається на підйомі з ухилом 30%. Маса автомобіля, що припадають на передню та задню осі, 885 кг та 965 кг відповідно; тиск повітря в шинах передніх та задніх коліс 0,2 МПа; база 2,8 м; висота центру мас 0,62 м; шини 205/70R14; коефіцієнт зчеплення 0,7; максимальний кут «чистого» відведення колеса $1^\circ 30'$; максимальний кут відведення 10° . Розрахувати коефіцієнт опору відведення задньої осі: а) без урахування впливу

на коефіцієнт опору відведення зміни нормальних реакцій, дії поздовжніх реакцій та нелінійної залежності між кутом відведення та бічною силою; б) з урахуванням впливу названих чинників. У скільки разів коефіцієнт опору відведення у разі а) більший, ніж у випадку б)? (Відповідь: а) 71,6 кН/рад; б) 21 кН/рад; у 3,4 рази.)

Задача 6.5. За умовою задачі 6.4 розрахувати коефіцієнт опору відведення передньої осі для випадків а) та б). (Відповідь: а) 71,6 кН/рад; б) 27 кН/рад.)

Задача 6.6. У вантажного автомобіля база 2,9 м; відстань між осями шворнів поворотних цапф 1,7 м; мінімальний радіус повороту 5,5 м. Визначити максимальні кути повороту передніх керованих коліс без урахування осів автомобіля. (Відповідь: $31^{\circ}48'$; $44^{\circ}19'$.)

Задача 6.7. На скільки відсотків зміниться кут повороту внутрішнього керованого колеса автомобіля, параметри якого наведено у задачі 6.6, з урахуванням виведення його осей? Маса автомобіля 3500 кг; відстань від центру мас до передньої осі 1906 м; коефіцієнти опору відведення передньої та задньої осей 60,4 кН/рад і 84,5 кН/рад відповідно; швидкість руху 18 км/год. (Відповідь: Зменшиться на 7,8%.)

Задача 6.8. Відстань від поздовжньої осі автобуса до центру повороту 16 м; база 4345 м; радіус повороту слідом переднього зовнішнього колеса 17,6 м; передавальне число кермового правління 23,55. Знайти кути повороту керованих коліс та кермового колеса. (Відповідь: $14^{\circ}18'$; $16^{\circ}13'$; 360° .)

Задача 6.9. Легковий автомобіль рухається зі швидкістю 72 км/год кола радіусом 150 м. Маса автомобіля 1550 кг; база 2,5 м; відстань від центру мас до задньої осі 1,2 м; коефіцієнти опору відведення передньої та задньої осей 60 кН/рад і 70 кН/рад відповідно; передавальне число кермового керування 17. Визначити кут повороту кермового колеса та кутову швидкість повороту автомобіля. (Відповідь: $18^{\circ}30'$; 0,133 рад/с.)

Задача 6.10. Автобус рухається круговою траєкторією радіусом 60 м зі швидкістю 75 км/год. Маса автобуса з пасажирями 13,4 т; база 4,37 м; відстань від центру ваги до передньої осі 3,03 м; коефіцієнти опору відведення передньої та задньої осей 364 кН/рад і 596 кН/рад відповідно. Визначити середній кут повороту керованих коліс. На скільки відсотків зміниться цей кут автобуса без пасажирів, маса якого 8,6 т і відстань від центру мас до

передньої осі 3,18 м. (Відповідь: $2^{\circ}33'$; збільшиться на 5,4%.)

7. СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Задача 7.1. Маса легкового автомобіля 1127 кг; відстані від центру мас до передньої та задньої осей 1,13 м та 1,19 м відповідно; коефіцієнт опору відведення передньої осі 45,2 кН/рад. Підбрати коефіцієнт опору відведення задньої осі з таким розрахунком, щоб критична швидкість курсової та траєкторної стійкості була більшою максимальної, що дорівнює 145 км/год. (Відповідь: Більше 38,6 кН/рад.)

Задача 7.2. У легкового автомобіля повною вагою 1850 кг база 2,8 м; відстань від центру ваги до передньої осі 1,46 м; коефіцієнти опору відведення шин передніх і задніх коліс 46 кН/рад і 33 кН/рад відповідно. Визначити критичну швидкість за курсовою та траєкторною стійкістю автомобіля. (Відповідь: 270 км/год.)

Задача 7.3. Автобус рухається при постійному куті повороту кермового колеса 70° зі швидкістю 40 км/год по колу радіусом 68 м та зі швидкістю 80 км/год по колу радіусом 29 м; передавальне число кермового управління 23,5. Визначити критичну за виведенням швидкість автомобіля. (Відповідь: 100 км/год.)

Задача 7.4. Маса двовісного повнопривідного вантажного автомобіля 5770 кг; база 3,3 м; відстань від центру мас до осі задніх коліс 1,55 м; шини 12.00 – 18; тиск повітря у шинах 0,3 МПа. Знайти критичну швидкість за курсовою та траєкторною стійкістю автомобіля. (Відповідь: 155 км/год.)

Задача 7.5. Використовуючи умову задачі 7.4, визначити, яким чином треба змінити тиск повітря в шинах, щоб збільшити критичну швидкість курсової та траєкторної стійкості на 15%. (Відповідь: Збільшити на 0,13 МПа.)

Задача 7.6. У легкового автомобіля на передню та задню осі припадає 670 кг та 775 кг відповідно; база 2,4 м. При бічному прискоренні $0,1 g$ кут відведення задньої осі $0,6^{\circ}$. Розрахувати величину коефіцієнта опору відведення передньої осі, при якій запас курсової стійкості автомобіля має позитивне значення. (Відповідь: Менше 62,5 кН/рад.)

Задача 7.7. У вантажного автомобіля колія 1,82 м; висота центру мас 1,2 м; коефіцієнт поперечного зчеплення 0,7. Визначити можливість прямолінійного руху автомобіля на косогорі з кутом 30° без бокового перекидання та бокового ковзання. (Відповідь: Можливо; можливо.)

Задача 7.8. Вантажний автомобіль рухається прямолінійно на косогорі. Колія автомобіля 2,1 м; висота центру мас 1,5 м. Визначити критичний кут косогора з бокового перекидання. На скільки метрів слід змінити колію та висоту центру мас автомобіля окремо, щоб забезпечити можливість його стійкого руху на косогорі з кутом 40° . (Відповідь: $38^\circ 56'$; збільшити на 0,42 м; зменшити на 0,25 м.)

Задача 7.9. Автобус, що має колію 1,8 м та висоту центру мас 1,3 м, рухається прямолінійно на косогорі. Коефіцієнт поперечного зчеплення коліс із опорною поверхнею 0,7. Визначити можливість руху автобуса на косогорі з кутом 30° без бокового перекидання та бокового ковзання. (Відповідь: Можливо; можливо.)

Задача 7.10. Легковий автомобіль із пасажирами рухається прямолінійно на косогорі. Колія автомобіля 1,43 м; висота центру мас 0,715 м. Визначити критичний кут косогора з бокового перекидання. У скільки разів збільшиться цей кут під час руху автомобіля без пасажирів, коли висота центру мас зменшиться на 20%. (Відповідь: 45° ; в 1,14 рази.)

8. ПЛАВНІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Задача 8.1. На рис. 8.1 наведено пружну характеристику підвіски легкового автомобіля. Статичне навантаження на підвіску для автомобіля без пасажирів та з пасажирами 3,9 кН та 4,78 кН відповідно. Визначити для автомобіля без пасажирів та з пасажирами умовний статичний прогин, жорсткість, хід стиснення, хід відбою та коефіцієнт динамічності підвіски. (Відповідь: Без пасажирів 14,2 см; 27,5 кН/м; 9,4 см; 6,7 см; 2,05; з пасажирами 20,3 см; 23,5 кН/м; 6,1 см; 10 см; 1,67.)

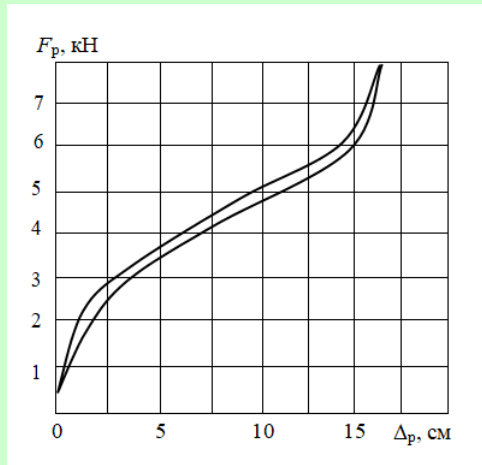


Рис. 8.1. Пружна характеристика підвіски легкового автомобіля

Задача 8.2. Автомобіль переїжджає поодинокую нерівність довжиною 2 м і висотою 10 см зі швидкістю 36 км/год. Визначити висоту та швидкість крутикального переміщення точки контакту колеса з нерівністю на відстані 0,2 м від початку нерівності та розрахувати, у скільки разів зміняться ці параметри, коли точка контакту відійде від початку нерівності на 0,6 м. (Відповідь: 0,96 см; 0 ,92 см/с;

Задача 8.3. Автомобіль рухається ділянкою дороги з нерівностями, що періодично чергуються, довжиною 1 м зі швидкістю 36 км/год. Визначити циклічну частоту, колійну частоту, частоту впливу нерівностей на автомобіль та час переїзду однієї нерівності та оцінити, у скільки разів зміняться ці показники, якщо довжина нерівності збільшиться, а швидкість зменшиться вдвічі. (Відповідь: 1 Гц; 6,28 рад/с; 62,8 рад/с; 0,1 с; зменшиться у 2 рази; зменшиться у 2 рази; зменшиться у 4 рази; збільшиться у 4 рази.)

Задача 8.4. У вантажного автомобіля жорсткість передніх ресор 460 кН/м, жорсткість задніх основних та додаткових ресор 750 кН/м та 322 кН/м відповідно; жорсткість шин передніх та задніх коліс 1200 кН/м та 1340 кН/м відповідно. Визначити наведені жорсткості передньої та задньої підвісок під час руху автомобіля без вантажу та з повним навантаженням та

розрахувати, на скільки відсотків відрізняються наведені жорсткості передньої та задньої підвісок від жорсткості ресор. (Відповідь: 333 кН/м; 481кН/м та 596 кН/м; на 28%; на 36%; на 44%.)

Задача 8.5. Передня незалежна підвіска легкового автомобіля має напрямний пристрій на двох поперечних важелях і пружний елемент - кручена циліндрична пружина, що спирається на нижній важіль підвіски. Жорсткість однієї пружини підвіски 136 кН/м; відстані від шарніра нижнього важеля підвіски до центру контакту колеса з опорною поверхнею та до центру опори пружини 42 см та 17 см відповідно; твердість однієї шини переднього колеса 206 кН/м. Пружина встановлена у підвісці вертикально. Визначити наведену жорсткість передньої підвіски. (Відповідь: 40,2 кН/м.)

Задача 8.6. У легкового автомобіля підресорна маса, що припадає на задню вісь, 338 кг; жорсткість задньої підвіски 36 кН/м; твердість шин задніх коліс 380 кН/м. У початковий момент часу підресорена маса піднята нагору на 0,03 м і відпущена з початковою швидкістю 0,05 м/с. Визначити вертикальні переміщення, швидкість, прискорення маси через 0,3 з початку її коливань. (Відповідь: $-0,0285$ м; $0,104$ м/с; $-2,77$ м/с²)

Задача 8.7. Вантажний автомобіль має наступні конструктивні параметри задньої підвіски: підресорена маса в спорядженому стані і при повному навантаженні 1,23 т і 6 т відповідно; жорсткість основних та додаткових ресор 714 кН/м та 157 кН/м, шин 3236 кН/м. Визначити відношення частот власних коливань підресореної маси автомобіля у спорядженому стані та при повному навантаженні. (Відповідь: 2.)

Задача 8.8. У міського автобуса підресорена маса, що припадає на передню вісь, під час руху без пасажирів та з пасажирями 3,12 т та 4,44 т відповідно; жорсткість передньої підвіски та шин передніх коліс 297 кН/м та 2670 кН/м відповідно. Визначити, на скільки відсотків відрізняються максимальні прискорення підресореної маси автобуса при русі без пасажирів і з пасажирями, і розрахувати жорсткість передньої підвіски при русі без пасажирів, при якій частота власних коливань підресорної маси дорівнюватиме частоті власних коливань при русі з пасажирями. (Відповідь: На 30%; 202 кН/рад.)

Задача 8.9. Статичні прогини передньої та задньої підвісок легкового автомобіля при русі з пасажирами 14,8 см та 12,5 см відповідно; при русі без пасажирів 12,0 см та 8,2 см відповідно. Визначити відносини частот власних коливань підресорених мас, що припадають на передню та задню підвіски, під час руху з пасажирами та без пасажирів. (Відповідь: 1,11; 1,24.)

Задача 8.10. Підресорені маси, що припадають на передню та задню осі легкового автомобіля, 425 кг та 555 кг відповідно; база 2,16 м; жорсткості передньої та задньої підвісок 33 кН/м та 40 кН/м відповідно; жорсткості шин передніх та задніх коліс 138 кН/м та 157 кН/м відповідно; радіус інерції підресореної маси щодо поперечної осі 0,95 м. Визначити низьку та високу власні частоти коливань підресореної маси автомобіля. (Відповідь: 7,70 рад/с; 8,78 рад/с.)

9. ПРОХОДНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Задача 9.1. У вантажного двовісного автомобіля підвищеної прохідності база 3,3 м; відстані від нижньої точки, розташованої між осями, до задньої осі 1,15 м, поверхні дороги 0,53 м відповідно; зовнішній діаметр шин 1,084 м. Визначити поздовжній радіус прохідності. (Відповідь: 2,06 м.)

Задача 9.2. Визначити поздовжній радіус прохідності легкового автомобіля, у якого база 2,7 м, а відстань від поверхні дороги до нижньої точки автомобіля, що знаходиться в середині бази, 0,24 м. (Відповідь: 3,92 м.)

Задача 9.3. У провідного мосту вантажного автомобіля відстань від нижньої точки картера до поверхні дороги 0,27 м; колія провідного мосту зі здвоєними шинами коліс 1,9 м; розмір шин 275R17,5. Визначити поперечний радіус прохідності. (Відповідь: 0,98 м.)

Задача 9.4. Довжина передньої звиси автобуса 1,85 м; база 5,5 м; заднє звисання становить 49% від бази. Кути звису, згідно з паспортними даними, спереду 7° , ззаду $5,5^\circ$. Оцінити можливість автобуса подолати бордюр заввишки 250 мм переднім та заднім ходом. (Відповідь: Не подолає; подолає.)

Задача 9.5. Габаритна довжина вантажного автомобіля 9,1 м; база 5,2 м; заднє звисання становить 48% від бази. Відстань від поверхні дороги до крайньої точки контуру передньої виступаючої частини по довжині автомобіля становить 0,86 м, відстань до аналогічної точки контуру задньої виступаючої частини 0,65 м. Розрахувати кути переднього та заднього звисів. (Відповідь: $31^{\circ}29'$; $14^{\circ}36'$.)

Задача 9.6. Автомобіль з колісною формулою 4x2 долає передніми колесами прямокутний бордюру. Яка максимальна висота цієї перешкоди, якщо сила, що штовхає, з боку задніх провідних коліс 25 кН; зовнішній діаметр коліс 0,96 м; радіальна деформація шин на кромці бордюру 24 мм; повна вага автомобіля 6200 кг, на задню вісь припадає 3500 кг. (Відповідь: 0,148 м.)

Задача 9.7. За якого мінімального значення коефіцієнта поздовжнього зчеплення автомобіль з колісною формулою 6x4 може в'їхати передніми веденими колесами на прямокутну перешкоду заввишки 300 мм? Вільний радіус коліс 0,54 м; радіальна деформація шин на кромці перешкоди становить 0,1 від цього радіусу; вага, що припадає на провідні колеса, 125 кН; повна вага автомобіля 185 кН. (Відповідь: 0,845.)

Задача 9.8. У передньопривідного легкового автомобіля на передні колеса припадає 55% його повної ваги. Яку частину від вільного радіусу коліс становить висота прямокутного уступу, що долається провідними колесами? Коефіцієнт поздовжнього зчеплення на кромці уступу 0,95; радіальна деформація шин на кромці уступу становить 11% їх вільного радіуса; коефіцієнт опору коченню задніх коліс 0,012. Як вплине результат облік реактивного моменту із боку провідних коліс? Зовнішній діаметр коліс 0,58 м; база автомобіля 2,6 м. (Відповідь: 0,35; більше на 0,9%.)

Задача 9.9. Повнопривідний вантажний автомобіль з колісною формулою 4x4 і базою 3,8 м змушений переїхати бетонний блок прямокутної форми, що лежить на дорозі. Коефіцієнти поздовжнього зчеплення коліс з ребром блоку 0,84 з поверхнею дороги 0,7; коефіцієнт опору коченню 0,012. Радіальна деформація шин на ребре блоку 0,1 від вільного радіусу коліс, що дорівнює 0,5 м. Статичний розподіл маси автомобіля по осях 56:44. Визначити максимальну висоту перешкоди, що долається автомобілем, для двох розрахункових випадків: а) без урахування

реактивних моментів з боку провідних осей; б) з урахуванням цих реактивних моментів. (Відповідь: а) 0,335 м; 0,431 м; б) 0,415 м; 0,347 м)

Задача 9.10. При якому розподілі повної маси автомобіля по осях передні провідні колеса двовісного автомобіля можуть в'їхати на вертикальну стінку, висота якої перевершує радіус коліс. Коефіцієнти поздовжнього зчеплення з кромкою стінки та з дорогою 0,8; коефіцієнт опору коченню 0,01. (Відповідь: 39: 61.)

10. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ

Задача 10.1. Розрахувати повну масу вантажного автомобіля вантажопідйомністю 3,5 т, що має тримісну кабінку. Коефіцієнт спорядженої маси 0,7; маса члена екіпажу 75 кг; маса багажу на одного члена екіпажу – 5 кг. (Відповідь: 6358 кг.)

Задача 10.2. Визначити повну масу міського автобуса місткістю 110 осіб. Показник спорядженої маси 85 кг/пас.; маса пасажирів – 68 кг; маса багажу одного пасажирів – 5 кг. Маса членів екіпажу включена в споряджену масу. (Відповідь: 17380 кг.)

Задача 10.3. Чому дорівнює повна маса легкового автомобіля, якщо маса неспорядженого автомобіля 970 кг; маса спорядження 90 кг; маса заправки складає 5% маси неспорядженого автомобіля; середню масу людини прийняти рівною 80 кг; маса багажу одного пасажирів 10 кг. (Відповідь: 1549 кг.)

Задача 10.4. Повна вага легкового автомобіля 1570 кг; максимальна швидкість 175 км/год; коефіцієнт обтічності 0,38; густина повітря 1,22 кг/м³; габаритна ширина 1,7 м, висота 1,48 м; коефіцієнт повноти поперечного перерізу 0,78; ККД трансмісії 0,93; коефіцієнт опору коченню при максимальній швидкості руху 0,021; відношення кутових швидкостей валу двигуна при максимальній швидкості та максимальній потужності 1,07; коефіцієнти швидкісної характеристики двигуна: $a = 0,4$; $b = 2,2$; $c = 1,6$. Знайти дійсну максимальну потужність двигуна. (Відповідь: 74 кВт.)

Задача 10.5. Визначити максимальну потужність бензинового двигуна автобуса повною масою 2710 кг, який розвиває максимальну швидкість 130 км/год під час руху дорогою з коефіцієнтом опору 0,018. Коефіцієнт обтічності 0,7; густина повітря 1,225 кг/м³; площа міделевого перетину 3 м²; ККД трансмісії 0,91; коефіцієнти швидкісної характеристики двигуна: $a = 0,31$; $b = 2,38$; $z = 1,69$; відношення кутових швидкостей валу двигуна при максимальній швидкості та максимальній потужності 1,05. (Відповідь: 86,1 кВт.)

Задача 10.6. Визначити максимальну стенову потужність двигуна автобуса повною масою 12 т, що має максимальну швидкість 100 км/год. при коефіцієнті опору дороги 0,02. Коефіцієнт опоруповітря 0,7 Н·с²/м⁴; площа міделевого перерізу 5,7 м²; ККД трансмісії 0,89; коефіцієнт корекції стенової характеристики двигуна 0,95; коефіцієнти швидкісної характеристики двигуна: $a = 0,55$; $b = 1,9$; $z = 1,45$; відношення кутових швидкостей колінчастого валу при максимальній швидкості і максимальній потужності дорівнює 0,85. (Відповідь: 188 кВт.)

Задача 10.7. Вантажний автомобіль повинен мати максимальний динамічний фактор прямої передачі 0,045 при швидкості 60 км/год; повна вага автомобіля 7400 кг; максимальна швидкість обмежувача 90 км/год; коефіцієнт опору повітря 0,55 Н·с²/м⁴; площа міделевого перерізу 3,8 м²; ККД трансмісії на прямій передачі 0,91; коефіцієнт корекції стенової характеристики двигуна 0,9; відношення кутових швидкостей валу двигуна при максимальній швидкості та максимальній потужності 0,9. Визначити стенову потужність двигуна за обмежувачем. Дизельний двигун має коефіцієнти швидкісної характеристики: $a = 0,44$; $b = 2,12$; $z = 1,56$. (Відповідь: 110,7 кВт.)

Задача 10.8. Легковий автомобіль розвиває максимальну швидкість 200 км/год; частота обертання колінчастого валу двигуна при максимальній потужності 5300 об/хв; шини 195/65R14; Коефіцієнт нормальної деформації шин 0,83. Знайти передатне число головної передачі, якщо відношення кутових швидкостей валу двигуна при максимальній швидкості та максимальній потужності дорівнює 1,05. Вища передача пряма. (Відповідь: 3,08.)

Задача 10.9. Двигун легкового автомобіля розвиває максимальну стендову потужність 112 кВт при частоті обертання колінчастого валу 5200 об/хв. Повна вага автомобіля 1440 кг; фактор обтічності $0,45 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$; ККД трансмісії 0,92; коефіцієнт корекції стендової характеристики двигуна 0,95; радіус кочення коліс 0,303 м. Підібрати передавальне число головної передачі з таким розрахунком, щоб під час руху по дорозі з коефіцієнтом опору 0,025 на передачі з передавальним числом 1,03 автомобіль рухався з максимальною швидкістю при роботі двигуна на режимі максимальної потужності. (Відповідь: 2,87.)

ЦІКАВІ ЗАДАЧІ З ТЕОРІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

1. Скільки води можна закип'ятити, якщо використати енергію, яка вивільняється при зупинці автомобіля масою 40 т, що рухається зі швидкістю 100 км/год.
2. Який з автомобілів, передньопривідний чи задньопривідний, краще поводить себе при заносі в бік. Але занос без повороту рульового колеса, наприклад від наїзду на випуклість. (Чому)
3. Чому трава проростає через асфальт? (Відповідь обґрунтуйте)
4. Що таке 1 кінська сила?
5. Що означають цифри, нанесені на дорожніх знаках "крутий підйом" та "крутий спуск".
6. Для чого велосипед чи мотоцикл при повороті нахиляють в сторону повороту.
7. Чому колеса залізничних составів мають форму зрізаного конуса?
8. Розрахувати теоретично можливі швидкості руху автомобіля "ЗАЗ Sens" на кожній із швидкостей при 1000 та 6000 об/хв. колінчастого валу. Передаточні числа коробки передач: 1-ша – 3,45; 2-га – 2,06; 3-тя – 1,33; 4-та – 0,97; 5-та – 0,83. Головної передачі – 4,13. Гума 175/70 R13.
9. За даними попередньої задачі розрахувати кількість обертів колінчастого валу двигуна автомобіля "ЗАЗ Sens" при його русі зі швидкістю 150 км/год. (Якими будуть оберти двигуна при русі автомобіля з даною швидкістю на 4-й передачі?)
10. Розрахувати максимальну кількість обертів двигуна автомобіля ВАЗ 2106 (хід поршня 80 мм) якщо швидкість горіння бензину А-92 – 30 м/с.
11. Скільки снігу розтопить автомобіль масою 1т на шляху 150 км, якщо коефіцієнт опору руху 0,1. При розрахунках прийняти, що вся енергія, затрачена на подолання сили опору коченню переходить в нагрівання шин. (Питома теплота плавлення снігу 330 кДж/кг)

12. Визначити похибку спідометра автомобіля при заміні гуми 175/60 R13 на 185 R13. (З якою швидкістю за спідометром, без порушення правил дорожнього руху, повинен їхати водій?)
13. За висновками попередньої задачі сформулюйте за замовчуванням нижчу швидкість руху автомобіля по одометру.
14. Водій їде зі швидкістю 100 км/год і помічає на відстані 150 метрів перешкоду. Що краще – загальмувати чи повернути? (Чому радіуси кривизни повороту дорожнього полотна становлять мінімум 150 метрів? Інакше встановлюється знак "Крутий Поворот")
15. На скільки зміняться прокази одометра автомобіля при зносі протектора коліс автомобіля на 4 мм на шляху 300 км. Маркування шин 175/70 R13.
16. На скільки Чернігів віддаляється від Києва, якщо на дорозі ожеледиця з коефіцієнтом проковзування 0,02.
17. Розрахувати Ω мідного кабеля для "прикурювання" від джерела електроенергії іншого автомобіля, якщо струм розряду становить 200 А, а максимальна густина струму 10 А/мм^2 .
18. Розрахувати силу притискання гальмівних колодок до барабана автомобіля КамАЗ, у якого тиск пневматичної системи 5 атм., а діаметр гальмівної камери 300 мм.
19. На якому автомобілі, задньопривідному чи передньопривідному легше рушити з місця з пробуксовуванням коліс? Відповідь обґрунтувати.
20. Яку відстань може проїхати автомобіль масою 1 тонна на 1 літрі бензину, якщо питома теплота згоряння $q = 47300 \text{ кДж/кг}$, а коефіцієнт опору дороги $f = 0,02$. При розрахунках прийняти ккд двигуна 100%, опір повітря $= 0$, дорога рівна, автомобіль рухається поступально.
21. Яка витрата палива в автомобіля при русі на 3-й передачі. Автомобіль Volkswagen Caddy. Передаточні числа КПП 3,78; 2,06; 1,35; 0,97; 0,77. Головної передачі – 4,36. Гума 195/65 R15.

ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ

G_o – власна вага автомобіля, H ;
 $G_{оп}$ – власна вага причепа, H ;
 G_a – повна вага автомобіля, H ;
 $G_{п}$ – повна вага причепа, H ;
 G_H – номінальна вантажопідйомність автомобіля, H ;
 K_r – коефіцієнт використання вантажопідйомності, H ;
 $G_{пас}$ – пасажиромісткість, люд. H ;
 $K_{пас}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості, H ;
 G_1 – вага, що доводиться на передню вісь автомобіля, H ;
 G_2 – вага, що доводиться на задню вісь автомобіля, H ;
 G_3 – вага, що доводиться на передню вісь причепа, H ;
 G_4 – вага, що доводиться на задню вісь причепа, H ;
 m_a – маса автомобіля, $кг$;
 m_1 – маса доводиться на передню вісь автомобіля, $кг$;
 m_2 – маса що доводиться на задню вісь автомобіля, $кг$;
 m_3 – маса що доводиться на передню вісь причепа, $кг$;
 m_4 – маса що доводиться на задню вісь причепа, $кг$;
 L – поздовжня база автомобіля, $м$;
 B_a – ширина колії автомобіля, $м$;
 B_{BH} – ширина колії автомобіля без урахування ширини шин, $м$;
 H – висота автомобіля, $м$;
 l_1 – довжина переднього зв'язу, $м$;
 l_2 – довжина заднього зв'язу автомобіля, $м$;
 h_0 – висота центру мас (тяжкість) автомобіля, $м$;
 $h_{кр}$ – висота тягово-зчіпного пристрою причепа, $м$;
 h_w – висота центру парусності, $м$;

h_H – відстань нижчої точки автомобіля до опорної поверхні, m ;
 a – відстань від центру мас (тяжкість) автомобіля до передньої осі, m ;
 b – відстань від центру мас (тяжкість) автомобіля до задньої осі, m ;
 c – відстань від центру тяжкості до центру нижчої точки автомобіля по горизонталі, m ;
 R_H – поздовжній радіус прохідності автомобіля, m ;
 $R_{\text{ПОП}}$ – поперечний радіус прохідності автомобіля, m ;
 n_d – частота обертання колінчастого валу двигуна, об/хв ;
 n – частота обертання ведучих коліс автомобіля, об/хв ;
 n_q – число пасажирських місць (включаючи водія) автомобіля, чол. ;
 ω_d – кутова швидкість колінчастого валу двигателя, s^{-1} ;
 ω_K – кутова швидкість ведучих коліс автомобіля, s^{-1} ;
 ω'_K – вузлове прискорення колінчастого валу двигуна, s^2 ;
 v_a – швидкість руху автомобіля, m/s (км/год);
 v_H, v_K – початкова і кінцева швидкості руху автомобіля, m/s (км/год);
 i_K – передаточне число коробки зміни передач, m/s^2 ;
 $i_{\text{ДК}}$ – передаточне число додаткової коробки зміни передач, m/s^2 ;
 i_0 – передаточне число головної передачі, m/s^2 ;
 $i_{\text{ТР}}$ – передаточне число трансмісі, H ;
 r_K – радіус кочення колеса;
 F_K – площа плями контакту колеса з дорогою, m^2 ;
 P_K – дотична сила тяги, H ;
 P_T – гальмівна сила між колесами і дорогою, H ;
 $P_{\text{КР}}$ – сила тяги на крюку, H ;
 P_x, P_y, P_z – горизонтальна, бічна, нормальна сили, що діють на колесо, H ;
 P_f – сила опору коченню, H ;
 P_ψ – сила опору дороги, H ;

P_i – сила опору підйому, H ;

P_w – сила опору повітря, H ;

P_j – сила опору розгону (сила інерції поступально рухомих мас), H ;

P_{TP} – сила тертя в трансмісії, H ;

P_{TD} – сила тертя в двигуні, переведена до ведучих коліс, H ;

R_{z1} – нормальна реакція дороги на передні колеса, H ;

R_{z2} – нормальна реакція дороги на задні колеса, H ;

M_e – ефективний момент, що крутиться, на колінчастому валу двигуна, $H \cdot m$;

M_{TK} – гальмівний момент на ведучих колесах, Hm ;

V_h – робочий об'єм двигуна, $dm^3 (л)$;

S_n – хід поршня, m ;

M_K – крутний момент, на ведучих колесах, $H \cdot m$;

M_f – момент опору коченню автомобіля, $H \cdot m$;

M_{TP} – момент сили тертя в трансмісії, $H \cdot m$;

M_{TD} – момент сили тертя в двигуні, $H \cdot m$;

M_{TK} – сумарний момент тертя на колісних гальмах, $H \cdot m$;

N_e – ефективна потужність двигуна, kBm ;

N_K – потужність, що підводиться до ведучих коліс, kBm ;

N_f – потужність, що витрачається на подолання сил опору коченню, kBm ;

N_ψ – потужність що витрачається для подолання сил опору дороги, kBm ;

N_i – потужність, для подолання сил опору підйому, kBm ;

N_w – потужність, що витрачається для подолання сил опору повітря, kBm ;

N_j – потужність, що витрачається для подолання сил опору розгону (сил інерції), kBm ;

N_{TP} – потужність, що витрачається для подолання сил тертя в двигуні, κBm ;

$g_e(N_{e_{\max}})$ – питома витрата палива при максимальній потужності, $г/\kappa Bm, год$;

k_n – коефіцієнт використання частоти обертання колінчастого валу двигуна, κBm ;

k_N – коефіцієнт використання потужності двигуна, κBm ;

D – динамічний фактор, κBm ;

D_{CC} – динамічний фактор по зчепленню ведучих коліс з дорогою, κBm ;

η_{TP} – коефіцієнт корисної дії трансмісії, κBm ;

η_M – механічний коефіцієнт корисної дії двигуна, κBm ;

G_s – шляхова витрата палива двигуном, $л/100 \text{ км}$;

G_T – годинна витрата палива двигуном, $л/год$;

G_{TP} – витрата палива на одиницю транспортної роботи, $л/100 \text{ км}$;

ρ_T – густина палива, $\kappa г/л$;

g – прискорення сили тяжіння, $м/с^2$;

f – коефіцієнт опору коченню, κH ;

f_0 – коефіцієнт опору коченню при русі з малою швидкістю;

ψ – коефіцієнт опору дороги, $м/с^2$;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою, $м/с^2$;

η_a – коефіцієнт бічної стійкості автомобіля, $м/с^2$;

$b_{ш}$ – висота профілю шини, $мм$;

b_y – ширина профілю шини, $мм$;

$\lambda_{ш}$ – коефіцієнт деформації шини, $мм$;

d – внутрішній (посадочний) діаметр шини, $мм$ (дюйми);

D_{CT} – статичний діаметр шини, $м$;

α – кут підйому (ухилу) дороги, $град$;

β – кут бічного нахилу дороги, $град$;

γ_1, γ_2 – передній і задній кути звісу автомобіля (кути в'їзду і з'їзду), *град*;

δ – коефіцієнт буксування коліс;

δ_{BR} – коефіцієнт врахування мас, що обертаються;

δ_1, δ_2 – кут бічного відведення шин передніх і задніх коліс автомобіля, *град*;

j, j_3 – прискорення і уповільнення автомобіля, m/c^2 ;

k_w – коефіцієнт обтичності автомобіля, $H \cdot c^2/m^2$;

F_w – площа лобового опору автомобіля, m^2 ;

$W_a = K_w \cdot F_w$ – фактор обтичності, $H \cdot c^2/m^2$;

m_1, m_2 – коефіцієнти перерозподілу навантажень на передні і задні колеса при гальмуванні автомобіля;

J_{DB} – момент інерції деталей двигуна, що обертаються, $H \cdot m/c^2$;

J_K – момент інерції колеса автомобіля, $H \cdot m/c^2$;

Θ_H – кут повороту зовнішнього керованого колеса» *град*;

Θ_B – кут повороту внутрішнього керованого колеса, *град*;

Θ – середній кут повороту керованих коліс, *град*;

$\Theta_{\max}$ – максимальний середній кут повороту керованих коліс, *град*;

$\Theta_{УК}$ – кут повороту рульового колеса автомобіля, *град*;

λ_0 – кут між осями поворотних цапф, *град*;

$i_{PY} = i_{PM} \cdot i_{PII}$ – передаточне число рульового механізму, *град*;

i_{PM} – передаточне число рульового редуктора, *град*;

i_{PII} – передаточне число рульового приводу, *рад*;

R – радіус повороту автомобіля, *м*;

$R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту автомобіля, *м*;

$R_{\text{габmax}}$ – зовнішній габаритний радіус повороту автомобіля, *м*;

$R_{\text{габmin}}$ – внутрішній габаритний радіус повороту автомобіля, *м*;

R_{II} – радіус повороту причепа, *м*;

R_{KT} – найменший радіус повороту найбільш видаленої точки тягача від центру повороту, m ;

R_{KP} – найменший радіус повороту найбільш близької точки причепа до центру повороту, m ;

Δ_1 – відстань від найбільш видаленої крапки автомобіля від центра повороту до центру сліду зовнішнього керованого колеса, m ;

Δ_2 – відстань від центру сліду зовнішнього керованого колеса до найбільш близької до центру повороту точки автомобіля, m ;

B_I – поворотна ширина по сліду коліс, m ;

B_T – габаритна смуга руху, m ;

B_K – ширина коридору повороту автопоїзда, m ;

B_p – ширина смуги розвороту автопоїзда на 180 град, m ;

k_y – коефіцієнт опору бічному відведенню коліс;

ω_a – кутова швидкість повороту автомобіля, s^{-1} ;

ω_a / Θ – чутливість автомобіля до управління, s^{-1} ;

β_p – кут між середнім радіусом повороту і радіусом центра ваги автомобіля, $град$;

$\omega_{ПК}$ – кутова швидкість повороту керованих коліс, s^{-1} ;

$\lambda_{АП}$ – відносне зрушення траєкторії автопоїзда, m ;

P_{y1}, P_{y2} – бічні сили, що діють на передніх і задні колеса автомобіля при повороті, H ;

$P_{Ц}$ – відцентрова сила, що діє на центр тяжіння автомобіля при повороті, H ;

S_T – гальмівний шлях автомобіля, m ;

t_1 – час реакції водія, s ;

t_2 – час до початку спрацьовування гальмівної системи, s ;

t_T – повний час гальмування автомобіля, s ;

k_y – коефіцієнт зниження ефективності гальмування, s ;

γ_T, γ_I – питома гальмівна сила тягача і причепа, s ;

P_c – сила зчеплення між тягачем-автомобілем і причепом, H ; l_3, l_4
 l_3, l_4 – відстань від центру мас причепа до осі обертання передніх або задніх коліс, m ;
 n_{Π} – загальне число причепів, H ;
 $n_{\Pi T}$ – загальне число причепів, що мають гальмівну систему, H ;
 m_{Γ} – коефіцієнт перерозподілу навантаження, для гальмуючих коліс причепа, H ;
 $G_{\Pi\phi}$ – зчіпна вага, що доводиться на осі гальмуючих коліс причепа, H ;
 $P_{\text{ш}}$ – внутрішній тиск в шини, Pa ;
 P_o – тиск в плямі контакту при $p_{\text{ш}} = 0$, Pa ;
 $C_{\Pi(p)}$ – жорсткість пружини (ресори), H/m ;
 $C_{\text{под}}$ – жорсткість підресорника, H/m ;
 $C_{\text{ш}}$ – жорсткість шини, H/m ;
 h_p – висота рову, m ;
 F_K – площа контакту колеса з дорогою, m^2 ;
 $F_{\Pi P}$ – площа контакту на виступах малюнка протектора, m^2 ;
 k_H – коефіцієнт насиченості протектора, κPa ;
 f_{Π} – статичний прогин пружини, m ;
 $f_{\text{ш}}$ – статичний прогин шини, m ;
 $f_{\Pi P}$ – статичний прогин підвіски під дією ваги автомобіля, m ;
 ε – коефіцієнт розподілу мас, κg ;
 ρ_K – радіус інерції підресорної маси автомобіля відносно осі $Y-Y$; m ;
 m_H – маса непідресорних частин автомобіля, κg ;
 m_K – маса підресорних частин автомобіля, κg ;
 m_0 – підресорна маса автомобіля без вантажу, κg ;
 m_{Γ} – маса вантажу, κg .

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підручник. Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 667 с.
2. Волков В.П., Вільський Г.Б. Теорія руху автомобіля: підручник. Суми: Університетська книга, 2023. 320 с.
3. Гандзюк М.О. Аналіз конструкції та елементи розрахунку автомобіля: Навчальний посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2017. 196 с.
4. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів. Навчальний посібник. Луцьк, ЛНТУ, 2011. 237 с.
5. Кишун В. Аналіз конструкції та розрахунок автомобілів. Конспект лекцій для студентів спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство” усіх форм навчання (частина перша). Луцьк: ЛНТУ, 2009. 110 с.
6. Подригало М.А., Шелудченко В.В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів [текст]: Навч. посібн. Суми.: Сумський національний аграрний університет, 2015. 213с.
7. Сітовський О.П., Кашуба А.М. Теорія автомобіля. Навчальний посібник. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. 164 с.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Теорія руху автомобіля

КОЛЯДА Андрій Миколайович

Т **Теорія руху автомобіля.** Методичні рекомендації до вивчення дисципліни. Для студентів навчально наукового інституту професійної освіти та технологій спеціальності 015.38 Професійна освіта. (Транспорт) / Укл. Коляда А.М. – Чернівці: НУЧК, 2024. – 100 с.

Технічний редактор

О. Клімова

Комп'ютерна верстка та макетування

А. Коляда

Комп'ютерний набір

А. Коляда

*Свідомство про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
серія KB № 17500-6250 ПР від 16.11.2010 р.*

Підписано до друку 19.09.2013 р. Формат 60 x 90 1/16.

Папір офсетний. Друк на різнографі.

Ум. друк. арк. 7,0. Обл.-вид. 5,32.

Наклад 100 прим. Зам. № 669

Редакційно-видавничий відділ ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка.

14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, к. 208.

Тел. 65-17-99.

chnpu.tipograf@gmail.com

