

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОМОБІЛІВ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО «ГАММА» МІСТО ВІННИЦЯ
ШЛЯХОМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ**

Графічна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
08-29.МКР.018.00.000

Керівник роботи к.т.н., доцент

Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 1АТ-17м

Тіманов П.О.

Вінниця ВНТУ 2019

Мета і завдання дослідження.

Мета роботи – зниження рівня дорожньо-транспортних пригод та випуск на лінію технічно справних автомобілів ТОВ НВП «Гамма» м. Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- формалізувати методологічні основи оцінювання гальмових властивостей автомобілів в умовах експлуатації, а саме:
 - дослідити стабільність гальмівних механізмів за допомогою загального рівняння гальмівного моменту;
 - оцінити стабільність розподілу гальмівних сил між осями АТЗ;
 - визначити вплив типу гальмівних механізмів на розподіл гальмівних сил між осями і колесами;
- виконати оцінку експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в дорожніх умовах:
 - розробити математичну модель для оцінювання стабільності траєкторії руху;
 - дослідити зміну ефективності гальмування автомобіля при несправній гальмовій системі;
 - виконати статистичний аналіз стабільності барабанних гальм вантажних автомобілів;
 - створити методику, яка б оцінювала стабільність траєкторії руху автомобіля при гальмуванні;
 - проілюструвати методику на прикладі;
- розробити питання безпеки життєдіяльності та цивільної оборони;
- визначити економічну ефективність запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – функціонування системи «водій-автомобіль-дорога-навколишнє середовище» при русі автомобіля в режимі гальмування.

Предмет дослідження – питання забезпечення стабільності гальмівних властивостей автотранспортних засобів, математичні моделі інженерного аналізу причинно-наслідкових зв'язків, які діють при русі автомобіля в гальмівному режимі в дорожніх умовах.

Наукова новизна одержаних результатів

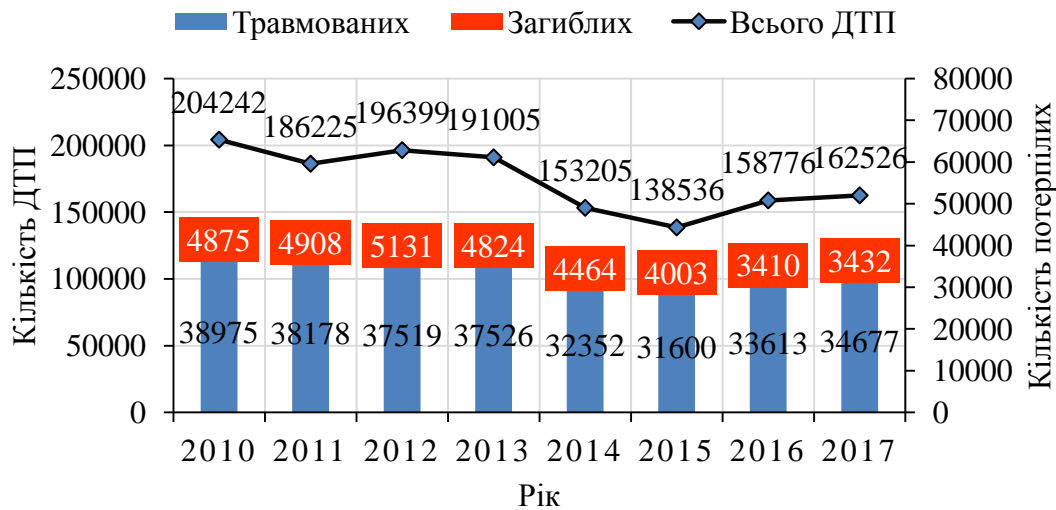
Отримали подальший розвиток теоретичні підходи та методи стабілізації показників ефективності гальмування автомобілів, які дозволяють враховувати взаємозв'язки між характером руху автомобіля і коефіцієнтами зчеплення та гальмовими моментами на кожному колесі з урахуванням поперечного зміщення центру мас автомобіля. В якості критерію використовувалось питоме сповільнення.

Практичне значення одержаних результатів.

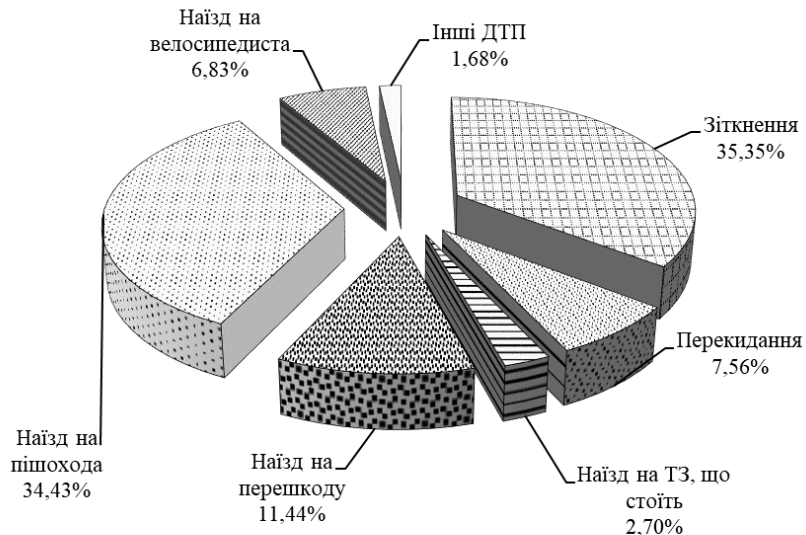
Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

- ✓ дозволяє оцінити експлуатаційні гальмівні властивості автомобілів в дорожніх умовах шляхом моделювання;
- ✓ покращує техніко-економічні показники ефективності експлуатації автомобілів ТОВ НВП «Гамма» м. Вінниця;
- ✓ підвищує якість проведення робіт по вчасному виявленню несправностей гальмівної системи автомобілів шляхом діагностування;
- ✓ дозволяє покращити технологію та якість ТО і ПР гальмівної системи автомобілів, що підвищує їх безпеку в експлуатації, забезпечуючи стабільність курсового руху автомобілів при гальмуванні.
- ✓ дозволяє покращити систему організації ТО і ПР на підприємстві.

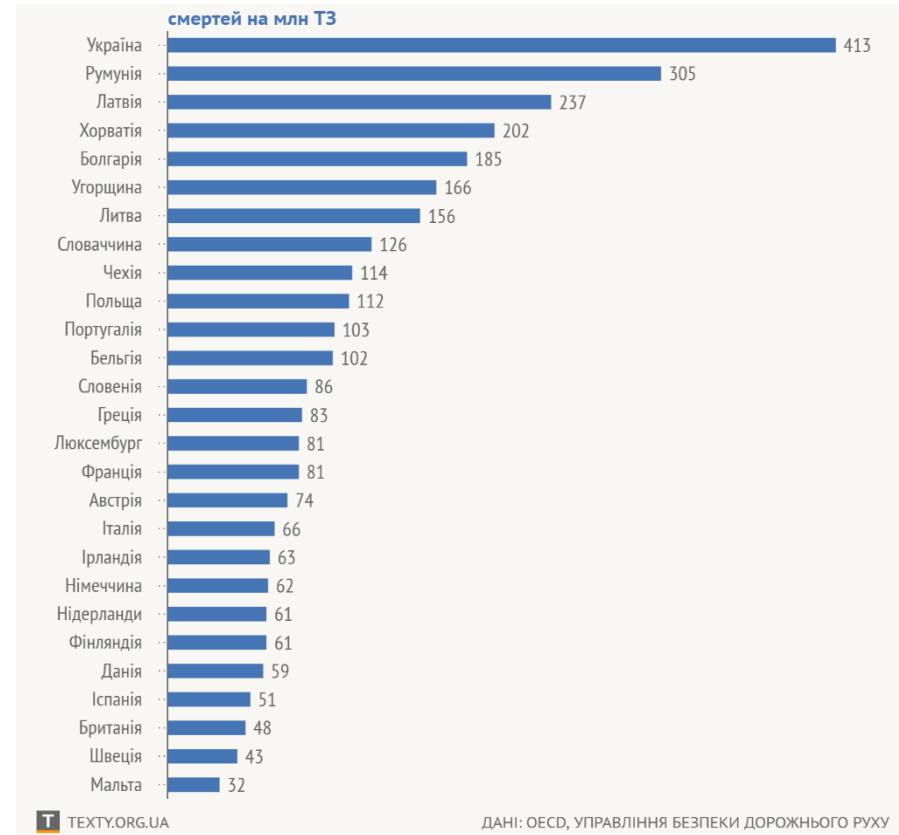
Динаміка ДТП в Україні за 2010–2017 рр.



Розподіл ДТП за видами (за 2010-2017 рр.)



Кількість смертей на 1 мільйон ТЗ на рік



Несправність	Кількість ДТП, %
Робочої гальмової системи	31,8
Гальмової системи причепа	4,3
Рульового управління	13,6
Зовнішніх світлових приладів	20,2
Знос рисунка протектора	14,3
Від'єднання колеса	4,0
Невідповідність шин моделі ТЗ	1,6
Зчіпного пристрою	1,5
Інші	20,7

Показники за методом стендових випробовувань

Категорія КТЗ	Загальна питома гальмівна сила (γ_r), не менше ніж	Коефіцієнт нерівномірності гальмівних сил коліс осі, не більше ніж	Тривалість спрацьовування ГС на стенді, с, не більше ніж ^{7), 8)}
M ₁ , M ₁ G	0,50	30	0,8 ⁶⁾
M ₂ , M ₂ G, M ₃ , M ₃ G	0,50 ¹⁾		
N ₁ , N ₁ G	0,50 ²⁾		
N ₂ , N ₂ G, N ₃ , N ₃ G	0,45 ³⁾		
O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄	0,43 ^{4), 5)}		

¹⁾ Для КТЗ, не обладнаних антиблокувальною ГС, $\gamma_r \geq 0,48$. ²⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., $\gamma_r \geq 0,45$. ³⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., $\gamma_r \geq 0,43$. ⁴⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., $\gamma_r \geq 0,40$.
⁵⁾ Для КТЗ з інерційною РГС $\gamma_r \geq 0,40$ (за значення штовхального зусилля в зчпному пристрої, Н, не більше ніж: для причепів із центральною чи спареними осями — $0,1 \times M_a \times g$, для двоосьових причепів — $0,067 \times M_a \times g$).
⁶⁾ Для КТЗ із гідравлічним приводом — не більше ніж 0,5 с. ⁷⁾ Крім КТЗ категорії О з інерційною РГС.
⁸⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., можливе збільшення нормативу тривалості спрацьовування на 10 %.

Показники за методом дорожніх випробовувань

ДСТУ 3649:2010

Категорія КТЗ	Усталене сповільнення $j_{уст}$ м/с ² , не менше ніж	Тривалість спрацьовування ГС, с, не більше ніж ⁶⁾
M ₁ , M ₁ G	5,0	0,8 ⁵⁾
M ₂ , M ₂ G, M ₃ , M ₃ G	5,0 ¹⁾	
N ₁ , N ₁ G	5,0 ²⁾	
N ₂ , N ₂ G, N ₃ , N ₃ G	4,5 ³⁾	
O ₂ , O ₃ , O ₄	4,3 ⁴⁾	

¹⁾ Для КТЗ, не обладнаних антиблокувальною ГС, $j_{уст} \geq 4,8$ м/с². ²⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., $j_{уст} \geq 4,5$ м/с². ³⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., $j_{уст} \geq 4,3$ м/с².
⁴⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., $j_{уст} \geq 4,0$ м/с². ⁵⁾ Для КТЗ та автопоїздів із гідравлічним приводом - не більше ніж 0,5 с.
⁶⁾ Для КТЗ, випуску до 1988р., можливе збільшення нормативу тривалості спрацьовування на 10 %.

Тип КТЗ	Категорія КТЗ (тягача)	Гальмівний шлях (S_0) для початкової швидкості гальмування (V_0), не більше ніж, м ¹⁾	
		$V_0 = 40$ км/год	$V_0 \neq 40$ км/год
Одиночні	M ₁	14,7	$V_0 \times (0,10 + V_0 / 150)$
	M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂	18,3	$V_0 \times (0,15 + V_0 / 130)$
	N ₃	19,5	$V_0 \times (0,18 + V_0 / 130)$
Автопоїзди	M ₁	16,6	$V_0 \times (0,15 + V_0 / 150)$
	N ₁ , N ₂ , N ₃	19,5	$V_0 \times (0,18 + V_0 / 130)$

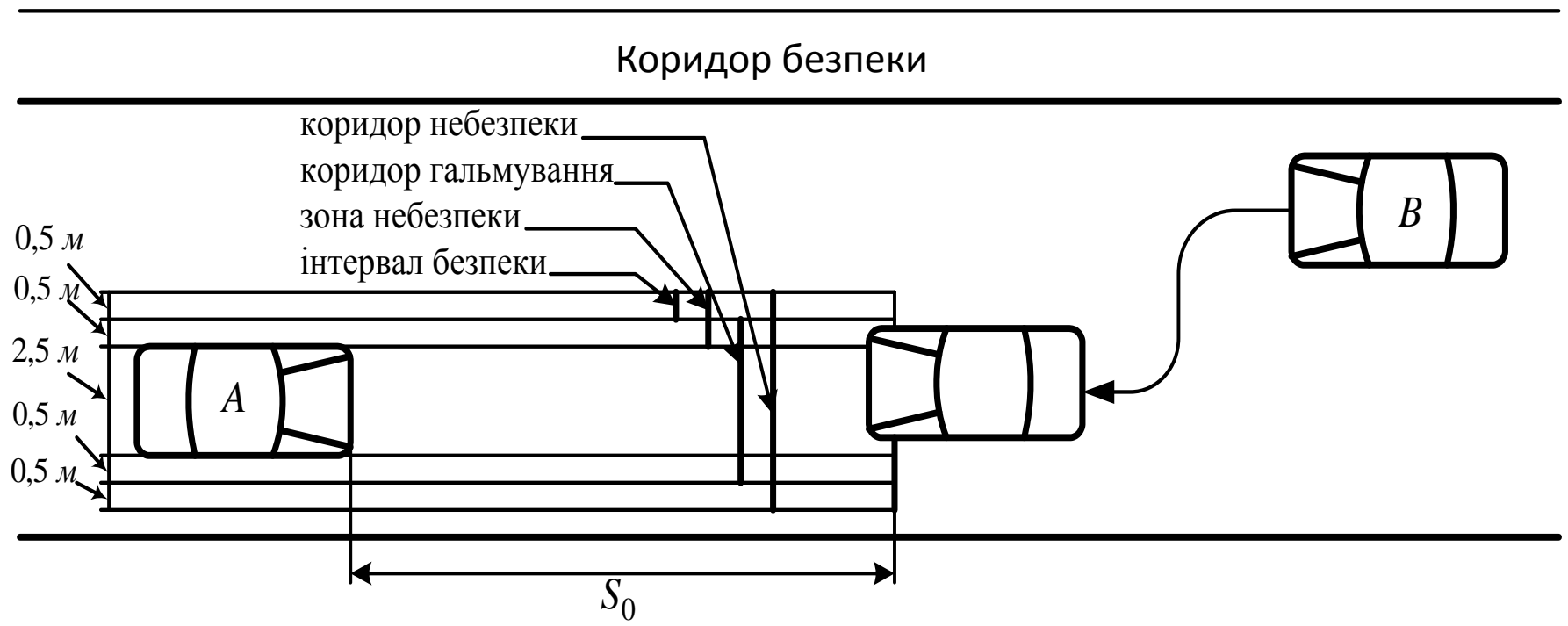
¹⁾ Для КТЗ, випуску до 1988 р., допускають збільшення нормативу гальмівного шляху на 10 %.

Виходячи із конструктивних і технологічних особливостей, ДСТУ 3649:2010 допускає певне відхилення величин гальмових сил між різними колесами в процесі гальмування, а також нерівномірність спрацювання гальм коліс однієї осі. Тому транспортний засіб під час гальмування може розвертатись навколо свого центра ваги, але в процесі розвороту він не повинен виходити за габарити коридору шириною 3,5 м

Умова гранично допустимого розвороту автомобіля

$$\frac{B_{\partial}}{2} \leq y + \frac{L_a}{2} \sin \gamma + \frac{B_a}{2} \cos \gamma$$

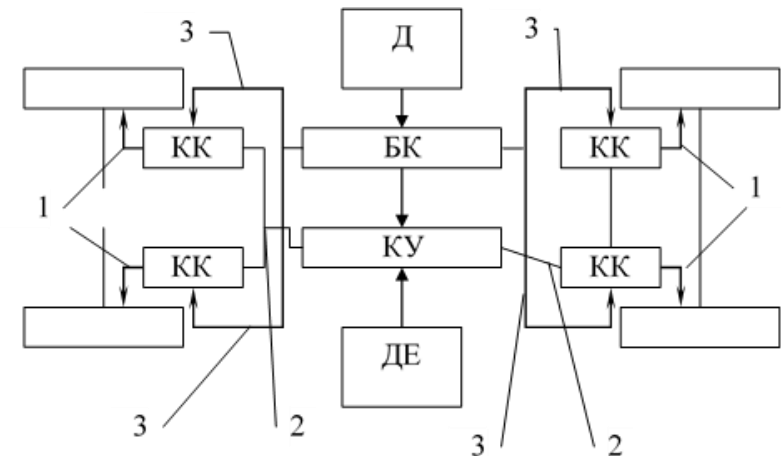
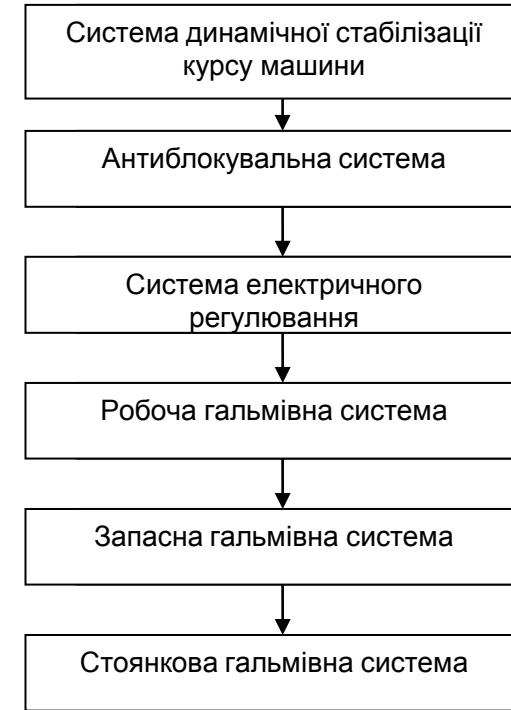
де B_{∂} – ширина смуги руху; y – поперечне відхилення центра мас;
 L_a та B_a – габарити автомобіля (довжина і ширина); γ – кут розвороту повздожньої осі автомобіля.



Вплив гальмівного управління на формування експлуатаційних властивостей колісних машин



Бажана ієрархічна послідовність часткових відмов гальмівного керування



Основні сили, діючі на автомобіль при гальмуванні

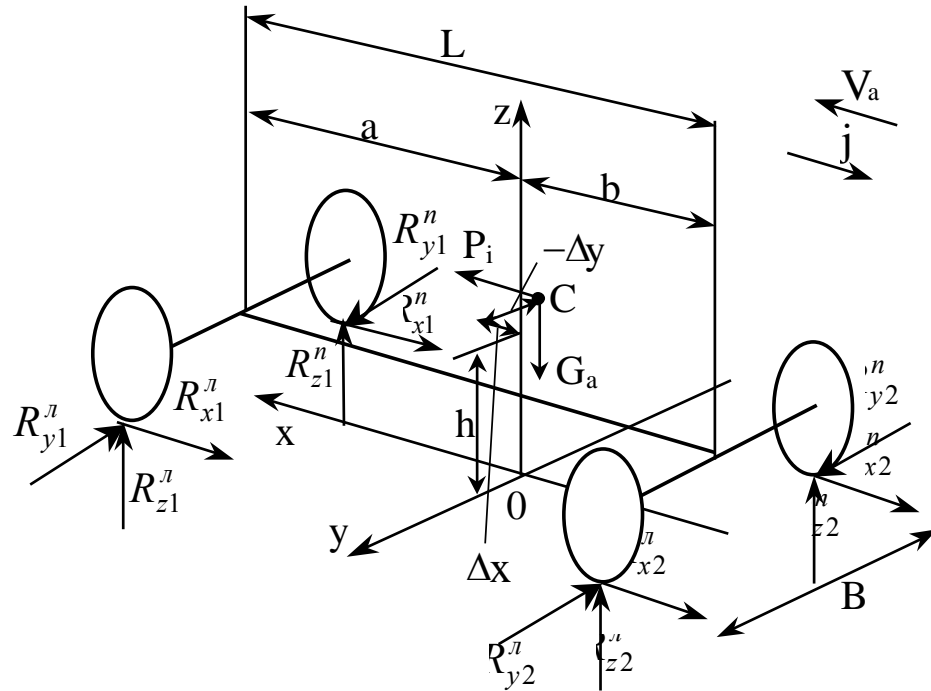
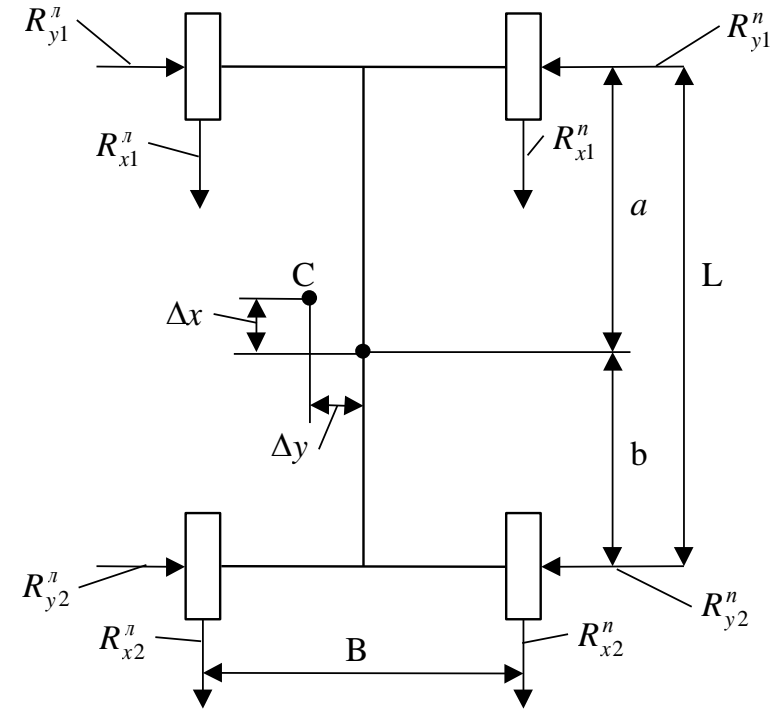


Схема реакцій, які сприймає автомобіль в горизонтальній площині



де R_{Σ} - сумарна реакція, яка діє в площині контакту з опорною поверхнею, кН;

$$R_{\Sigma} = \sqrt{X^2 + Y^2} \leq \varphi_{\max} \cdot Z,$$

X , Y , Z - поздовжня, бічна, нормальна реакції в контакті колеса (чи коліс осі) з опорною поверхнею;

φ_{\max} - максимальне значення коефіцієнта зчеплення для певного покриття при оптимальному проковзанні коліс автомобіля.

Математична модель оцінки стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні

$$R_{z1}^n = \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \quad R_{z1}^n = \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a$$

$$R_{z2}^n = \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \quad R_{z2}^n = \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a$$

При неповному блокуванні колеса:

$$R_{x1}^n = \frac{M_{z1}^n}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{M_z}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_z \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

$$R_{x1}^n = \frac{M_{z1}^n}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{M_z}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_z \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

$$R_{x2}^n = \frac{M_{z2}^n}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{M_z}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_z \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

$$R_{x2}^n = \frac{M_{z2}^n}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{M_z}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_z \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

При повному блокуванні колеса:

$$R_{x1}^n = \left(\frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \varphi_1^n \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_1^n,$$

$$R_{x1}^n = \left(\frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \varphi_1^n \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_1^n,$$

$$R_{x2}^n = \left(\frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \varphi_2^n \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_2^n,$$

$$R_{x2}^n = \left(\frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \varphi_2^n \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_2^n$$

$$R_{y1(2)}^{n(n)} = \sqrt{\left(R_{z1(2)}^{n(n)} \cdot \varphi_{1(2)}^{n(n)} \right)^2 - \left(R_{x1(2)}^{n(n)} \right)^2}$$

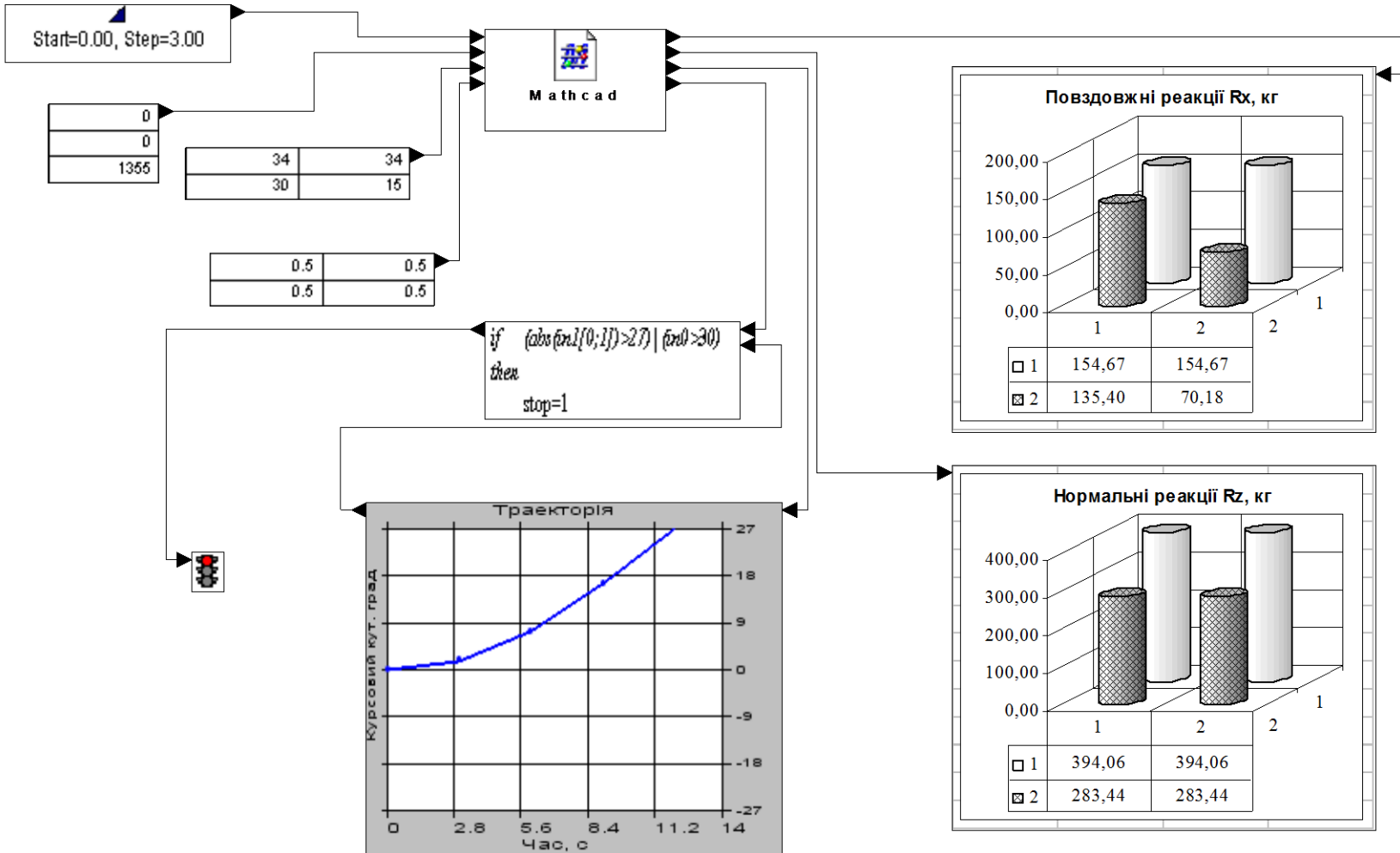
$$M_n = \left(R_{x1}^n + R_{x2}^n \right) \cdot \left(\frac{B}{2} + \Delta y \right) - \left(R_{x1}^n - R_{x2}^n \right) \cdot \left(\frac{B}{2} - \Delta y \right) - \left(R_{y1}^n - R_{y2}^n \right) \cdot (a - \Delta x) - \left(R_{y2}^n - R_{y1}^n \right) \cdot (b + \Delta x) + G_a \cdot \Delta y \cdot \frac{j}{g}$$

$$\gamma = \frac{M_n \cdot t^2}{2 \cdot G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)} \quad S_b = S \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{M_n \cdot t^2}{2 \cdot G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)} \right)$$

$$S = V_n \cdot t - 0.5 \cdot j \cdot (t - t_2) \cdot (t - t_2 - t_3)$$

Блок-схема алгоритму визначення зміни діючих реакцій та курсового кута автомобіля при гальмуванні

Вхідні величини: гальмові моменти, підведені до коліс;
 вага автомобіля;
 зміщення центру ваги автомобіля по осям ox та oy ;
 коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям.



Несправності гальмової системи автомобіля Foton BJ1043

- Збільшений хід педалі гальма
- Педаль гальма повільно переміщається вниз при незмінному на ній зусиллі і затягнутому стоянковому гальмі
- Гальмівні механізми усіх коліс або осей не повністю розгальмовуються (вивішені колеса обертаються туго)
- Не розгальмовується один гальмівний механізм (вивішене колесо обертається туго)
- Занесення або відведення автомобіля убік при гальмуванні
- Недостатня ефективність гальмування (збільшене зусилля на педалі гальма)
- Деренчання в гальмівних механізмах
- Для утримання автомобіля вимагається велике зусилля на руків'ї стоянкового гальма
- Великий хід руків'я важеля приводу стоянкового гальма
- Нагрів гальмівних барабанів при русі без гальмування
- Знижений рівень гальмівної рідини в бачку головного гальмівного циліндра за відсутності зовнішньої течі в гідроприводі

Результати аналізу втрати гальмівної ефективності Foton BJ1043 при різних видах прояву несправностей

Несправність	Усталене сповільнення, м/с ²	Коефіцієнт втрати ефективності	Гальмівний шлях, м	Коефіцієнт втрати ефективності
–	6,867	1,000	13,434	1,000
Не гальмує одне переднє колесо	5,175	0,754	16,374	1,219
Не гальмує одне заднє колесо	5,120	0,746	16,502	1,228
Гальмує тільки одне переднє колесо	1,247	0,182	53,946	4,016
Гальмує тільки одне заднє колесо	2,091	0,304	33,968	2,529
Гальмують тільки передні колеса	2,860	0,416	26,030	1,938
Гальмують тільки задні колеса	3,795	0,553	20,710	1,542
Гальмують колеса тільки однієї сторони	3,434	0,500	22,423	1,669

Результати статистичного аналізу стабільності барабаних гальмівних механізмів автомобілів Foton BJ1043

Оцінка величини гальмівного моменту барабанного гальмівного механізму

Виробник гальмівних колодок	Гальмівний момент M_T , Н-м			$\Delta M_{T \max}$ Н-м	$\delta M_{T \max}$
	1-е гальмування	10-е гальмування	15-е гальмування		
ОТА	370	240	200	170	0,459
Ferodo	320	270	240	80	0,250
Samko	540	360	320	220	0,407
Lucas	630	300	250	380	0,603
ATE	440	280	240	200	0,454
«Автодета»	580	430	380	200	0,345
«Начато»	390	330	310	80	0,205
«Сонатекс»	530	410	380	150	0,283

Розрахункові значення коефіцієнта тертя μ

Виробник гальмівних колодок	1-е гальмування	10-е гальмування	15-е гальмування
ОТА	0,503	0,400	0,356
Ferodo	0,470	0,429	0,400
Samko	0,582	0,497	0,470
Lucas	0,610	0,454	0,410
ATE	0,541	0,438	0,400
«Автодета»	0,595	0,536	0,509
«Начато»	0,515	0,477	0,462
«Сонатэкс»	0,578	0,526	0,509

Аналіз результатів розрахунку, приведених у таблицях показує що при зміні коефіцієнта тертя на 8-20% відбувається зміна гальмівного моменту на 20-30%. При цьому різниця між найбільшим і найменшим гальмівним моментом може складати 50 %.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській кваліфікаційній роботі було виконано наукові дослідження, направлені на зниження рівня дорожньо-транспортних пригод та випуск на лінію технічно справних автомобілів ТОВ НВП «Гамма» м. Вінниця на основі розробки заходів із забезпечення стабільності гальмових властивостей автотранспортних засобів. Зокрема було зроблено:

- формалізовано методологічні основи оцінювання гальмових властивостей автомобілів в умовах експлуатації, а саме:
 - досліджено стабільність гальмівних механізмів за допомогою загального рівняння гальмівного моменту;
 - виконано оцінювання стабільності розподілу гальмівних сил між осями АТЗ;
 - визначено вплив типу гальмівних механізмів на розподіл гальмівних сил між осями і колесами;
- виконано оцінювання експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в дорожніх умовах:
 - розроблено математичну модель для оцінювання стабільності траєкторії руху;
 - досліджено зміну ефективності гальмування автомобіля при несправній гальмовій системі;
 - виконано статистичний аналіз стабільності барабанних гальм вантажних автомобілів;
 - створено методику, для оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні;
 - проілюстровано методику на прикладі;
- розроблені питання безпеки життєдіяльності та цивільної оборони;
- визначено економічну ефективність запропонованих рішень.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи:

- дозволяє оцінити експлуатаційні гальмові властивості автомобілів в дорожніх умовах шляхом моделювання;
- покращує техніко-економічні показники ефективності експлуатації автомобілів ТОВ НВП «Гамма» м. Вінниця;
- підвищує якість проведення робіт по вчасному виявленню несправностей гальмової системи автомобілів шляхом діагностування;
- дозволяє покращити технологію та якість ТО і ПР гальмової системи автомобілів, що підвищує їх безпеку в експлуатації, забезпечуючи стабільність курсового руху автомобілів при гальмуванні.
- дозволяє покращити систему організації ТО і ПР на підприємстві.