

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра АТМ

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Підвищення безпеки руху автомобілів Хмельницької технічної школи Товариства сприяння обороні України шляхом забезпечення стійкості руху при гальмуванні

Керівник роботи к.т.н., доцент

Кужель В. П.

Розробила студентка гр. 1АТ-18м

Галак К. С.

Вінниця ВНТУ 2020

Мета роботи – підвищення безпеки руху автомобілів Хмельницької технічної школи шляхом забезпечення стійкості руху автомобілів при гальмуванні за умови раціонального вибору сполучень фрикційних пар гальм.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- виконати науково-технічне обґрунтування заходів з підвищення безпеки руху автомобілів Хмельницької технічної школи Товариства сприяння обороні України;
- дослідити теоретичні аспекти оцінки показників ефективності та стабільності гальмування автомобілів;
- обґрунтувати методики випробування фрикційних пар гальм та визначення коефіцієнта стійкості проти заносу;
- виконати моделювання умов стійкості автомобіля за допомогою методики визначення раціонального сполучення фрикційних пар передніх і задніх гальм автомобіля;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – процес стійкості автомобіля при гальмуванні.

3

Предмет дослідження – забезпечення стійкості руху легкового автомобіля з різними сполученнями фрикційних пар передніх і задніх гальм.

Наукова новизна одержаних результатів.

- виявлені та систематизовані фактори, що впливають на показники ефективності та стабільності гальмування автомобілів, запропоновані методи визначення раціонального сполучення фрикційних пар гальм автомобіля;
- дістали подальшого розвитку підходи встановлення взаємозв'язку між характеристиками фрикційних матеріалів, розподілом гальмових сил між осями і гальмівними властивостями автомобіля при циклічних гальмуваннях, з використанням коефіцієнта стійкості визначено різні варіанти черговості блокування коліс.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані заходи з підвищення безпеки руху автомобілів Хмельницької технічної школи Товариства сприяння обороні України, а саме використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи дозволяє: перевіряти ефективність сполучення встановлених на учбові автомобілі гальмівних пар; оцінити вибір раціонального розподілу гальмівних сил при дослідженні гальмівних механізмів; оцінити вірний підбір фрикційних накладок на осях автомобіля та фрикційних матеріалів, які використовуються у гальмівних механізмах автомобілів.

Апробація результатів роботи.

Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на:

1. XLIX науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ, 11 – 20 березня 2020 р.
2. VIII міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», ВНТУ, 14 – 15 квітня 2020 р.
3. 82-ій міжнародній студентській науковій конференції Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 21 – 24 квітня 2020 року. Харків: ХНАДУ.

Публікації. Проміжні результати досліджень були опубліковані в 3 наукових працях: 1. Кужель В. П. Вдосконалення технології діагностування головної передачі автомобіля / Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О., Комар Д. П.// Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 11-20 березня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020 [3];

2. Павленко В.М. Шляхи забезпечення стійкості руху автомобіля при гальмуванні / Павленко В.М., Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О. // Матеріали 82-ої міжнародної студентської наукової конференції Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 21–24 квітня 2020 року. Харків: ХНАДУ, 2020. – С. 149-152 [4];

3. Павленко В.М. Огляд існуючих стандартів і методик випробування фрикційних пар гальм з метою дослідження стійкості руху автомобілів при гальмуванні / Павленко В.М., Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О. / Матеріали VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14–15 квітня 2020 р. : Збірник наукових праць / Міністерство освіти та науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.] . – Вінниця : ВНТУ, 2020. – С. 245 – 248. ISBN 978-966-641-793-3 (PDF) [5].

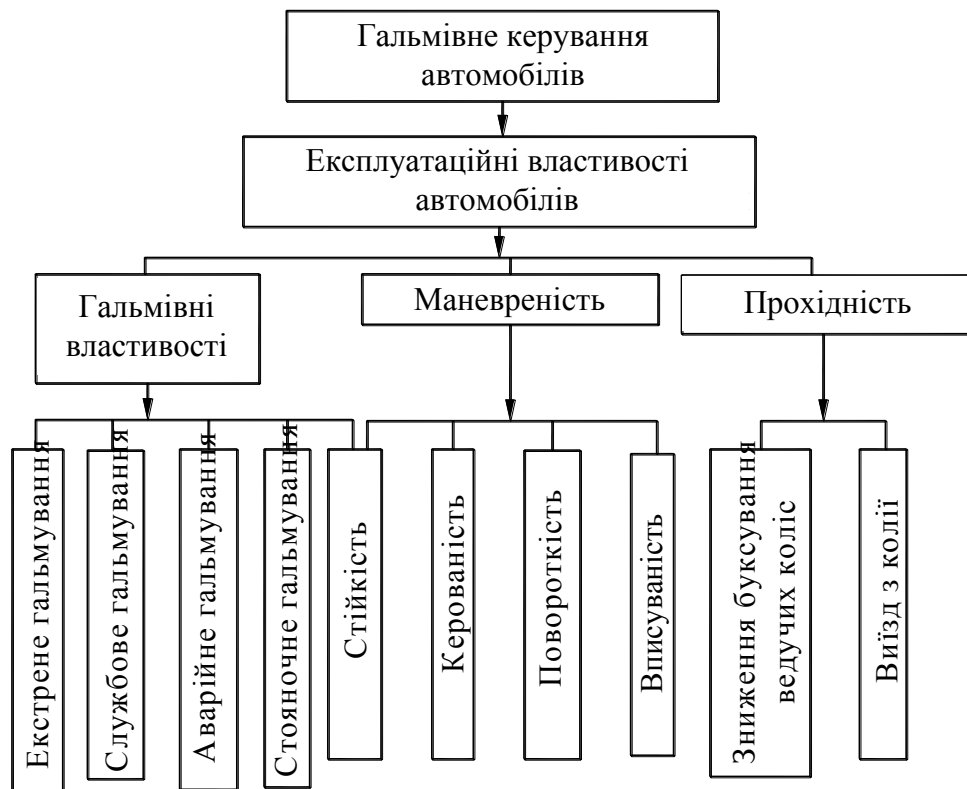
Схема системи керування автомобілем



Класифікація систем керування гальмуванням



Вплив гальмівного керування на формування експлуатаційних властивостей автомобілів та безпеку руху



Методики випробувань гальмівних колодок легкових автомобілів

Таблиця 1

Випробування робочої гальмівної системи по ДСТУ UN/ECE R13-H-00:2004 (Правила № 13 ЕЭК ООН)

Тип випробування	Швидкість гальмування, км/г	Стале сповільнення, м/с ²	Зусилля на педалі, Р, Н	Норматив Р, Н
Тип 0	80-0	8,5	340-380	≤490
Тип 1 - попередній етап: 15 гальмувань з інтервалом 45 сек	120-60	3,0	Повинно забезпечити сповільнення 3 м/с ² на першому гальмуванні	Підтримується постійним по першому гальмуванні
- ефективність розігрітих гальмів t _n = 398°C t _z = 193°C	80-0	6,8	34-38	≤50

Таблиця 2

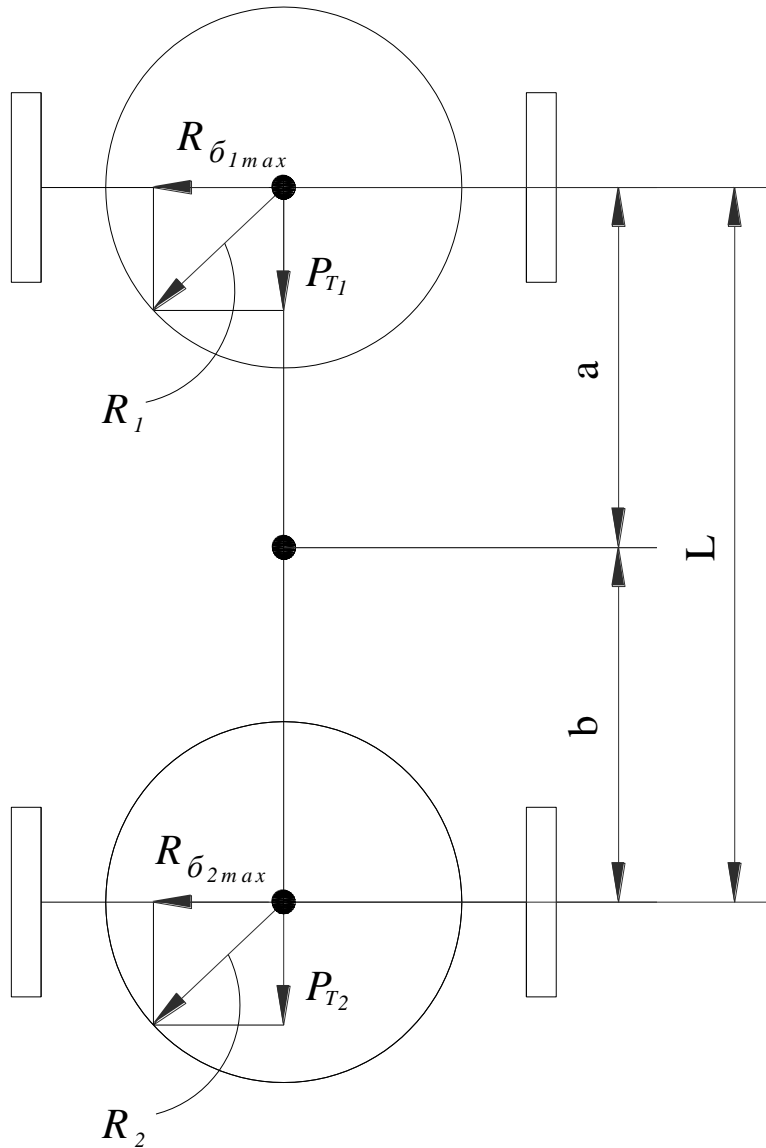
Роздільне випробування гальмівних механізмів по осям, Правила № 90 ЕЭК ООН

Гальма	Швидкість гальмування, км/г	Стале сповільнення, м/с ²	Зусилля на педалі, Р, Н	Норматив Р, Н	
Ефективність в холодному стані					
Передньої осі	70-0	5,0	250	≤490	
Задньої осі	45-0	3,0	300	≤490	
Чутливість до швидкості				Чутливість до швидкості, %	
				Факт.	Норма
Передньої осі	65-0	5,2	25	6	≤15
	100-0	4,9	25		
Задньої осі	45-0	3,0	30	3,5	≤15
	65-0	2,8	30		

Фактори, що створюють передумови для появи заносу при гальмуванні



Підходи з визначення стійкості двохвісного автомобіля проти заносу в процесі гальмування



Рівняння обертового руху автомобіля при заносі в процесі гальмування має вигляд

$$J_{z_c} \frac{d\omega_z}{dt} = M_{z\delta} - M_{on} \quad (1)$$

$$J_{z_c} \frac{d\omega_z}{dt} = M_{z\delta} \left(1 - \frac{M_{on}}{M_{z\delta}} \right) = M_{z\delta} (1 - K_{cm}) \quad (2)$$

$$K_{cm} = \frac{M_{on}}{M_{z\delta}} = \frac{b}{a} \frac{R_{\delta_2}}{R_{\delta_1}} \quad (3)$$

При $K_{cm} \geq 1$ будуть значення кутового прискорення, що забезпечать стійкість автомобіля проти виникнення заносу.

Зони блокування коліс та залежності з визначення коефіцієнта стійкості в цих зонах

Зона I, у якій відбувається одночасне блокування переднього і заднього внутрішніх коліс

$$K_{cm I} = \frac{\frac{a}{L} - m_x \varphi \frac{h}{L} - (1 - \beta_\delta) m_x}{\frac{b}{L} + m_x \varphi \frac{h}{L} - \beta_\delta m_x} \quad (1)$$

Зона II, у якій відбувається одночасне блокування задніх і переднього внутрішнього коліс

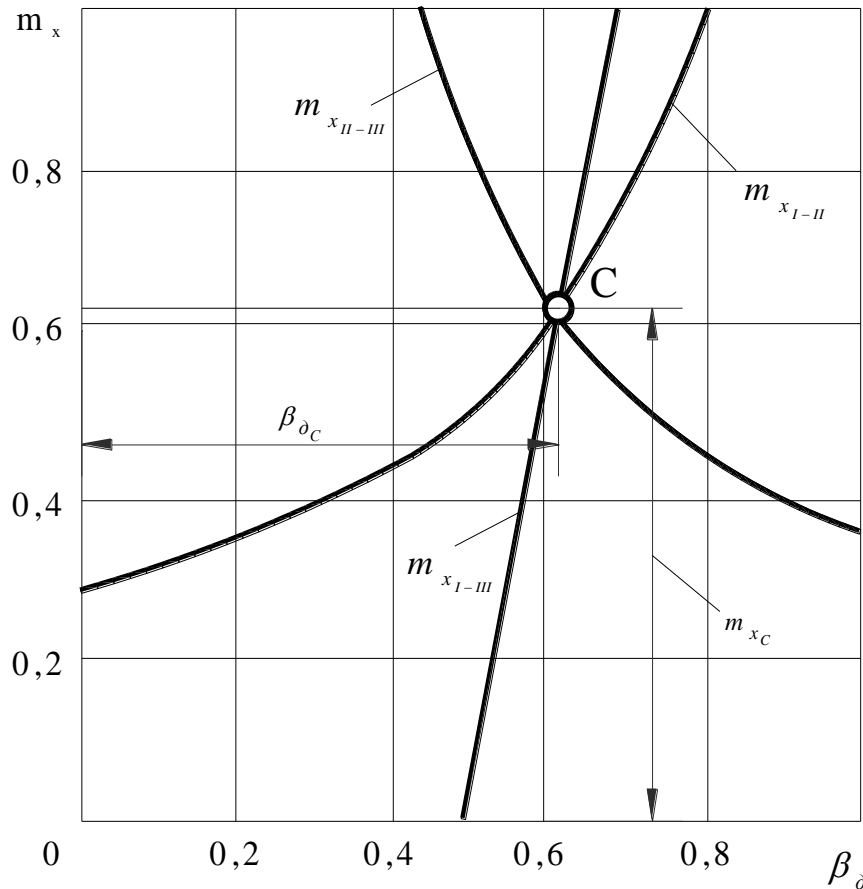
$$K_{cm II} = \frac{b}{a} \sqrt{\frac{(1 - A^2) \left(\frac{a}{L} - m_x \varphi \frac{h}{L} \right)^2 - \frac{1 - A^2}{A^2} m_x^2 (1 - \beta_\delta)^2}{\frac{b}{L} + m_x \varphi \frac{h}{L} - m_x \beta_\delta}} \quad (2)$$

Зона III, у якій відбувається одночасне блокування всіх коліс автомобіля

$$K_{cm III} = \frac{b}{a} \sqrt{\frac{A^2 \left(\frac{a}{L} - m_x \varphi \frac{h}{L} \right)^2 - m_x^2 (1 - \beta_\delta)^2}{A^2 \left(\frac{b}{L} + m_x \varphi \frac{h}{L} \right)^2 - m_x^2 \beta_\delta^2}} \quad (3)$$

Підходи побудови залежності граничних значень коефіцієнта зчеплення коліс із дорогою від коефіцієнта розподілу гальмівної сили

Границі зон розраховуються за формулами:



$$m_{x_{I-II}} = \frac{\frac{a}{L} \left(1 - 4\varphi^2 \frac{h^2}{B^2} \right)}{1 - \beta_\delta + \varphi \frac{h}{L} \left(1 - 4\varphi^2 \frac{h^2}{B^2} \right)} \quad (1)$$

$$m_{x_{II-III}} = \frac{A^2 \frac{b}{L}}{\beta_\delta - A^2 \varphi \frac{h}{L}} = \frac{\frac{b}{L} \left(1 - 4\varphi^2 \frac{h^2}{B^2} \right)}{\beta_\delta - \varphi \frac{h}{L} \left(1 - 4\varphi^2 \frac{h^2}{B^2} \right)} \quad (2)$$

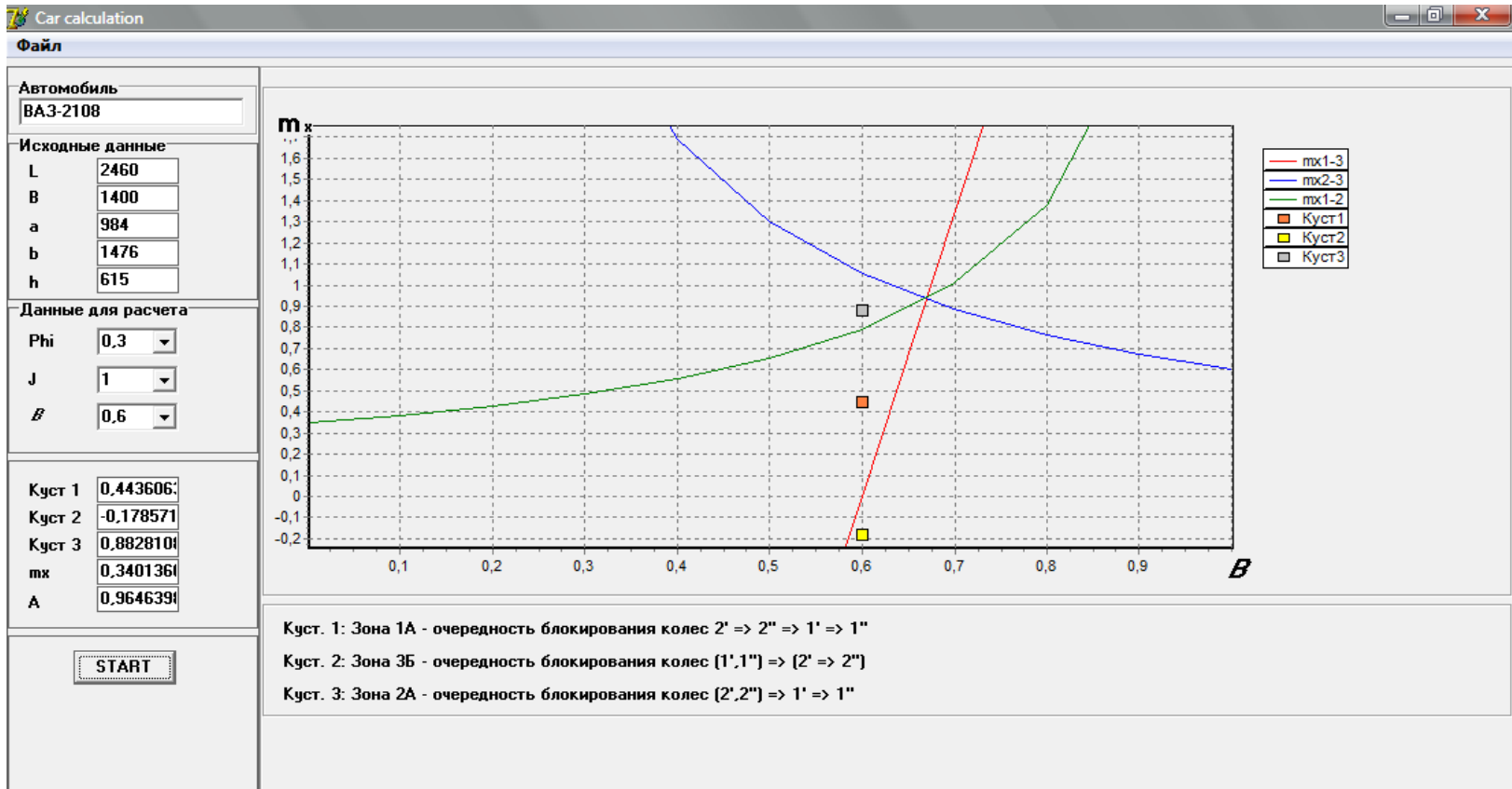
$$m_{x_{I-III}} = \beta_\delta \frac{L}{\varphi h} - \frac{b}{\varphi h} \quad (3)$$

Координати точки С:

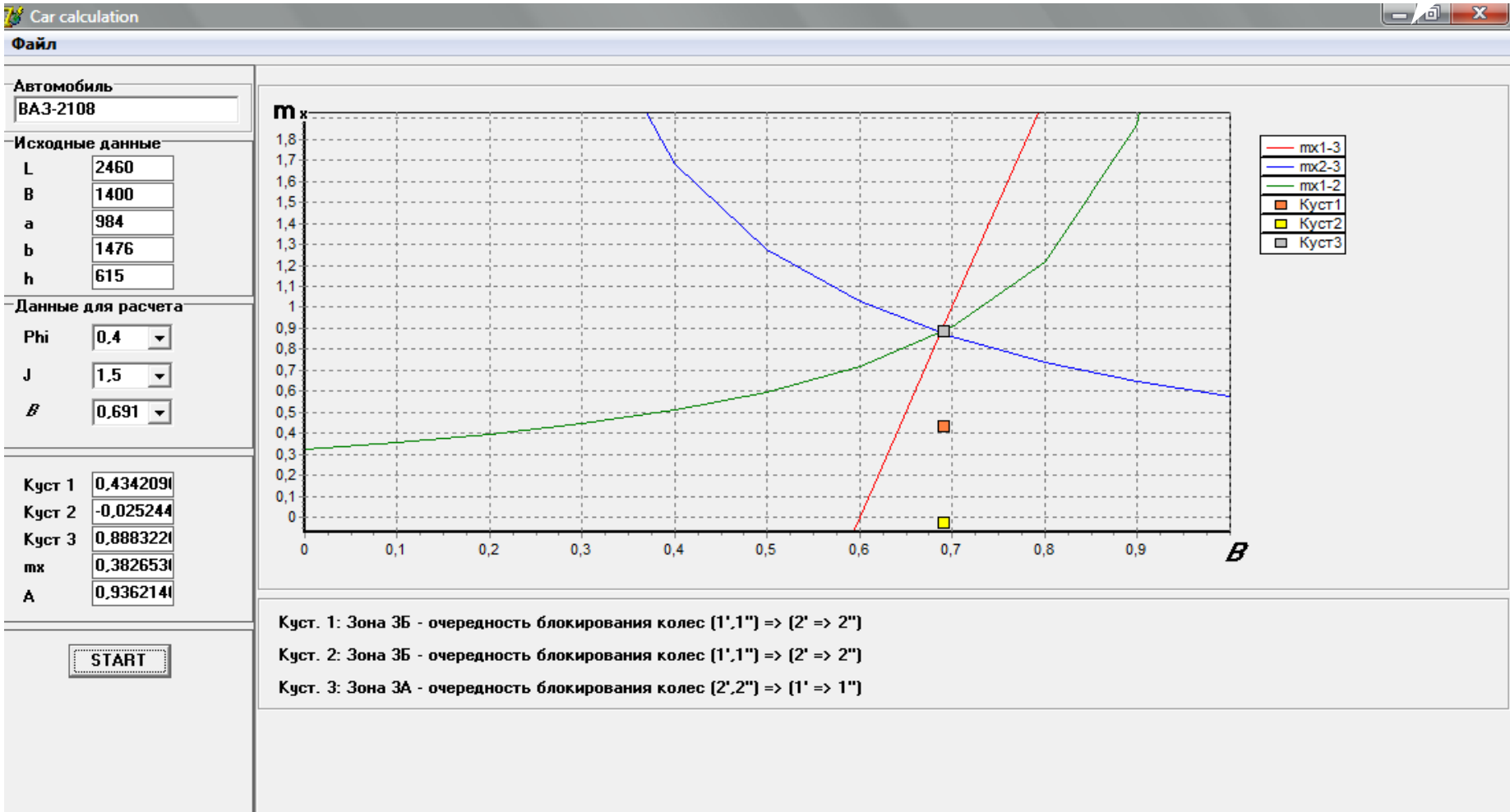
$$m_{x_c} = A^2 = 1 - 4\varphi^2 \frac{h^2}{B^2} \quad (4)$$

$$\beta_{\delta_c} = \frac{b}{L} + A^2 \varphi \frac{h}{L} \quad (5)$$

Результати моделювання стійкості автомобіля при відомому розподілі гальмівних сил



Моделювання стійкості автомобіля при сполученні накладок 7-4



Моделювання стійкості автомобіля при сполученні накладок 4-3

Результати розрахунків та запропонована структура звіту для друку

ОТЧЕТ

Марка автомобиля: ВАЗ-2108.

Наименование	Значение
L – колесная база автомобиля.	2460
B – колея колес автомобиля.	1400
a – проекции на горизонтальную плоскость расстояния от задней оси до центра масс.	984
b – проекции на горизонтальную плоскость расстояния от задней оси до центра масс.	1400
h – высота центра масс автомобиля.	615
φ – коэффициент сцепления колес с дорогой.	0,5
j – замедлением автомобиля.	1
B – коэффициент действительного распределения тормозной силы на определенную ось, определяемый конструкцией тормозной системы.	0,7

Куст. 1: Зона ЗБ - очередность блокирования колес (1', 1») \Leftrightarrow (2' \Rightarrow 2»).

Куст. 2: Зона ЗБ - очередность блокирования колес (1', 1») \Leftrightarrow (2' \Rightarrow 2»).

Куст. 3: Зона ЗА - очередность блокирования колес (2', 2») \Leftrightarrow (1' \Rightarrow 1»).

сло слов: 111 Русский (Россия) 95%

1. Використані в роботі залежності пов'язують між собою коефіцієнт розподілу гальмівних сил між осями з геометричними параметрами та сповільненням автомобіля.

2. На базі існуючих теоретичних положень оцінки стійкості легкового автомобіля проти заносу в процесі гальмування та експериментальних даних проведено перевірку ефективності сполучення гальмівних пар та їх вплив на безпеку руху.

3. Вдосконалена методика може бути корисною для конструкторів автотранспорту (вибір раціонального розподілу гальмівних сил), працівників, що сертифікують фрикційні матеріали, які використовуються у гальмівних механізмах автомобілів (їх вірний підбір на осях автомобіля), експертів при розслідуванні механізму ДТП.

4. При стендових випробуваннях простежується динаміка зміни розподілу гальмівних сил. І використовуючи комп'ютерну програму, легко визначити, у якому стані виявиться легковий автомобіль на кожному з етапів гальмування.

5. Запропоновані алгоритми моделювання граничних умов стійкості автомобіля. Графічно представлені залежності коефіцієнта використання зчіпної ваги від коефіцієнта розподілу гальмівної сили на передню вісь. Отримані лінії рівної стійкості автомобіля проти заносу, які дозволяють більш точно визначати дійсний рівень зазначеної стійкості автомобіля.

6. Структура проекту джерел фінансування за даним критерієм досить прийнятна. Розрахунок DPI вказує на те, що наш проект є прибутковим ($1,723 > 1$). Значення *PV-payback* має бути мінімальним, в нашому випадку складає 3 роки і є прийнятним.