

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 8.07010601 – Автомобілі та автомобільне господарство

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВИЗНАЧЕННЯ ТА НОРМУВАННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ


Розробив студент гр. 1АТ-14м

Бишко М.О.

Керівник роботи к.т.н., доцент

Кашканов В.А.

Вінниця ВНТУ 2015




Мета роботи – обґрунтування механізму методів визначення і планування паливної економічності вантажних автомобілів у залежності від зміни основних факторів, що формують умови руху, розробка практичних рекомендацій з диференційованої прогностичної оцінки витрати палива.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати і здійснити ранжування значимості впливу на лінійні витрати палива вантажних автомобілів основних факторів, що пов'язані з умовами руху, конструктивними параметрами, технічними характеристиками вантажних автомобілів.
2. Розробити методики багатофакторного дослідження і кількісної оцінки взаємозв'язку типу і стану дороги, швидкості руху та завантаження АТЗ з паливною економічністю вантажних автомобілів на базі методів багатофакторного планування експерименту.
3. Розробити алгоритм комп'ютерного моделювання руху вантажних автомобілів і розрахунку показників паливної економічності на різних типах доріг, у т. ч. з поверхнями, що деформуються (грунтових, піщаних, тощо).

Наукова новизна: полягає в розробці методів багатофакторного аналізу для кількісної оцінки взаємозв'язку лінійних витрат палива вантажних автомобілів від типу і стану дороги, швидкості руху та завантаження. Удосконалено метод диференційованого нормування витрат палива в залежності від конкретних умов руху.



Дослідження у сфері паливної економічності автомобіля

- оптимізація паливної економічності безпосередньо бензинових і дизельних двигунів в процесі їхнього проектування і доводки;
- дослідження і оптимізація паливної економічності в процесі проектування і доводки нових автомобілів, тобто підбір характеристики і параметрів силового приводу, шин, аеродинаміки і інших конструктивних факторів для певних типових умов руху ;
- дослідження можливостей покращення експлуатаційної паливної економічності серійних автомобілів в реальних та різноманітних умовах експлуатації і вдосконалення нормування витрати палива в експлуатації.

Структурно виходячи з системного підходу і потенційних та експлуатаційних властивостей автомобіля і умов експлуатації з відповідною трансформацією можна представити середовище досліджень як:

$$Q_g = f(K_n, T, M, B_p, C_p, \Sigma R, O, Z_{cp}, G, P_v, D, \Pi, B)$$

Де: Q_g – головний нормований критерій (показник якості), тут паливна економічність;

K_n – конструктивні параметри і технічні характеристики;

T – технологічні фактори (в тому числі розсіювання параметрів при масовому виробництві);

M – фізико–математичні і хімічні властивості матеріалів (в тому числі експлуатаційних);

B_p – особливості виробництва (коливання технічних характеристик при масовому виробництві);

C_p – внутрішнє середовище і відхилення робочих процесів агрегатів і систем автомобіля;

R – сукупність робочих режимів (навантажувальних, швидкісних, температурних і т.д.) в певному діапазоні при виконанні робочих функцій автомобіля;

O – вплив оператора (А–автомобіль, В–водій);

Z_{cp} – зовнішнє середовище (дорога, температура і вологість повітря, дорожня ситуація, пилюка і т.д.);

G – корисне навантаження (використання вантажопід'ємності автомобіля);

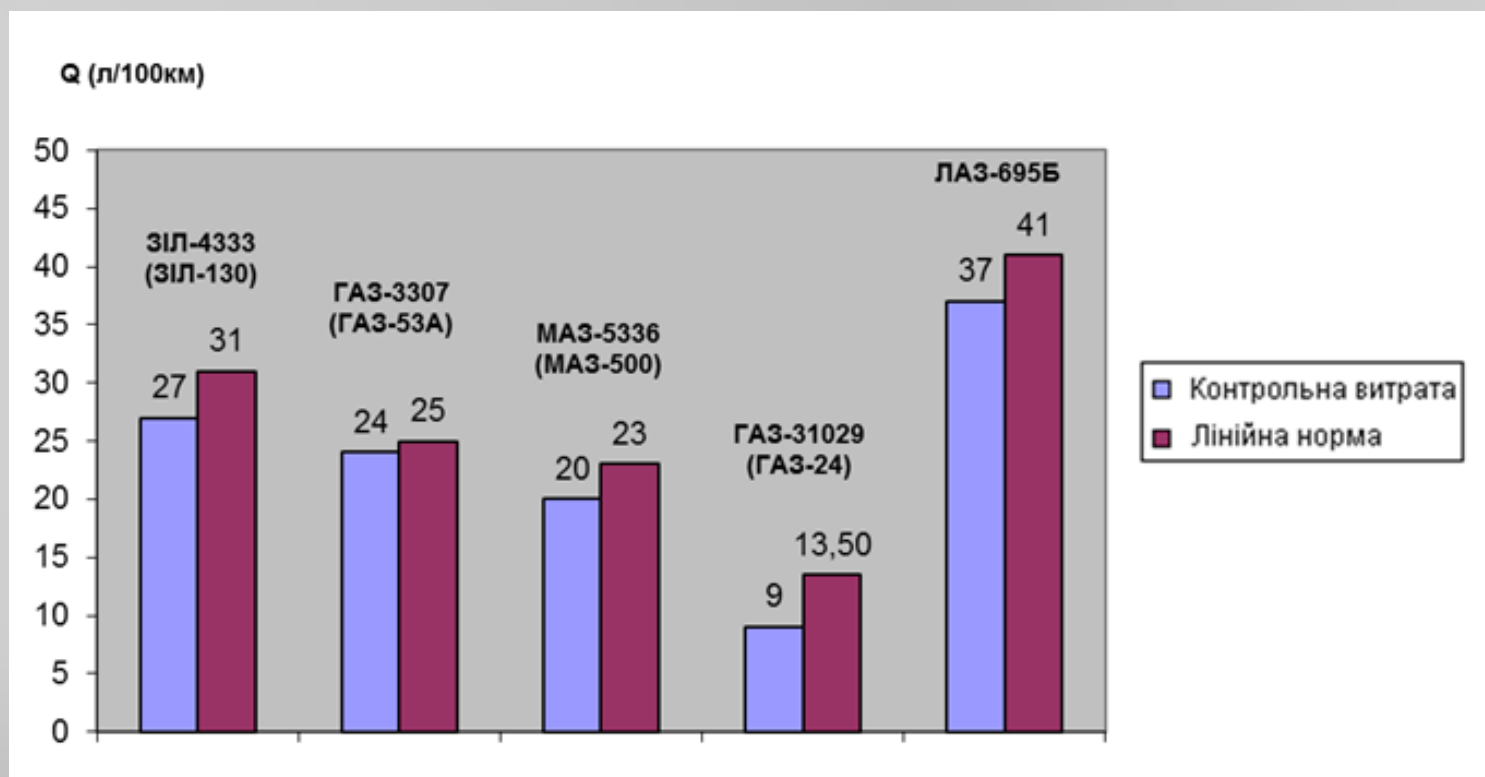
P_v – режими руху (швидкість і інтенсивність її зміни);

D – діагностика;

Π – профілактика технічного стану автомобіля;

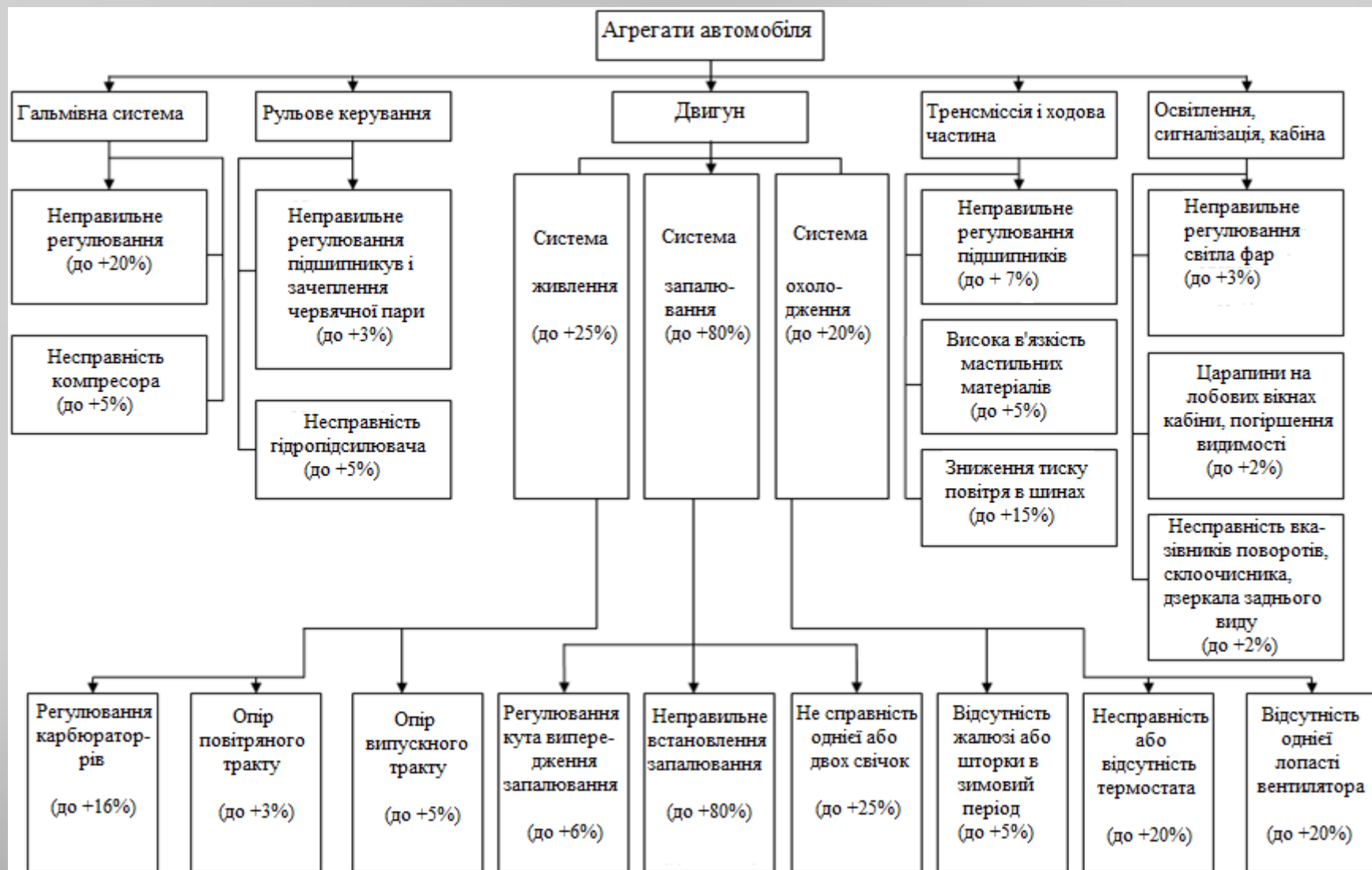
B – питоме відновлення еталонних характеристик автомобіля

Контрольні витрати та лінійні норми витрати палива автомобілів*

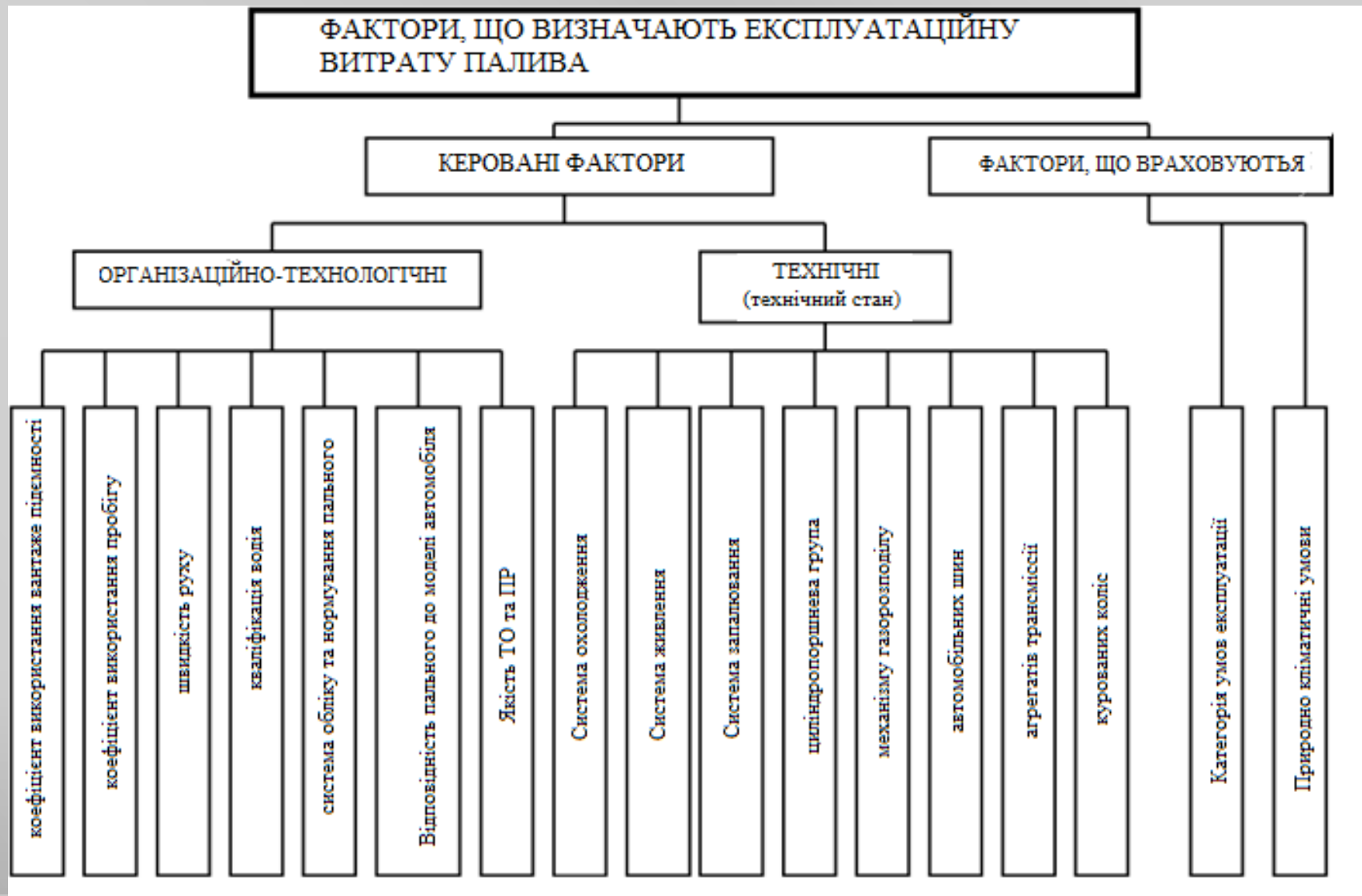


* - Рубець Д. А. Топливная экономичность автомобиля.

Вплив технічних факторів на лінійну витрату палива (γ % до встановленої норми)



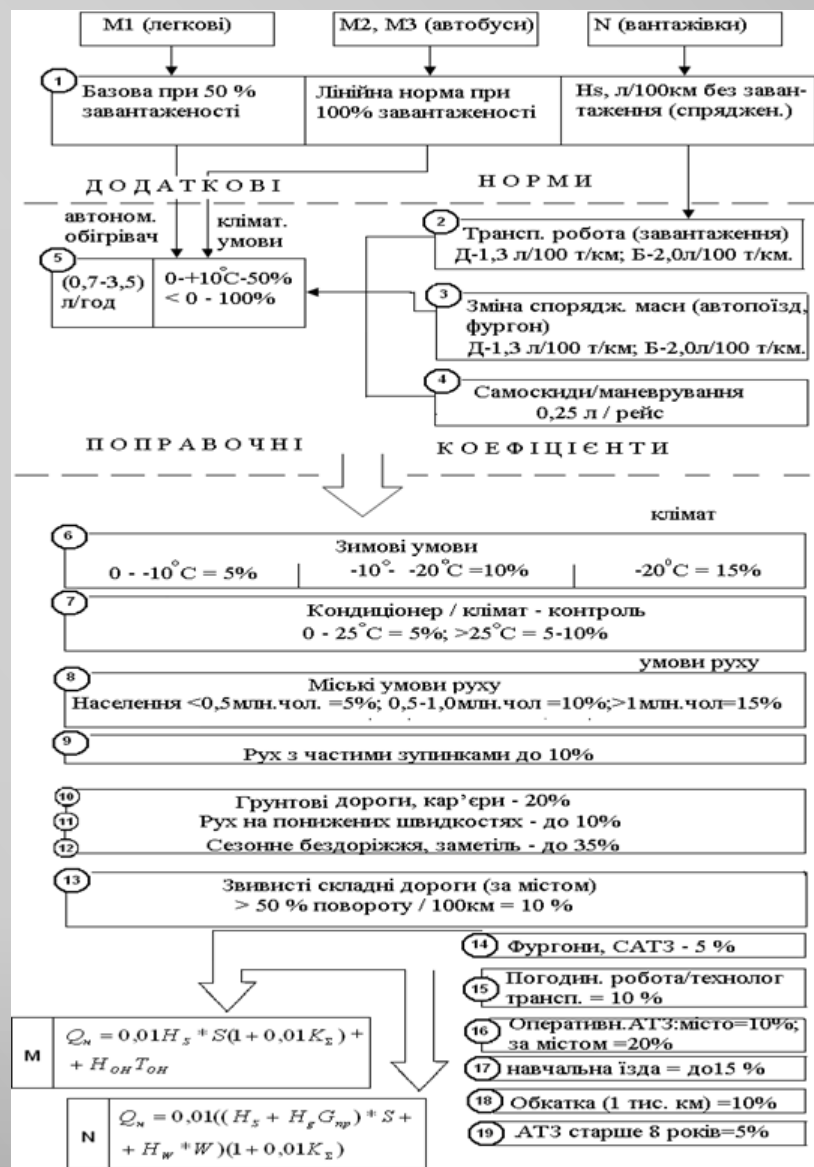
Класифікація основних факторів, що впливають на витрату палива



Структура і ступінь впливу експлуатаційних факторів на втрату палива

№ з/п	Групи факторів	Питомий вплив, збільшення Q_c %
1	Технічний стан АТЗ на прикладі ГАЗ	
1.1	Знос двигуна	до 4–6
1.2	Підвищення опору випускної системи до 50%	≈2–3
1.3	Несправності карбюратора	5–7/10–15
1.4	Несправності системи запалювання	3–25
1.5	Октанове число і фракційний склад бензину	5–8
1.6	понижена робоча температура двигуна (до 40-45°C)	8–10
1.7	Регулювання підшипників і геометрії підвіски керованої осі	до 14
1.8	Відхилення від номінального тиску повітря в шинах на 13 – 15% на 40%	1,6–2 6,8–17
2	Умови експлуатації АТЗ	
2.1	Тип і стан дороги	10–100
2.2	Навантаження (від 0 до номінального 2,5т)	20–25
2.3	Частота зупинок на 1 км шляху (від 0 до 1)	15–25
2.4	Привід допоміжних агрегатів (самоскид)	до 2,2
2.5	Швидкість руху (від 20 до 70 км/год)	до 50
2.6	Досвід водія	до 25
2.7	Макропрофіль дороги (спуски, підйоми) з використанням накату	від –9% до +10%

Структура розрахунку нормативної витрати палива



H_s – базова лінійна норма;

S – пробіг, км;

K_Σ – сумарний кор. коефіцієнт;

H_{OH} – норма автономного обігрівача;

T_{OH} – час роботи обігрівача;

H_w – норма транспортної роботи;

W – транспортна робота.

Сумарний коефіцієнт опору рухові без врахування класичних складових (макропрофілю – підйомів (спусків))

$$f = f_0 + \Psi_1 \frac{S_H^2 * V_a}{G_A} + \Psi_2 \frac{S_H}{G_a} + \frac{3}{(\mu+1)*(3-\mu)} \sqrt{\frac{h}{D_k}} + A * [0.25 K_\varphi * \frac{\varphi_{II}}{\varphi} + 0.125 (K\varphi * \frac{\varphi_{II}}{\varphi})^2]$$

де f_0 – так зване базове значення коефіцієнта опору коченню в початковому діапазоні швидкості, що характерне для конкретного типу дороги;

S_H – показник рівності поверхні дороги (сума відносних переміщень кузова і коліс автомобіля на 1 км, см/км);

V_a, G_a – швидкість і вага автомобіля;

Ψ_1, Ψ_2 – коефіцієнти впливу конструктивних параметрів і характеристик підвіски;

m – невіднесорені маси;

K, K_1 – жорсткість, відповідно, ресор і шин;

c, c_1 – опір переміщенню (коефіцієнт демпфування) в амортизаторах і шинах;

R – сила опору деформації ресор (пружних елементів підвіски);

$h_1 = \frac{c}{m}$ – питоме демпфування амортизаторів;

h – глибина колії, що утворюється на поверхні, та деформується у процесі руху;

D_k – ширина і діаметр колеса (шини);

μ – емпіричний коефіцієнт, що характеризує відносну вологість ґрунту (0 – 1,0);

φ – граничне значення коефіцієнта зчеплення шин із дорогою для даного типу поверхні дороги;

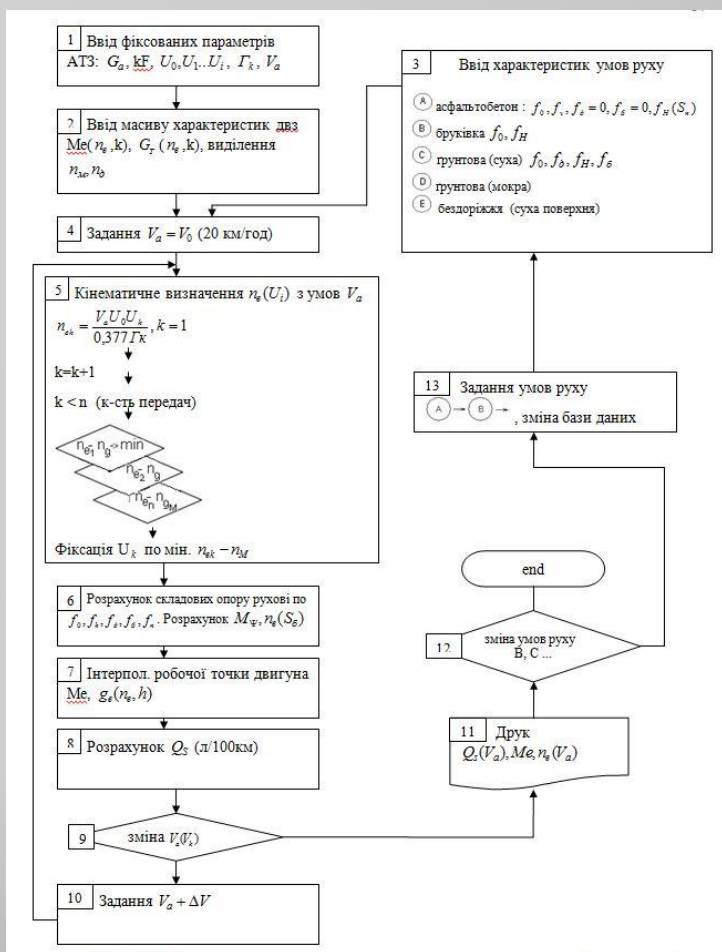
φ_{II} – фактичний коефіцієнт зчеплення шини в поздовжньому напрямку (із врахуванням пробуксовування);

A – коефіцієнт лінійного зв'язку φ_{II} ;

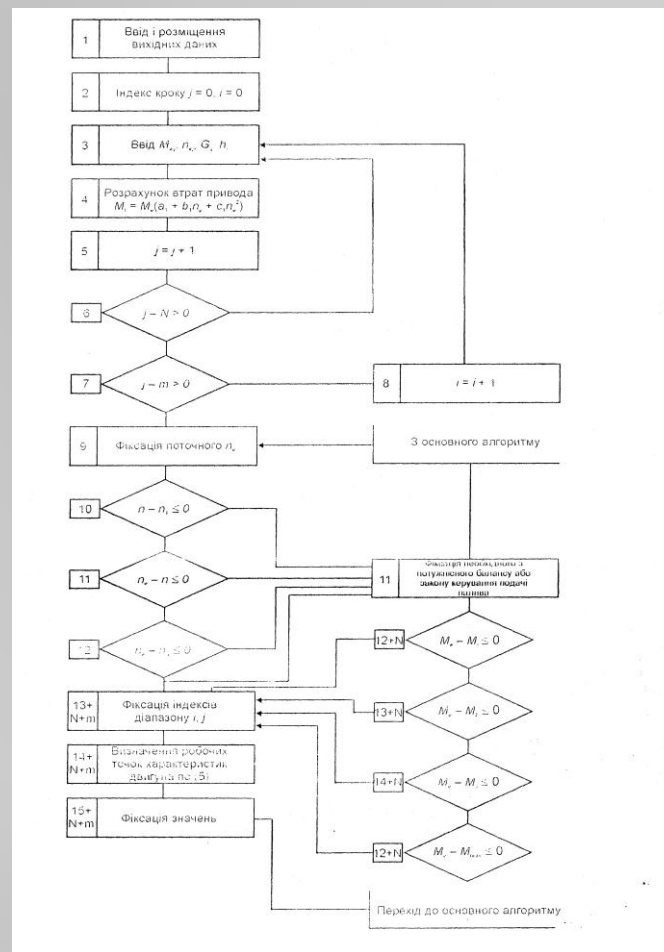
Середньостатистичні значення визначальних параметрів на різних типах доріг

Типи доріг	f_0	f_x	f_v	f_d
	Базовий опір	Рівність, S	Відн. вологість μ	Опір деформованого ґрунту, C_T
Тверді поверхні				
1. Типовий асфальтобетон	0,015	50 - 100	0-0,2	-
2. Бруківка	0,015	200- 500	0	-
Деформовані поверхні сухі				
3. Ґрунтова профільована суглинок	0,035	250- 500	0,5	10-20
супісок	0,055	400 - 600	0,5	10-15
Вологі/мокрі				
4. Суглинок	0,055	500 - 800	0,75	2-6
супісок	0,070	550 - 900	0,75	1-5
Бездоріжжя				
5. Ґрунт	0,1-0,2	600 - 1000	1,0	0,5-1

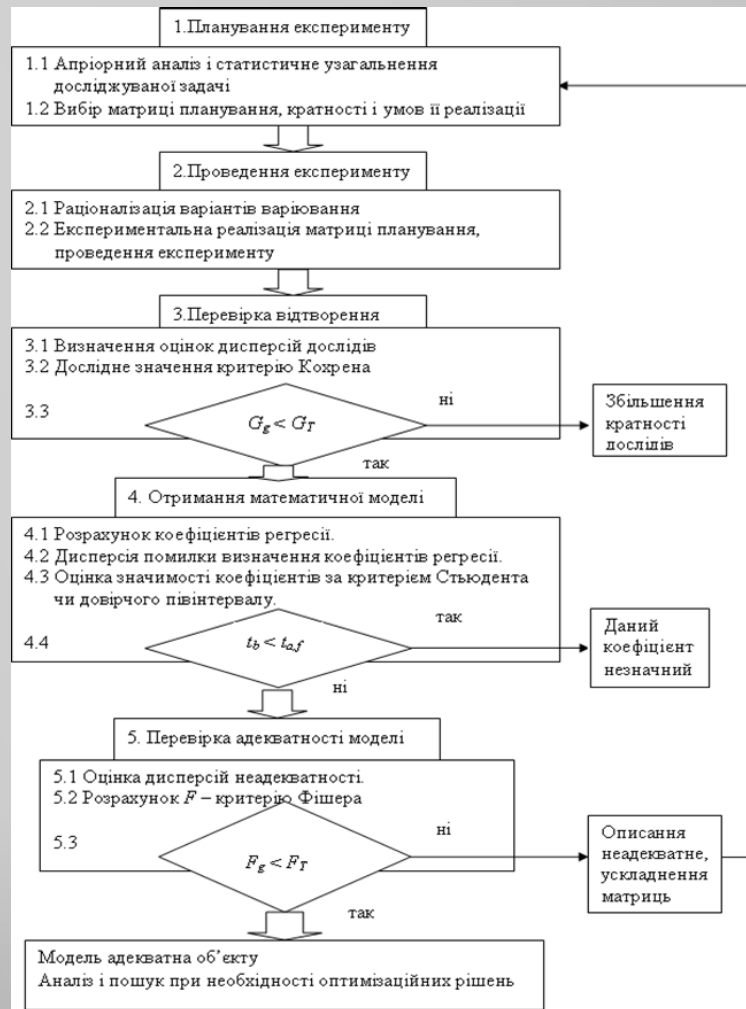
Блок – схема алгоритму розрахунку характеристик усталеного руху на різних типах доріг



Блок – схема алгоритму двомірного інтерполювання режимів роботи двигуна



Блок – схема застосування методу багатфакторного планування експерименту



Матриці трифакторного планування лінійного ($N = 8$) і нелінійного ($N = 27$) дослідження

$N(j)$	x_1	x_2	x_3	$(x'_1)^2$	$(x'_2)^2$	$(x'_3)^2$	$Y_{k=1}$	$Y_{k=2}$	$Y_{k=3}$	Y_i	Y_{jm}
1	-	-	-	1/3	1/3	1/3					
2	+	-	-	1/3	1/3	1/3					
3	-	+	-	1/3	1/3	1/3					
4	+	+	-	1/3	1/3	1/3					
5	-	-	+	1/3	1/3	1/3					
6	+	-	+	1/3	1/3	1/3					
7	-	+	+	1/3	1/3	1/3					
8	+	+	+	1/3	1/3	1/3					
9	0	-	-	-2/3	1/3	1/3					
10	0	+	-	-2/3	1/3	1/3					
11	0	-	+	-2/3	1/3	1/3					
12	0	+	+	-2/3	1/3	1/3					
13	0	0	+	-2/3	-2/3	1/3					
14	0	0	-	-2/3	-2/3	1/3					
15	+	0	-	1/3	-2/3	1/3					
16	-	0	-	1/3	-2/3	1/3					
17	+	0	-	1/3	-2/3	1/3					
18	-	0	+	1/3	-2/3	1/3					
19	0	+	0	-2/3	1/3	-2/3					
20	0	-	0	-2/3	1/3	-2/3					
21	+	0	0	1/3	-2/3	-2/3					
22	-	0	0	1/3	-2/3	-2/3					
23	+	+	0	1/3	1/3	-2/3					
24	-	-	0	1/3	1/3	-2/3					
25	+	-	0	1/3	1/3	-2/3					
26	-	+	0	1/3	1/3	-2/3					
27	0	0	0	-2/3	-2/3	-2/3					

Матриця нелінійного планування трифакторного експерименту і результати комп'ютерного розрахунку лінійної витрати палива для заданих комбінацій умов руху, для моделей ГАЗ-3307, ЗІЛ-4333, КамАЗ-4310

№ з/п	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	ГАЗ-3307		ЗиЛ-4333		КамАЗ-4310	
							$Q_{експ},$ л/100 км	$Q_{теор},$ л/100 км	$Q_{експ},$ л/100 км	$Q_{теор},$ л/100 км	$Q_{експ},$ л/100 км	$Q_{теор},$ л/100 км
1	-	-	-	+	+	+	24,1	23,1	29,0	29,0	35,2	35,6
2	+	-	-	-	-	+	29,6	27,6	25,8	25,8	29,5	29,8
3	-	+	-	-	+	-	28,9	26,7	34,8	36,8		64,1
4	+	+	-	+	-	-	36,9	34,5	38,7	38,8		37,8
5	-	-	+	+	-	-	28,1	27,0	34,8	34,8		41,0
6	+	-	+	-	+	-	37,1	34,1	38,7	38,7		37,3
7	-	+	+	-	-	+	34,2	33,8	58,4	58,4		79,0
8	+	+	+	+	+	+	42,7	39,2	60,2	60,2		74,0
9	0	-	-	0	0	+		20,1		20,4	31,2	31,4
10	0	+	-	0	0	-		25,1		35,1		60,1
11	0	-	+	0	0	-		26,7		32,3		39,0
12	0	+	+	0	0	+		34,7		54,2		78,4
13	0	0	+	0	0	0		30,8		43,1		60,2
14	0	0	-	0	0	0		23,7		27,3	58,8	58,4
15	+	0	+	0	+	0		36,6		49,6		56,2
16	-	0	-	0	+	0		25,0		34,3	60,4	60,9
17	+	0	-	0	-	0		32,1		32,1	53,4	53,1
18	-	0	+	0	-	0		31,6		51,2		66,2
19	0	+	0	0	0	0		29,8		43,6		62,7
20	0	-	0	0	0	0		23,4		29,2		35,4
21	+	0	0	0	0	0		34,6		41,5		52,0
22	-	0	0	0	0	0		29,2		43,3		63,0
23	+	+	0	+	0	0		37,1		49,6		67,0
24	-	-	0	+	0	0		25,2		35,2		38,0
25	+	-	0	-	0	0		30,9		34,1		32,2
26	-	+	0	-	0	0		30,7		52,4		67,1
27	0	0	0	0	0	0		28,2		37,1		54,7

Регресійні рівняння взаємозв'язку

Результати дозволили отримати регресійні рівняння взаємозв'язку:
для ГАЗ – 3307:

$$Q_s = 26,7 + 3,1x_1 + 2,97x_2 + 3,8x_3 + 0,4x_2x_3 + 4,1x_1^2 + 0,7x_2^2$$

$$\text{де } x_1 = \frac{Va - 45}{15} \quad x_2 = \frac{Ga - 5370}{2000} \quad x_3 = \frac{\psi - 0,031}{0,014}$$

для ЗІЛ – 4333:

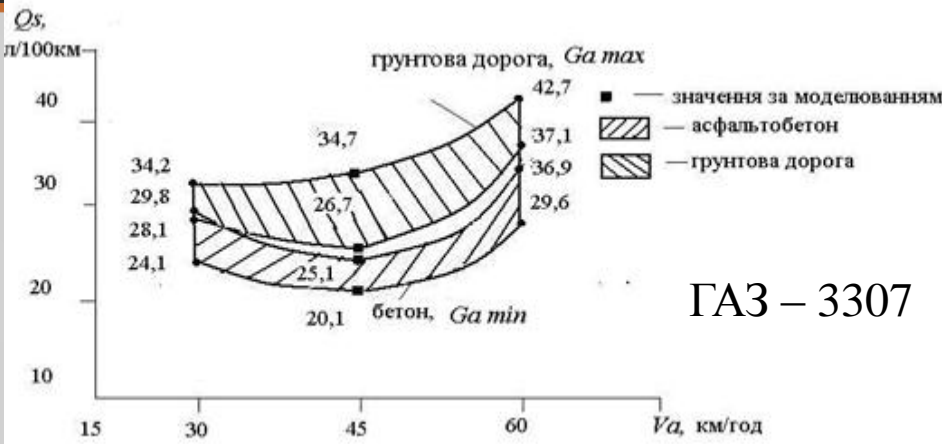
$$Q_3 = 33,0 + 8,3X_2 + 8,0X_3 + 2,7X_2X_3 + 12,2X_1^2 - 0,6X_2^2 - 1,8X_3^2$$

$$\text{де } x_1 = \frac{Va - 45}{15} \quad x_2 = \frac{G_a - 7200}{2500} \quad x_3 = \frac{\Psi - 0,032}{0,014}$$

для КамАЗ – 4310:

$$Q_s = 49,83 - 5,1x_1 + 13,9x_2 + 8,0x_3 - 2,73x_1x_2 + 2,93x_1x_2 + 4,78x_2x_3$$

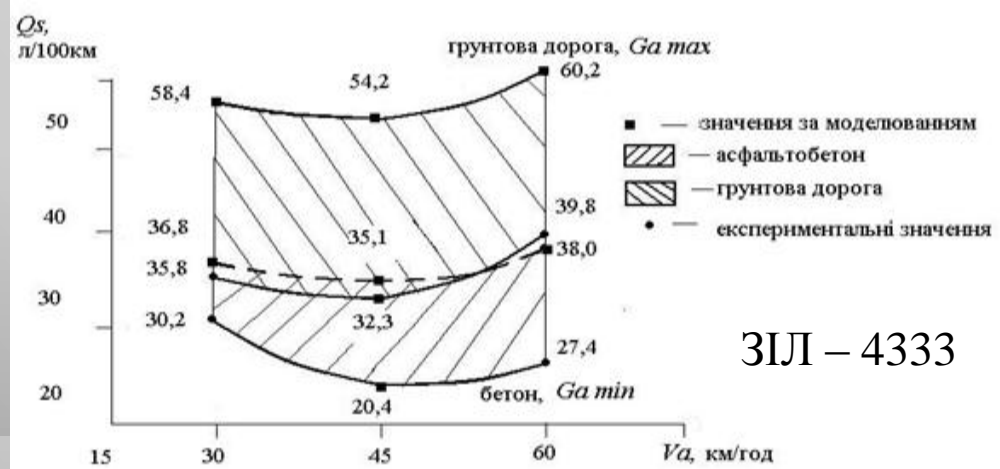
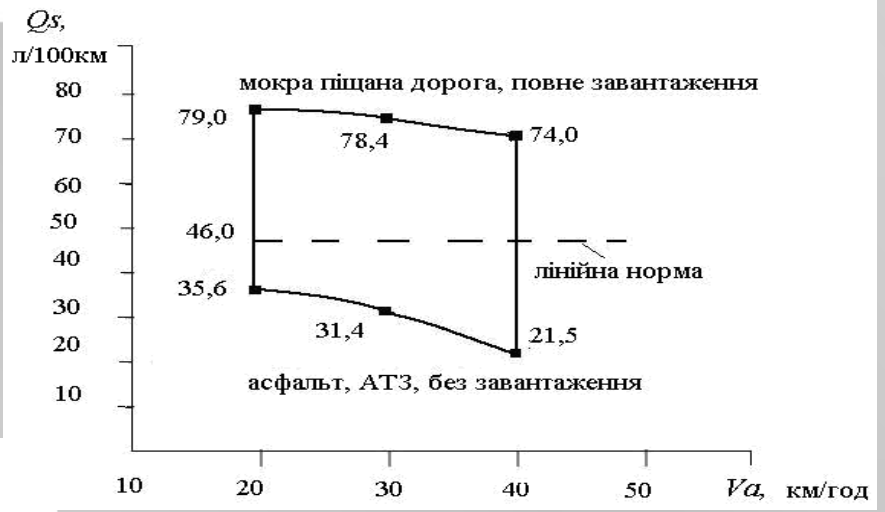
$$\text{де } x_1 = \frac{V_a - 30}{10} \quad x_2 = \frac{\Psi - 0,035}{0,020} \quad x_3 = \frac{G_a - 11500}{3500}$$



GAZ – 3307

Графічні ілюстрації діапазонів зміни паливно – швидкісних характеристик досліджуваних автомобілів, що дозволяють достатньо точно описувати взаємозв'язок
 $(Q_s = f(V_a, \Psi, G_a))$

КамАЗ – 4310



ЗІЛ – 4333

Табличний варіант диференційованого нормування витрати палива

Базове Q_c для середніх умов, л/100 км	Коректування по V_a		Коректування по G_a		Коректування по типу дороги ΔQ , л/100 км	
	ΔQ , л/100 км	V_a , км / год	ΔQ , л/100 км	G_a , т		
26,7	+7,2	60	+3,7	4,0	6,0	Мокра піщана
					4,0	Мокра ґрунтова
	0	45	0	2,0	0	Суха профільована дорога
	+1,1	30	-2,3	0	-3,0	Гравій зв'язаний
				-4,0	Асфальт (I категорія)	

ГАЗ – 3307

Базове Q_c для середніх умов	Коректування по V_a		Коректування по G_a		Коректування по типу дороги ΔQ , л/100 км	
	ΔQ , л/100 км	V_a , км / год	ΔQ , л/100 км	G_a , т		
33,7	+11,0	60	+10,2	5,0	15,0	Мокра піщана
					10,5	Мокра ґрунтова
	0	45	0	2,5	0	Суха профільована дорога
	+14,0	30	-9,1	0	-6,0	Гравій зв'язаний
				-8,0	Асфальт I кат	

ЗІЛ – 4333

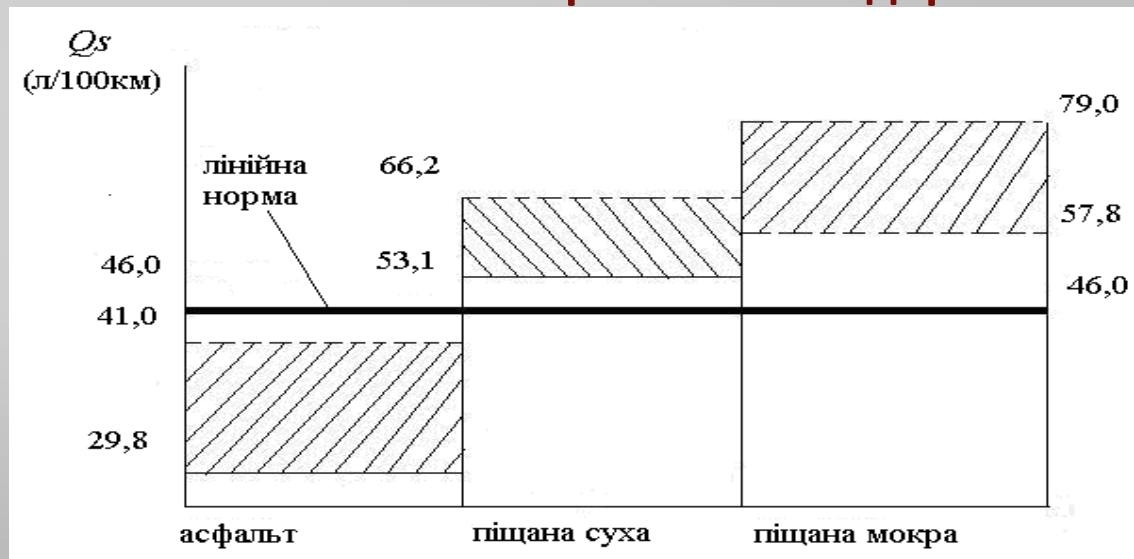
Базове Q_c для середніх умов	Коректування по V_a		Коректування по G_a		Коректування по типу дороги ΔQ , л/100 км	
	ΔQ , л/100 км	V_a , км / год	ΔQ , л/100 км	G_a , т		
54,3	-6,0	60	+16,1	14,0 (причеп) 7,0	38,1	Грав'яне поле
	-4,3	40	+7,3		26,8	Мокра піщана
					15,2	Мокра ґрунтова
	0	45	0	2,5	0	Суха профільована дорога
				-8,2	Гравій зв'язаний	
	+14,0	30	-9,1	0		

КамАЗ – 4310

Графічний варіант спрощеного лінеаризованого нормування на прикладі повноприводного автомобіля КамАЗ – 4310

ΔQ л/100км	V_a , км/год	ΔQ л/100км	G_a , т	ΔQ л/100км	
-6,0	60	+16,1	14,0 (причеп)	38,1	трав'яне поле
-4,3	45	+7,3	7,0	26,8	мокра піщана дорога
база				15,2	мокра ґрунтова дорога
54,3	40	0	2,5	0	суха профільована дорога
				-8,2	гравій зв'язаний
+14,0	30	-9,0	0	-16,2	Асфальт I категорії

Порівняльна оцінка діапазону лінійних витрат палива автомобіля КамАЗ – 4310 на різних типах доріг



ВИСНОВКИ

1) Проведено ранжування значимості експлуатаційних факторів на лінійні витрати палива вантажних автомобілів, виділено три групи експлуатаційних і конструктивних факторів, що формують реальну експлуатаційну паливну економічність автомобілів.

2) Розроблено комплексну методику багатofакторної оцінки паливної економічності усталеного руху вантажних автомобілів на основі трифакторного експерименту, як методами комп'ютерного моделювання руху автомобілів в різних умовах експлуатації. Отримані результати в залежності від умов руху, дозволяють підвищити точність нормування у 1,5 – 2 рази, а для повнопривідних автомобілів у 2 – 2,2 рази.

3) Розроблено алгоритм комп'ютерного моделювання руху вантажних автомобілів і розрахунку показників паливної економічності на різних типах доріг, у т. ч. з поверхнями, що деформуються (грунтових, піщаних, тощо). Визначено, що питомий вплив на формування експлуатаційної паливної економічності вантажних автомобілів має тип і стан дороги (для повнопривідних автомобілів до 200 – 250% від базової норми) та нелінійний вплив швидкості руху (до 150%). Значимість завантаження дещо менша, але можна констатувати, що погіршення стану і типу дорожнього покриття зі збільшенням коефіцієнта сумарного опору рухові на 0,01 обумовлює зростання витрат палива, що еквівалентне 2 – 3 т дозавантаження автомобіля.



**Дякую за увагу, доповідь
закінчено!**