

ЛЕКЦІЯ №7

**з дисципліни “Механіка дорожнього одягу і
земляного полотна”**

**Частина I «Механіка дорожнього одягу»
для спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»
за спеціалізацією “Автомобільні дороги і
аеродроми”.**

Лектор:

професор, доктор технічних наук

Мозговий Володимир Васильович

**(завідувач кафедри дорожньо-будівельних
матеріалів і хімії, д.т.н., професор)**

Тема лекції № 7

**Розрахункові
навантаження та
інтенсивність руху**

План лекції №7

1. Розрахункові навантаження та інтенсивність руху.
2. Параметри для визначення розрахункового сумарного числа прикладення навантаження за термін служби дорожнього одягу.

1 Розрахункові навантаження та інтенсивність руху

За розрахункову схему навантаження конструкції колесом автомобіля приймається пружний круговий штамп діаметром D , що передає рівномірно розподілене навантаження величиною p .

Величини розрахункового питомого тиску колеса на покриття p і розрахункового діаметра D , зведеного до круга відбитка розрахункового колеса на поверхні покриття призначають з урахуванням нормативного (статичного) навантаження на вісь:

для доріг I_а, I_б і II категорій – 115 кН;

для доріг III – IV категорій – 100 кН;

При проектуванні дорожнього одягу дороги спеціального призначення за розрахункове повинне прийматися навантаження на вісь певної марки автомобіля або іншого транспортного засобу, систематична експлуатація яких передбачається на цьому об'єкті.

За параметри, що характеризують величину та повторність дії навантаження транспортних засобів на дорожній одяг, слід приймати:

- при проектуванні дорожнього одягу на нерухоме навантаження – середній розрахунковий тиск p колеса на покриття та розрахунковий діаметр D_H зведеного до круга відбитка колеса нерухомого автомобіля;

- при проектуванні дорожнього одягу на дію рухомого транспортного засобу – тиск p , розрахунковий діаметр D_d відбитка колеса рухомого автомобіля та розрахункову інтенсивність руху N_p , що приводить до нормованого навантаження

Величину p приймають такою, що дорівнює тиску повітря в шині колеса. Діаметр розрахункового відбитку колеса D визначають із залежності:

$$D = \sqrt{\frac{40 \cdot Q_{розр}}{\pi \cdot p}}$$

, см (3.2)

де $Q_{розр}$ – розрахункове навантаження, що передається колесом на поверхню покриття, кН;
 p – питомий тиск, МПа.

Значення D_n , D_d , та p для розрахункових навантажень наведено у додатку Ж ВБН В.2.3-218-186-2004.

Урахування характеру навантаження, що діє на дорожній одяг (короткочасне багаторазове навантаження, статичне навантаження), потрібно визначати через прийняття відповідних розрахункових значень розрахункових характеристик матеріалів, а також через введення коефіцієнта динамічності при виборі величини навантаження

Дорожній одяг автомобільних доріг необхідно розраховувати з урахуванням складу та перспективної інтенсивності руху, що очікується на рік служби перед капітальним ремонтом. Термін служби до капітального ремонту необхідно приймати відповідно до ВБН Г.1-218-050.

Середньодобова перспективна кількість проїздів усіх коліс, що розміщені по один бік транспортного засобу в межах однієї смуги проїжджої частини, приведена до розрахункового навантаження є приведеною розрахунковою інтенсивністю N_p (в одиницях на добу) дії навантаження:

$$N_p = f_{\text{смуги}} S_{m \text{ сум}} \quad (3.3)$$

де $f_{\text{смуги}}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 3.2;

n – загальна кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

N_m – кількість проїздів за добу в обох напрямках транспортних засобів i -ої марки;

$S_{m \text{ сум}}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -ої марки до розрахункового навантаження (Q)

Визначення сумарного коефіцієнта приведення різних марок автомобілів до розрахункового навантаження виконують відповідно до вказівок додатка Ж ВБН В.2.3-218-186-2004.

Таблиця 3.2

Кількість смуг руху	Значення коефіцієнта $f_{\text{смуги}}$ для смуги за номером			
	1	2	3	4
1	1,00	–	–	–
2	0,55	–	–	–
3	0,50	0,50	–	–
4	0,50	0,80	–	–
6	0,35	0,20	0,05	–
8	0,30	0,20	0,05	0,01

Примітка 1. Порядковий номер смуги рахується справа по ходу руху в одному напрямку.

Примітка 2. Для розрахунку узбіч приймають $f_{\text{смуги}} = 0,01$.

Примітка 3. На перехрестях і підходах до них (у місцях перебудови автомобілів для здійснення лівих поворотів тощо) при розрахунках одягу в межах всіх смуг руху потрібно приймати, $f_{\text{смуги}} = 0,50$, якщо загальна кількість смуг проїжджої частини пректованої дороги більша, ніж три.

На багатосмугових дорогах при відповідному обґрунтуванні дозволяється проектувати одяг змінної товщини за шириною проїжджої частини, розраховавши дорожній одяг у межах різних смуг відповідно до значення $N_{p'}$, знайденого за формулою (3.3).

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу визначається за формулою:

$$\sum N_p = f_{\text{смуґ}} \sum (N_{1m} K_c \cdot T_{\text{рдр}} \cdot 0,7) S_{\text{М сум}} \cdot K_n,$$

або за формулою:

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{(T_{\text{сл}}-1)} T_{\text{рдр}} \cdot K_n$$

, (3.5)

де n – кількість марок автомобілів;

N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -ї марки в перший рік служби, один./д;

$T_{\text{рдр}}$ – кількість розрахункових діб за рік, відповідно до стану деформативності конструкції, за таблицею 3.3;

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, за

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}$$

(3.6)

де $T_{сл}$ – розрахунковий строк служби (приймається відповідно до ВБН Г.1-218-050);

q – показник змін інтенсивності руху даного типу автомобіля за роками; встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними (може змінюватися від 0,80 до 1,10).

За відсутності інших даних значення K

Таблиця 3.3

Дорожньо-кліматичний район	У-I	У-II	У-III	У-IV	
				Захід	Південь
Кількість розрахункових днів на рік ($T_{рдр}$)	145	135	130	140	120
Примітка. Розрахунковим вважається день, протягом якого сполучення стану ґрунту земляного полотна за вологістю і температурою асфальтобетонних шарів конструкції зберігає можливість накопичення залишкової деформації в ґрунті земляного полотна чи малозв'язаних шарів дорожнього одягу.					

Таблиця 3.4

Тип дорожнього одягу	Значення коефіцієнта K_n для різних категорій доріг				
	I	II	III	IV	V
Капітальний	1,49	1,49	1,38	1,31	–
Полегшений	–	1,47	1,32	1,26	1,06
Перехідний	–	–	1,19	1,16	1,04

Таблиця 3.5 – Норми строків служби дорожніх одягів між капітальними ремонтами

Категорія автомобільної дороги	Інтенсивність руху, трансп. один/добу	Тип дорожнього одягу	Матеріал покриття	Строк експлуатації дорожнього одягу, у роках
1	2	3	4	5
I	понад 10000	капітальний	асфальтобетон	11
II	3000 – 10000	капітальний	асфальтобетон	12
III	1500 – 3000	полегшений	чорнощобеневе (просочування)	10
III – IV	1000 – 3000	полегшений	асфальтобетон	13
IV	500 – 1500	полегшений	чорнощобеневе (просочування)	10
IV	500 – 1500	полегшений	чорнощобеневе (змішування на дорозі)	9
IV	500 – 1500	полегшений	чорнощобеневе (змішування на дорозі)	10
IV	150 – 500	перехідний	щобеневе	5
IV	150 – 500	перехідний	бруківка	15
IV – V	До 150	перехідний	цементогрунтове: маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими матеріалами	6
V	Менше 150	перехідний	маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими матеріалами; фракційовані кам'яні матеріали	5

Примітка 1. При застосуванні дьогтю замість бітуму на покриттях полегшеного типу міжремонтні строки експлуатації зменшуються на два роки.

Примітка 2. При застосуванні дьогтеполімерів або бітумополімерів міжремонтні строки експлуатації поверхневих обробок можуть збільшуватися на 1 рік.

Примітка 3. При проходженні автомобільної дороги у складних умовах гірської місцевості (дорожньо-кліматична зона У – IV) норми міжремонтних строків експлуатації дорожніх одягів зменшуються на десять відсотків.

Примітка 4. Категорії автомобільних доріг та відповідні типи дорожніх одягів встановлені згідно з ДБН В.2.3-4

Таблиця 3.6

Показник зміни інтенсивності руху q , у роках	Значення K_c при терміні служби дорожнього одягу $T_{сл}$, у роках			
	8	10	15	20
1	2	3	4	5
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

2 Параметри для визначення розрахункового сумарного числа прикладення навантаження за термін служби дорожнього одягу

При проектуванні дорожніх одягів за
розрахунків приймають нормовані навантаження
згідно ДБН В.2.3-4, що відповідають граничним
навантаженням на вісь автомобілів (таблиця 1).

Група розрахунко вого навантажен ня	Нормативн е статичне навантаже ння на вісь, кН	Нормативне статичне навантаження на поверхню покриття від колеса розрахункового автомобіля, $Q_{розр}$, кН	Розрахункові параметри навантаження		
			p , МПа	D_n , см	D_d , см
A_1	115	57,5	0,80	30,0	34,5
A_2	100	50	0,60	33,0	37,0
Б	60	30	0,50	28,0	32,0

Основні дані про навантаження, що передаються на дорожнє покриття серійними автотранспортними засобами, наведені в таблиці 2.

Значення сумарного коефіцієнта приведення визначають за формулою:

$$S_{icy(\mathbf{1})} = \sum_{1}^m S_n$$

де n – число осей у даного транспортного засобу для приведення якого до розрахункового навантаження визначають коефіцієнт $S_{ісум}$,

S_n – коефіцієнт приведення номінального динамічного навантаження від колеса з кожної із n осей транспортного засобу до розрахункового динамічного навантаження.

Коефіцієнти приведення навантажень S_n

визначають за формулою:

$$S_n^{(2)} = \left(\frac{Q_{дн}}{Q_{розд}} \right)^\beta$$

де $Q_{дн}$ – номінальне динамічне навантаження

від колеса на покриття;

$Q_{розд}$ – розрахункове динамічне навантаження

від колеса на покриття;

β – показник степені, що приймається рівним

4,4.

Таблиця 2

Ч.ч.	Автотранспортний засіб	Повна маса автотранспортного засобу, т	Коефіцієнти приведення до розрахункового навантаження, кН		
			60	100	115
1	2	3	4	5	6
Легкі					
1	FIAT Ducato 14 2,8 D	3,25	0,01686	0,00178	0,00096
2	FORD Transit FT 150 2.5 D	3,2	0,01630	0,00172	0,00093
3	IVECO Daily 35 S 12V	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
4	MERCEDES-BENZ Sprinter 200-300 ¹⁾	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
5	MERCEDES-BENZ Sprinter 400 ¹⁾	4,6	0,06870	0,00726	0,00392
6	Peugot Boxer 350M 2,5D	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
7	VOLKSWAGEN LT31 2.5D	3,1	0,01463	0,00155	0,00084
8	ГАЗ 2705 "ГАЗель"	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
9	УАЗ 3741	2,8	0,00270	0,00040	0,00021
10	ГАЗ 2752 "Соболь"	2,66	0,00351	0,00037	0,00020
Середні					
11	DAF LF FA 45.130-06	6,2	0,21590	0,02281	0,01233
12	IVECO Daily 50 C 13 V	5,2	0,12553	0,01326	0,00717
13	IVECO Daily 65 C 15 V	6,5	0,25486	0,02693	0,01456
14	IVECO EuroCargo ML 80E18	8,6	1,13836	0,12027	0,06502
15	MERCEDES-BENZ Vario 500-600 ¹⁾	5	0,09102	0,00962	0,00520
16	MERCEDES-BENZ Vario 700-800 ¹⁾	7,5	0,42934	0,04536	0,02452
17	RENAULT Midliner S 135-08A	7,5	0,59650	0,06302	0,03407
18	ГАЗ 3307	7,85	0,98778	0,10436	0,05642
19	ЗИЛ 130	9,525	1,93346	0,20427	0,11044
20	ЗИЛ 5301 АО "Бычок"	6,95	0,45874	0,04846	0,02620
21	КАМАЗ 4326	11,6	1,73818	0,18364	0,09929
22	КАМАЗ 4326-10-020 (020)	10,1	1,40600	0,15500	0,08100

Продовження таблиці 2

Ч.ч.	Автотранспортний засіб	Повна маса автотранспортного засобу, т	Коефіцієнти приведення до розрахункового навантаження, кН		
			60	100	115
1	2	3	4	5	6
23	DAF LF FA 45.150-10	10	0,21590	0,02281	0,01233
24	DAF CF FA 65.210	18,6	29,60979	3,39647	1,83636
25	IVECO EuroCargo ML 135E18W	13,5	7,46483	0,78865	0,4264
26	IVECO EuroCargo ML 180E21T	18	22,53430	2,38073	1,28718
27	MAN L2000 8.163	8	0,77898	0,08230	0,04450
28	MAN M2000 12.163	12	3,73722	0,39483	0,21347
29	MAN M2000 18.224	18	20,17607	2,13158	1,15248
30	MAN M2000 26.310	26	28,90325	3,34241	1,80071
31	MERCEDES-BENZ Atego 1000 ¹⁾	10,5	2,33612	0,24681	0,13344
32	MERCEDES-BENZ Atego 1300 ¹⁾	13,5	6,81391	0,71988	0,38922
33	MERCEDES-BENZ Atego 1800 ¹⁾	18	19,13177	2,02125	1,09282
34	RENAULT Midliner S 150-09B	9,5	1,41055	0,14902	0,08057
35	SCANIA P94 4x2 220	20,5	32,69450	3,45414	1,86754
36	SCODA LIAZ 12.18PB	12	4,65051	0,49132	0,26564

37	VOLVO FL 616	16,5	13,23152	1,39790	0,75580
38	VOLVO FL 7	26	38,03830	4,18966	2,26521
39	ЗИЛ 433360	11	3,59330	0,37963	0,20525
40	ЗИЛ 133ГЯ	17,84	4,51390	0,53216	0,28772
41	КАМАЗ 5320	15,31	1,87618	0,21586	0,11671
42	КАМАЗ 53212	19	6,72356	0,80490	0,43518
43	КАМАЗ 55111	22,2	13,63445	1,65300	0,89372
44	КрАЗ 6510	24,88	25,94092	3,16353	1,71041
45	МАЗ 53362	16,38	10,77553	1,13842	0,61551
46	МАЗ 555102-2120	18	18,92890	1,99982	1,08124
47	МАЗ 630300-2121	26,5	28,95383	3,48749	1,88557
48	УРАЛ 377Н	14,95	1,86259	0,21626	0,11693
Автомобілі з причепами					
49	DAF FAG 75CF	40			
50	IVECO Daily 50 C 13 V + Niewiadow A2001A	8	0,12943	0,01371	0,00741
51	MAN F2000 23/314 +KOGEL AN18P	41	26,25844	2,87738	1,55571
52	MERCEDES-BENZ Atego 2528 + Kassbohrer	40	27,53781	3,09713	1,67451
53	SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42	32,03608	3,51963	1,90295
54	VOLVO FH12 380R +KOGEL AN24P (20)	49	31,28339	3,58619	1,93893
55	ЗИЛ 130 +ГКБ 8328-01	17,53	2,26947	0,23980	0,12965
56	ЗИЛ 433360 +ГКБ 8328	19	3,92931	0,41517	0,22447
57	КАМАЗ 5320 +ГКБ 8350	26,81	3,53464	0,39108	0,21144
58	КАМАЗ 53212 +СЗАП 83571	33	10,66470	1,22139	0,66037
59	МАЗ 533702-2120 +МАЗ 8926-02	28	12,46710	1,31767	0,71242
60	МАЗ 630300-2121 +МАЗ 83781	42	36,12873	4,28435	2,31641
61	МАЗ 630305-020 +МАЗ 8701	44,5	33,37925	4,00675	2,16632

Автомобілі з напівпричепами

62	DAF XF FT 95.530 + Sommer SW 240	44,86			
63	IVECO EuroStart LD 440E52T + Schmitz Cargobull SCO 24	42,3			
64	MAN F2000 19.372 +Sommer SP 240	41,91	32,66671	3,70482	2,00307
65	MERCEDES-BENZ Actros 1840 + Kogel SLK 20-32	38,6	39,56168	4,26789	2,30751
66	RENAULT Premium HR 385.18 +Kassbohrer SB 12-20	38	39,09639	4,23122	2,28768
67	RENAULT Magnum AE +Schmitz Cargobull SCF	47	32,71233	3,93679	2,12849
68	SCANIA 113HA +Kogel SVKT 24 P 10	37,36	21,39386	2,33109	1,26034
69	VOLVO FH12/420 +Kogel SN24 P 100	41,51	30,65331	3,49879	1,89168
70	KAMA3 5410 +C3AII 9370-01	25,75	3,25912	0,37358	0,20198
71	KAMA3 54112 +C3AII 9905	33,02	11,55628	1,35961	0,73509
72	MA3 504B +MA3 5205A	32,35	24,12038	2,71383	1,46728
73	MA3 54323-028 +MA3 9397	33,85	24,04488	2,69780	1,45861

Номінальне динамічне навантаження $Q_{дн}$ визначається за паспортними даними на транспортні засоби з урахуванням розподілення статичних навантажень на кожну вісь

$$Q_{дп} = K_{дин} \cdot Q_n, \quad (3)$$

де $K_{дин}$ – динамічний коефіцієнт, приймається рівним 1,3;

Q_n – номінальне статичне навантаження на колесо даної осі.

При визначенні номінального динамічного навантаження для багатовісних транспортних засобів необхідно визначати величину навантаження за формулою (4) з урахуванням впливу коліс сусідніх осей, розташованих на відстані, меншій за 2,5 м один від одного

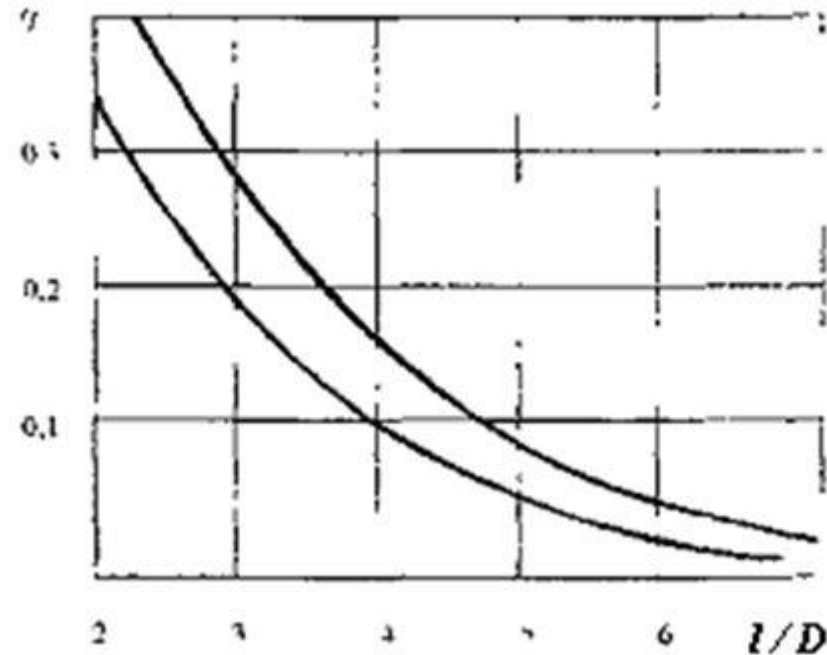
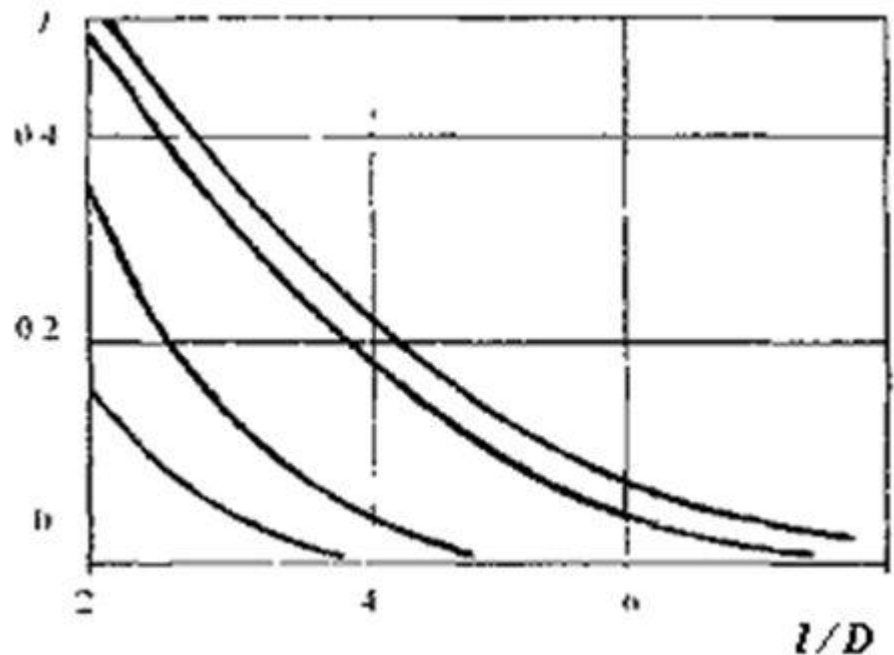
$$Q_{\partial n} = Q_{nj} (g_{n-1} + 1 + g_{n+1}) \times K_q \times K_{\partial uH}, \quad (4)$$

$$K_q = q_{j-1} + 1 + q_{j+1}, \quad (5)$$

де Q_{nj} – номінальне статичне навантаження на j -і колесо (з одиночними чи спареними шинами) n -ї осі;

g_{n-1} , g_{n+1} – коефіцієнти, що характеризують відповідно вплив попереду і позаду коліс, що рухаються, на напружено-деформований стан дорожнього одягу під даним колесом n -ї осі і визначається за графіком (рисунок 1) в залежності від відношення відстані L між осями до діаметра D_d сліду даного колеса;

q_{j-1} , q_{j+1} – коефіцієнти, що характеризують додатковий вплив інших коліс n -ї осі і визначаються за графіком (рисунок 2). При $1 < L/D_d < 2$ приймають $q(l) = 1$.



1, 2 – значення g_{n-i} для дорожніх одягів, що відповідають вимогам інтенсивного руху автомобілів відповідно групи A_2 і Б; 3, 4 – те саме, g_{n+1} (позаду).

Рисунок 1 – Значення коефіцієнта g , який враховує вплив коліс інших осей транспортного засобу в залежності від відношення відстані L між осями до діаметра D_0 сліду заданого колеса

Рисунок Ж.2 – Значення коефіцієнта q , що враховує вплив інших коліс даної осі транспортного засобу від відношення відстані l між центрами відбитків розглянутого колеса та інших коліс (у поперечному напрямку) до діаметра D_0 сліду колеса для дорожніх одягів, що відповідають вимогам інтенсивного руху автомобілів групи A_2 і Б

Послідовність визначення сумарного коефіцієнта приведення така:

- **призначають розрахункове навантаження та визначають його параметри $Q_{розр}$, p і D_n , D_d ;**
- **для кожної марки автомобілів у складі перспективного руху за паспортними даними встановлюють величину номінального статичного навантаження на колесо для всіх осей Q_n ;**
- **помноживши отримані значення Q_n і розрахункове навантаження $Q_{розр}$ на динамічний коефіцієнт, знаходять величини номінальних динамічних навантажень $Q_{дн}$ від колеса для кожної осі і величину розрахункового динамічного навантаження $Q_{розр}$;**
- **за формулою (2) визначають коефіцієнт приведення номінального навантаження від колеса кожної із осей S_n до розрахункового;**
- **за формулою (1) визначають сумарний коефіцієнт приведення навантаження для даного автомобіля до розрахункового навантаження.**