

# АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ



УДК 625.7 / .8

- © І.П. Гамеляк, докт. техн. наук, професор (Національний транспортний університет),
- © В.Ф. Райковський, нач. сектора інформаційно-аналітичного відділу (ДП “Укрдпиродор”)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ВІСЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**Анотація.** Наведено аналіз розподілу навантаження на кожну вісь різних схем транспортних засобів, які визначали експериментально за даними з пунктів вагового та габаритного контролю на автомобільних дорогах державного значення у період 2011–2013 рр. Підібрані параметри та функції розподілу навантажень по кожній осі транспортних засобів.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, навантаження на вісь, транспортні засоби, коефіцієнт приведення.

**Аннотация.** Приведен анализ распределения нагрузки на каждую ось различных схем транспортных средств, которые определяли экспериментально по данным из пунктов весового и габаритного контроля на автомобильных дорогах государственного значения в период 2011–2013 гг. Подобранные параметры и функции распределения нагрузок по каждой оси транспортных средств.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, нагрузка на ось, транспортные средства, коэффициент приведения.

**Annotation.** The paper presents an analysis of the load on each axle vehicles of different schemes that determined experimentally according to item weight and dimensional control on the state highway in the period 2011–2013. Individuals have distribution function parameters and loads on each axis vehicles.

**Keywords:** road, axle loads, vehicles, reduction factor.

### Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними дослідженнями

У більшості країн світу навантаження та габарити дорожніх автотранспортних засобів регламентовані національними стандартами і дорожнім законодавством. Фахівці у галузі дорожнього господарства й автомобільного транспорту, які спільно розробляють ці вимоги для своїх країн, відчувають постійні труднощі під час їх узгодження.

Прагнення підвищити вантажність автотранспортних засобів призводить до збільшення навантаження на вісь, внаслідок чого зростають витрати на будівництво та ремонт доріг. При цьому вартість будівництва нового дорожнього одягу (яка складає біля 50 – 60 % вартості будівництва дороги) приблизно пропорційна розрахунковому навантаженню на вісь, а вартість ремонту існуючого дорожнього одягу – розрахунковому осьовому навантаженню, піднесеному до 4-го ступеню. Іншими словами,

збільшенню максимально допустимого навантаження на вісь повинно передувати зміцнення дорожнього одягу.









У колишньому СРСР навантаження від автомобільного рухомого складу були регламентовані ГОСТ 9314-59, розробленим СоюздорНДІ і НАМІ. Згідно з цим стандартом, для експлуатації на дорогах загальної мережі автомобільна промисловість виробляла автотранспортні засоби груп А і Б з граничним навантаженням на вісь 100 кН і 60 кН.

У 1995–1997 рр зусиллями ДерждорНДІ та НТУ було розроблено проект державного стандарту “Дорожні автотранспортні засоби. Навантаження та габарити”, який мав замінити скасований Держстандартом СРСР ще у 1979 р ГОСТ 9314-59 “Автомобили и автопоезда. Весовые параметры и габариты”. Мета розроблення стандарту – встановити раціональне співвідношення параметрів автотранспортних засобів [1] і автомобільних доріг [2, 3] з урахуванням грошових, матеріальних і трудових витрат



Таблиця 1

**Нормативи на навантаження в країнах Європейського Союзу (введені з 1 січня 1992 р.)**

Вагові параметри транспортного засобу	Умовна схема автомобіля
<b>Навантаження на вісь, т:</b>	
- ведучу ..... 11,5	
- підтримуючу (неведучу) ..... 10	
- здвоєну ..... 16-19	
- строєну ..... 21-24	
<b>Повна маса автомобіля, т:</b>	
- двовісного ..... 18	 6,5 т 11,5 т
- тривісного ..... 25	 7 т 18 т
- тривісного (пневмопідвіска задніх коліс) ..... 26	 7 т 19 т
- чотиривісного ..... 32	 7 т 7 т 18 т
- чотиривісного (пневмопідвіска задніх коліс) ..... 32	 7 т 7 т 18 т
<b>Повна маса причепа, т:</b>	
- двовісного ..... 18	
- тривісного ..... 24	
<b>Повна маса автопоїзда, т:</b>	
- тривісного ..... 28	 6,5 т 11,5 т 10 т
- чотиривісного ..... 36	 6,5 т 11,5 т 18 т 6 т 11 т 19 т
- чотиривісного (пневмопідвіска задніх коліс) ..... 38	 6,5 т 11,5 т 20 т
- п'ятивісного ..... 40	
- шестиосного ..... 40	
<b>Повна маса сидельного автопоїзда для перевезення 40- і 45-футових (12,2 м і 13,73 м) контейнерів ..... 44</b>	



у сфері дорожнього господарства і в галузі експлуатації автотранспортних засобів.

Розроблення стандарту було спрямоване на підвищення ефективності автомобільних вантажних і пасажирських перевезень на позаміських і міських автомобільних дорогах України, підвищення безпеки дорожнього руху, забезпечення випуску в країні автотранспортних засобів, які відповідають діючим дорожнім обмеженням, і на поліпшення стану автомобільних доріг. При розробці стандарту брали до уваги географічне розташування України, параметри автотранспортних засобів, які нормуються стандартами країн ЄЕС, існуючі норми в межах з Україною державами [4].

Таким чином, стандарт на навантаження і габарити, який мав слугувати для координації конструювання і розрахунку автомобілів та автомобільних доріг, на жаль до сих пір не прийнятий, що поряд із несвоечасними ремонтами є причиною незадовільного стану доріг в Україні.

Нині в Україні відсутній також достовірний метод визначення параметрів транспортного потоку, таких як склад транспортного потоку за конструктивними схемами вантажних автомобілів, осьові навантаження і швидкість руху, тоді як ці параметри є основними при розрахунку конструкції дорожнього одягу.

Правильне визначення інтенсивності руху і складу транспортного потоку є важливим завданням, що дозволяє приймати адекватні рішення на етапі проектування автомобільних доріг, а саме запроектувати дорожню конструкцію, здатну працювати в умовах діючого навантаження від існуючого транспортного потоку протягом усього строку служби.

#### Аналіз останніх досліджень та публікацій у яких розпочато вирішення даної проблеми

На сьогодні в більшості країн світу максимальні осьові навантаження регламентовані національними автомобільними стандартами і дорожнім законодавством виходячи з капітальності існуючих дорожніх одягів і необхідності обмеження надмірних витрат на їх ремонт чи посилення.

Ще з 1997 р. максимальні допустимі навантаження на одинарну вісь в країнах Західної Європи складають [5, 6]: Австрія, Німеччина, Нідерланди – 100 кН (115кН – навантаження на ведучу вісь), Бельгія – 100 кН (120 кН – навантаження на ведучу вісь), Італія – 120 кН, Франція – 130 кН.

Діючі сьогодні нормативи на повні маси і габаритні розміри транспортних засобів, допущені до експлуатації на дорогах ЄС, приймалися поетапно починаючи з 1986 р. [5]. В повному об'ємі вони діють з 1 січня 1993 р. Крім них, у кожній країні ЄС поки ще є власні нормативи для дорожнього транспорту [5, 6]. Багато в чому вони більш ліберальні і дозволяють експлуатацію таких автомобілів і автопоїздів, котрі заборонені в ЄС за новим законодавством.

Основним нормо утворюючим фактором, від котрого залежить повна маса автомобіля чи автопо-

їзда, є максимально допустиме навантаження на ведучу вісь вантажівки чи сідельного тягача. З 1 січня 1992 р. у країнах ЄС воно складало 11,5 т, а навантаження на підтримуючу (не ведучу) вісь залишилось попереднім – 10 т. Навантаження на двовісний візок залежить від його міжосьової відстані і складає 16–19 т, а для тривісного візка – 21–24 т (табл. 1) [5].

Національні законодавства деяких країн Європи дозволяють експлуатувати більш важкі автопоїзди. Наприклад, у Швеції і Фінляндії дозволена гранична повна маса 60 т, у Норвегії і Нідерландах – 50 т, а у Данії – 48 т. Однак, конструкції дорожніх одягів автомобільних доріг спеціально розраховані на рух великовантажних транспортних засобів та мають переважно цементобетонне покриття.

Зарубіжні системи, які дозволяють одержати інформацію, достатню для прийняття вірних рішень на стадії проектування дорожніх одягів (такі як Weigh-in-Motion) – є дорогими [7].

Вихід із ситуації бачиться в розробленні вітчизняного методу експрес оцінки параметрів транспортного потоку. Наявність такого методу дозволила б не тільки виконувати правильний розрахунок дорожньої конструкції, але також і здійснювати контроль за дотриманням перевізниками правил перевезення вантажів. Крім самого методу також необхідне розроблення нормативної бази, що встановлює порядок проведення та подальшого використання даних, отриманих в ході експрес оцінки.

#### Мета роботи

Встановлення параметрів навантаження на осі сучасних транспортних засобів, що рухаються автомобільними дорогами України.

#### Виклад основних результатів дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

За даними пунктів габаритно-вагового контролю: філії ДП Київський Облдоруп Спецавтобаза ДП “Київський облавтодор” ВАТ “ДАК” Автомобільні дороги України” та філії “Чернігівська дорожньо-експлуатаційна дільниця” ДП “Чернігівський облавтодор” ВАТ “ДАК” Автомобільні дороги України” виконано збирання та первинний аналіз даних за 2011–2013 роки, а саме:

- розподіл за типами транспортних засобів;
- розподіл навантаження по осях (навантаження на ліве та праве колесо/танDEM та сумарне навантаження на вісь) за результатами вимірювань згідно з [8];
- відстані в осях транспортних засобів;
- визначення перевантаження на вісь.

Типи транспортних засобів та їх коди в базі наведено згідно з даним **табл. 2**.

За даними виконаного аналізу навантажень на осі транспортних засобів встановлені параметри нормального закону розподілу (1) навантажень на осі тягачів і причепів/напівпричепів, що наведені у **табл. 3**.



Тип транспортного засобу (виділити позначкою “+”)

4.1.		4.5.		4.9.		4.13.	
4.2.		4.6.		4.10.		4.14.	
4.3.		4.7.		4.11.		4.15.	
4.4.		4.8.		4.12.		4.16.	Інший (замалювати):

**Примітка.** У кожній філії код типу транспортного засобу може відрізнятися першою цифрою (4.1 – філії “Чернігівська дорожно-експлуатаційна дільниця”, 5.1 – філії ДП Київський Облдоруп Спецавтобаза).

$$f(x, \alpha, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – середнє значення навантаження на вісь транспортного засобу, кг;

$\sigma$  – середньоквадратичне відхилення навантаження на вісь, кг.

У багатьох випадках виявилось, що випадкова величина навантажень на вісь підлягає розподілу Лапласа, і має щільність:

$$f(x|\mu, b) = \frac{1}{2b} \exp\left(-\frac{|x-\mu|}{b}\right) = \frac{1}{2b} \begin{cases} \exp\left(-\frac{\mu-x}{b}\right) & \text{if } x < \mu \\ \exp\left(-\frac{x-\mu}{b}\right) & \text{if } x \geq \mu \end{cases}, \quad (2)$$

де  $\mu$  – параметр локалізації і  $b > 0$  параметр масштабу.

Якщо  $\mu = 0$  і  $b = 1$ , додатна частина розподілу є точно половина експоненційного розподілу.

Щільність розподілу Лапласа нагадує щільність нормального розподілу, з тою відмінністю, що вираз щільності нормального розподілу містить квадрат різниці значення і математичного сподівання ( $\mu$ ), а у виразі для щільності Лапласового розподілу модуль цієї різниці.

За результатами експериментальних досліджень отримані наступні середні значення та коефіцієнти варіації навантажень на вісь різних типів транспортних засобів (табл. 4).

Встановлені величини середніх значень навантажень значно перевищують допустимі параметри, що прийняті в дорожніх нормах [2, 3] та Правил дорожнього руху [9]. Відсутність своєчасних ремонтів поряд із неконтрольованим перевантаженням (на що вказує значна величина коефіцієнта варіації, до 50,68 %) є причиною катастрофічного руйнування доріг в останні роки.

Крім навантажень на осі було проаналізовано відстань між здвоєними осями. На автомобілях українських перевізників найбільш часто зустрічається відстань 130 – 140 см, яка може бути прийнята при розрахунку еквівалентного навантаження від проїзду здвоєних осей [10]. Проте часто зустрічаються як більші, так і менші відстані. На зарубіжних транспортних засобах міжосьова відстань в основному складає 130 – 140 см і 200 – 210 см.

## Висновки

Аналіз статистичних даних за останні 10 років, отриманих на пунктах вагового контролю автомобільних доріг I і III технічної категорії на території Київської та Чернігівської областей, дає змогу зробити такі висновки:

1. Істотно до 45 % збільшилася частка автомобілів з вантажопідйомністю понад 8 тонн і автопоїздів у складі вантажного транспортного потоку.

2. Найбільш поширені конструктивні схеми багатівісних вантажних автомобілів: тривісний вантажний автомобіль, двовісний тягач з трьовісним напівприцепом.

3. Весь потік транспортних засобів залежно від завантаження можна розділити на 3 основні типи:

- транспортні засоби з навантаженням в спорядженому стані (без вантажу);
- транспортні засоби з навантаженням, що не перевищує допустимі значення;
- транспортні засоби з навантаженням, що перевищує допустимі значення.

Якщо виділити з усього потоку транспортні засоби з перевантаженнями, то 54 % з них припадає на п'яти осьові автомобілі різних конструктивних схем.

4. Аналіз розподілу навантаження між осями п'яти осьового автопоїзда в складі сидельного тягача і напівпричепа показав, що найбільш завантаженою є друга вісь, де досить часто (у 16 % випадків) спостерігаються навантаження понад 100 кН. Три осі (тридем) напівпричепа хоч і мають навантаження (60 – 70 кН), але при проїзді призводять до складної картини деформування асфальтобетонного покриття за рахунок близького їх розташування (1,2 – 1,5 м) і взаємного впливу.

5. Залежно від зміни загальної маси багато осьового вантажного автомобіля змінюється розподіл навантажень по осях. Величина перевантаження здвоєних осей на транспортних засобах вітчизняних перевізників значно більша, порівняно із зарубіжними.

6. Швидкісні режими руху різних типів багатівісних транспортних засобів змінюється від 40 км/год до 120 км/год, при середній швидкості руху 80 км/год.





Таблиця 3

Розподіл навантажень на осі тягача та причепів/напівпричепів



Таблиця 4

Середні значення та коефіцієнти варіації навантажень на вісь різних типів транспортних засобів

№ схеми	Навантаження на вісь 1–2, кг		Навантаження на вісь 2–3, кг		Навантаження на вісь 3–4, кг		Навантаження на вісь 4–5, кг		Навантаження на вісь 5–6, кг		Навантаження на вісь 6–7, кг	
	Середнє	Коеф. варіації	Середнє	Коеф. варіації	Середнє	Коеф. варіації	Середнє	Коеф. варіації	Середнє	Коеф. варіації	Середнє	Коеф. варіації
5.2	6605	22,78	12034	27,36	0		0		0		0	
5.3	6200	21,38	11512	24,51	11034	25,05	0		0		0	
5.5	6916	11,63	7837	10,03	12571	12,66	12392	13,89	0		0	
5.6	5575	23,44	10069	39,07	6144	46,58	6481	50,68	0		0	
5.8	5443	23,35	9557	14,67	8407	14,19	8100	13,45	8227	16,08	0	
5.9	6075	15,93	10775	5,46	11100	20,77	6525	26,29	6675	19,73	6025	18,67
5.11	6742	8,29	12408	4,71	9342	4,76	9258	6,18	0		0	
5.12	6565	8,98	10390	20,08	7740	18,75	7316	15,12	7440	16,34	0	
5.14	4875	12,46	8185	24,73	7250	31,1	8630	21,86	9345	18,5	0	
5.15	6127	11,64	8959	32,94	9473	22,47	9805	19,42	8773	19,56	9596	47,12

Отримані значення навантажень на вісь транспортних засобів необхідно використовувати при:

- розрахунках конструкцій дорожніх одягів за ВБН В.2.3-218-186-2004;
- контролі на пунктах вагового контролю (стаціонарних та пересувних);
- удосконаленні конструктивних схем автомобілів;
- розрахунку мостів та труб;
- розробленні нормативних документів, так як на сьогодні в Україні відсутній стандарт, який регулює нормативні навантаження та габарити автотранспортних засобів, що рухаються автомобільними дорогами України.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5513-97. Шины пневматические для грузовых автомобилей, прицепов к ним, автобусов и троллейбусов. Технические условия.

2. ДБН Б.В.2-3-4-2009. Автомобільні дороги.
3. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
4. Соглашение о массах и габаритах транспортных средств, осуществляющих межгосударственные перевозки по автомобильным дорогам государств-участников СНГ, затверждено Постановою Кабінету Міністрів України № 2020 від 29.10.1999 р.
5. Умовия міжнародних автомобільних перевозок грузов. Краткий справочник – К.: АСМАП України, 1997. – 156 с.
6. Heavy duty pavement – the arguments for asphalt // European Asphalt Magazine. – 1995. – № 4. – Р. 10–13.
7. The effect of wheel loads on road pavements. IMechE conference on road wear: The interaction between vehicle suspensions and the road, London, 1991.
8. ГОСТ 30314-96. Весы для взвешивания транспортных средств в движении. Общие технические требования.
9. Правила дорожнього руху / Затверджені Постановою Кабінету Міністрів України № 1306 від 10.10.2001 р. із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 16 від 06.01.2005 р., № 538 30.06.2005 р., № 263 від 21.02.2007 р., № 879 від 27.06.2007 р.
10. Радовский Б.С., Супрун А.С., Казаков И.И. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. – К.: Будівельник, 1989. – 168 с.