



УДК 625.7/8

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

ВСТАНОВЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ НАВАНТАЖЕННЯ НА ВІСЬ І ТИСКОМ У ШИНАХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Анотація. Наведений аналіз розподілу залежностей між навантаженням на кожен вісь і тиском у шинах для різних типів 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 залежностей між навантаженням на кожен вісь і тиском у шинах транспортних засобів.

Ключові слова: автомобільна дорога, навантаження на вісь, транспортні засоби, тиск у шині.

Аннотация. Приведен анализ распределения зависимостей между нагрузкой на каждую ось и давлением в шинах 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. Подобраны параметры зависимостей между нагрузкой на каждую ось и давлением в шинах транспортных средств.

Ключевые слова: автомобильная дорога, нагрузка на ось, транспортные средства, давление в шине.

Annotation. This paper presented the analysis of the distribution of material dependency load on each axle and tire pressure different schemes vehicles are determined experimentally according to item weight and dimensional control on the state highway in the period 2011–2013, Individuals have distribution function parameters and dependencies between the load on each axle and tire pressure of vehicles.

Keywords: road, the load on the axle vehicles, the vehicles, the tire pressure.

Вступ

Основні дані про навантаження, що передаються на дорожнє покриття автотранспортними засобами, наведені у таблиці Д.2 ВБН В.2.3-218-008 [1]. При проектуванні нежорстких дорожніх одягів за розрахункові (крім випадків, зазначених у 3.3.2 ВБН В.2.3-218-186 [2]) приймають нормовані навантаження згідно з ДБН В.2.3-4 [3], що відповідають граничним навантаженням на вісь автомобілів.

Вказані параметри не мають сучасного експериментального підтвердження та базуються на даних 70–80 років минулого століття [4, 5]. В останні роки дорогами України неконтрольовано рухаються великовагові транспортні засоби, параметри навантажень яких значно перевищують нормативи встановлені дорожніми нормами [1–3, 6–8] та Правилами дорожнього руху [9].

Постановка проблеми

В Україні на сьогодні відсутній державний стандарт “Навантаження та габарити”, який

встановлює допустимі параметри навантаження необхідні для проектування дорожніх одягів.

Для прикладу, у країнах СНД діє ГОСТ Р 52748 [10] і ГОСТ 5513 [11] в яких встановлені параметри тиску в шині (0,89 МПа) для найбільш поширених автомобільних шин з радіусом 22,5 (табл. 1). При загальному прийнятому коефіцієнті динамічності 1,30 інтенсивність розподіленого навантаження колеса на дорогу – $0,89 \cdot 1,30 = 1,16$ МПа, що наближається або перевищує границю міцності асфальтобетону на стиск при температурі плюс 50 °С згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [12].

Вказаний факт є однією з основних причин появи колійності на автомобільних дорогах України!

Середній тиск колеса на покриття, як і у ГОСТ 9314 [13], обмежений виходячи з міцності матеріалу верхнього шару покриття. Сьогодні багато фахівців у Західній Європі і США пропонують ввести таке обмеження у свої стандарти, оскільки водії, намагаючись економити паливо, підвищують тиск повітря в шині до 800–1000 кПа, що негативно відображається на стані дорожніх покриттів.



Параметри навантаження від ТЗ згідно з ГОСТ 5513-97 [10]

Позначення шини	Норма шаруватості	Індекс несучої здатності для максимально допустимого навантаження на одинарну (О) і спарену (С) шини		Норми експлуатаційних режимів				Максимальна швидкість, км/год
				Максимально допустиме навантаження для одинарних та спарених коліс, кН (кгс)		Внутрішній тиск, що відповідає максимально допустимому навантаженню для одинарних та спарених коліс		
				О	С	кПа (кгс/см ²)	PSi	
11/70R22,5	–	146	144	29,43 (3000)	27,47 (2800)	870 (8,9)	126	100
315/70R22,5	–	149	145	31,88 (3250)	28,45 (2900)	800 (8,2)	116	120
	–	152	148	34,83 (3550)	30,90 (3150)	850 (8,7)	123	120
425/65R22,5	–	165		50,52 (5150)	–	820 (8,4)	119	100

Примітка. 1 кгс/см² – 98,066 кПа; 1 PSi – 6,895 кПа

Метою роботи є уточнення параметрів тиску коліс від сучасних транспортних засобів для проектування дорожніх одягів.

Теоретичні передумови

Загальна схема підвіски автомобіля наведена на рис. 1.

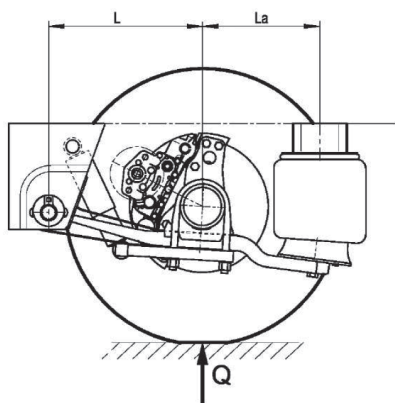


Рис. 1. Загальна схема підвіски автомобіля

Формула для розрахунку тиску повітря при повному чи частковому завантаженні [14]:

$$P = ((Q - A) \cdot i \cdot p) / 2 \cdot 10^5 \text{ Па}, \quad (1)$$

де P – тиск повітря в шині, Па;

Q – допустиме навантаження на вісь, кг;

A – безпружинні маси (кг), середнє значення для відношення i :

$$A = 0,1 Q, \quad i = L / (L + La), \quad (2)$$

L – відстань від кронштейна підвіски до осі, мм;

La – відстань від осі до повітряної подушки, мм;

p – тиск повітря в повітряній подушці на кг навантаження:

• повітряна подушка 0–300 мм,

$$p = 0,00227 \cdot 105 \text{ Па/кг};$$

• повітряна подушка 0–350 мм,

$$p = 0,0018 \cdot 105 \text{ Па/кг}.$$

На рис. 2 наведена зміна тиску в шині залежно від навантаження на вісь при використанні пневмоподушки з діаметром 300 мм.

Експериментальні дослідження

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” виконаний збір і первинний аналіз даних за 2011–2013 роки, а саме:

- розподіл транспортних засобів за типами;
- розподіл навантаження по осях (навантаження на ліве та праве колесо/тандем і сумарне навантаження на вісь);

• визначення залежності приведення навантаження на вісь до тиску в шинах.

За даними виконаного аналізу навантажень на осі транспортних засобів встановлені лінійні залежності між тиском у шинах і навантаженням на вісь. Результати аналізу наведені у табл. 2.

Тиск в шині визначали за формулою:

$$P = a_{1...6} Q + b_{1...6}, \quad (3)$$

де P – тиск у шині, бар (при розрахунку, якщо тиск менше 6,0 бар, тоді необхідно приймати мінімальний 6,0 бар);

$a_{1...6}, b_{1...6}$ – коефіцієнти приведення на кожен вісь;

Q – навантаження на вісь, кг.



Таблиця 2

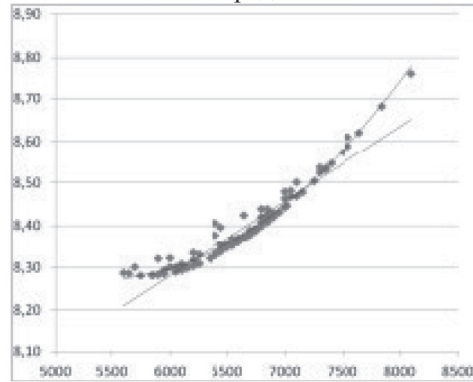
Розподіл залежностей між тиском у шинах і навантаженням на вісь для різних типів транспортних засобів

Конструктивна схема вантажних транспортних засобів	
5.3 Трьохвісна вантажівка	<p>Навантаження на вісь / тиск Передня вісь</p> <p>Задня вісь 1</p> <p>Задня вісь 2</p>
5.3 Чотирьохвісна вантажівка	<p>Навантаження на вісь / тиск Передня вісь 1</p> <p>Передня вісь 2</p> <p>Задня вісь 1</p> <p>Задня вісь 2</p>

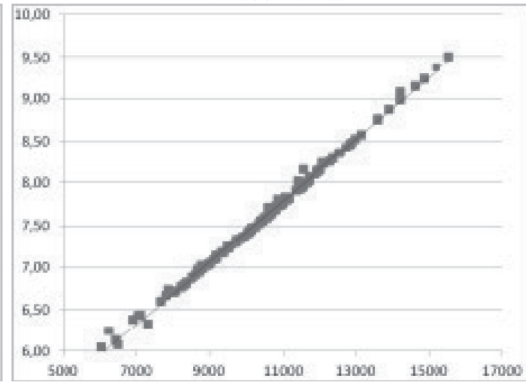


5.12 Двовісний тягач з трьохосним напівпричепом

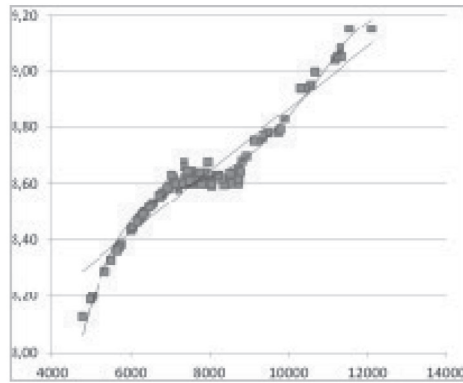
Навантаження на вісь / тиск
Тягач передня вісь



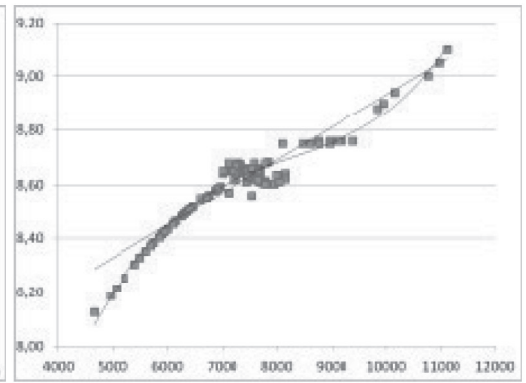
Тягач задня вісь



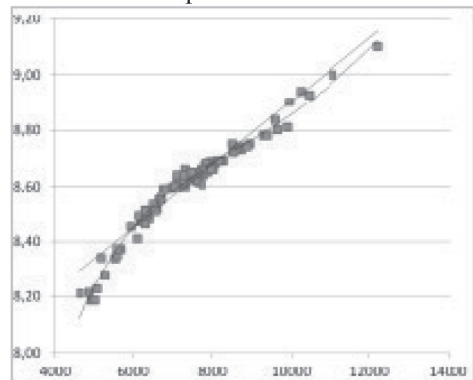
Напівпричіп вісь 1



Напівпричіп вісь 2



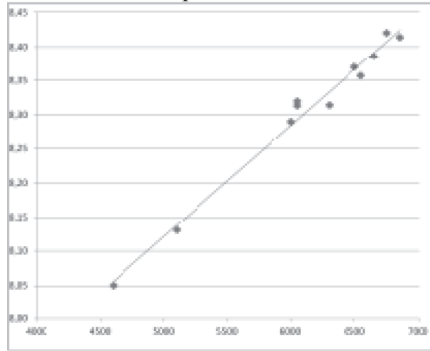
Напівпричіп вісь 3



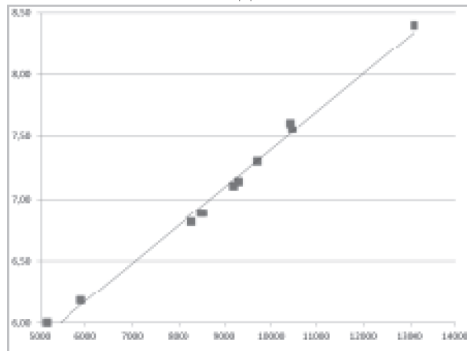


5.15 Тривісний тягач з трехосним напівприцепом

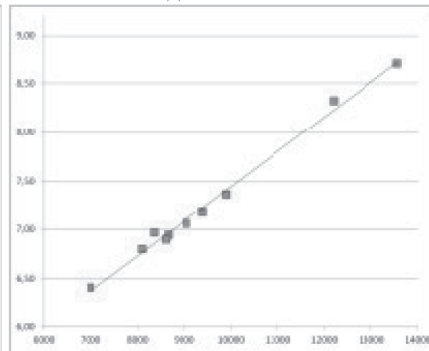
Навантаження на вісь
Тягач передня вісь



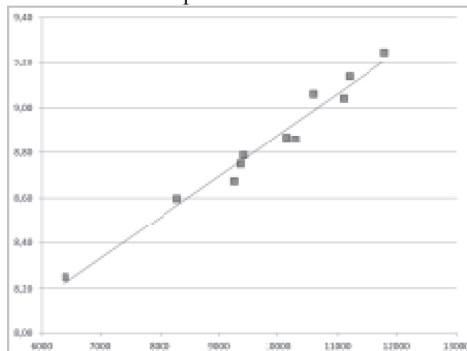
Тягач задня вісь 1



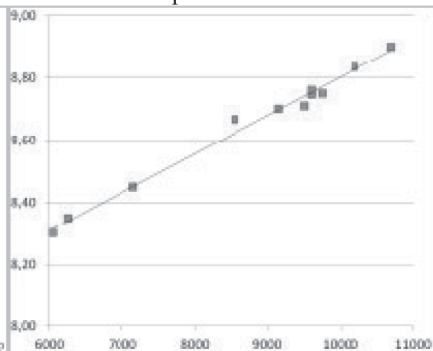
Тягач задня вісь 2



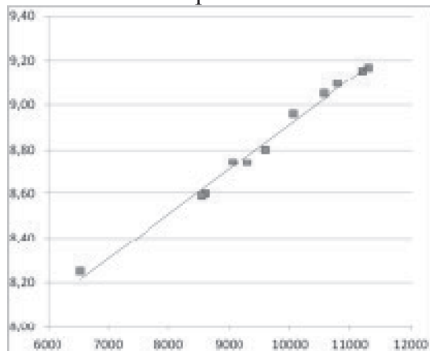
Напівпричіп вісь 1



Напівпричіп вісь 2



Напівпричіп вісь 3



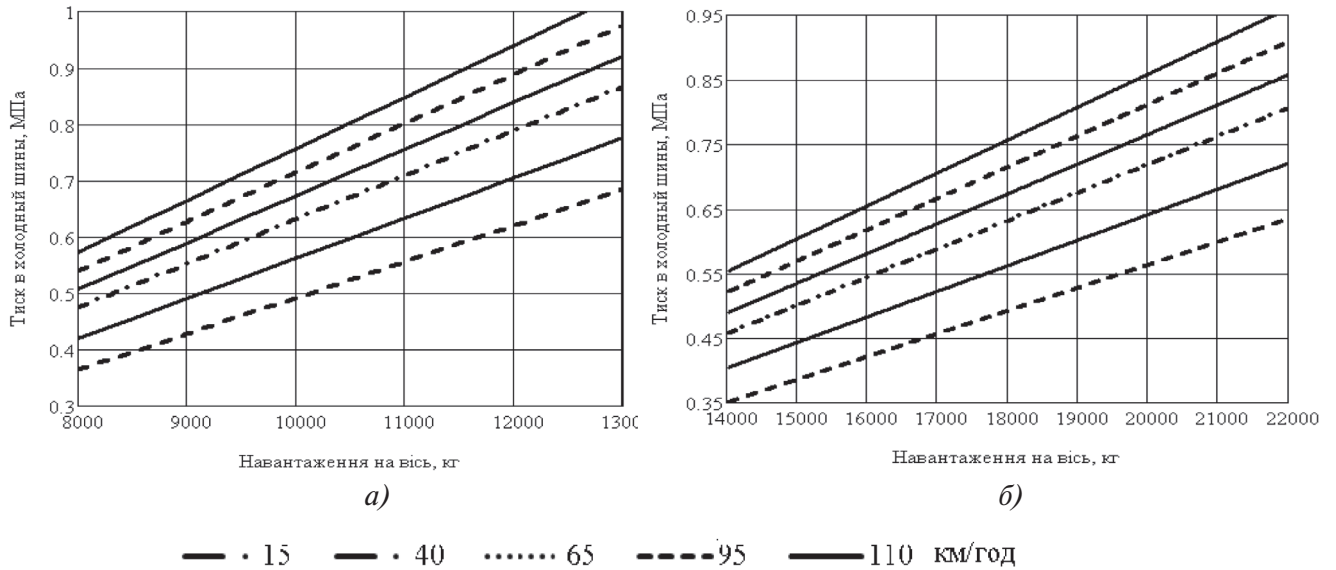


Рис. 2. Зміна тиску в пневматику колеса p від навантаження на вісь Q і швидкості руху V транспортного засобу для а) керованої (передньої) осі та б) ведучої (задньої) осі або тандема

Таблиця 3

Коефіцієнти для апроксимуючих залежностей тиску в шинах кожної осі від навантаження на вісь різних типів транспортних засобів

Тип транспортного засобу	Схема	Формули приведення навантаження на вісь (кг) до тиску в колесі (бар)											
		1 вісь		2 вісь		3 вісь		4 вісь		5 вісь		6 вісь	
		a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4	a_5	b_5	a_6	b_6
5.2		0,0003	5,6599	0,0002	5,3350								
5.3		0,0008	5,3872	0,0006	2,7437	0,0006	2,6289						
5.5		0,0002	6,8266	0,0003	6,4327	0,0004	3,7628	0,0004	3,8334				
5.8		0,0004	4,6384	0,0002	4,7430	0,0002	5,1015	0,0002	5,8523	0,0002	5,8126		
5.9		0,0002	6,0708	0,0002	4,5030	0,0002	4,3194	0,0002	5,8193	0,0001	6,4310	0,0004	5,1019
5.11		0,0002	7,0464	0,0005	2,6190	0,0006	2,9836	0,0008	0,8274				
5.12		0,0002	7,2225	0,0004	3,7584	0,0001	7,7640	0,0001	7,7230	0,0001	7,7657		
5.14		0,0001	7,8382	0,0003	4,3260	0,0002	4,8537	0,0001	8,1041	0,0005	4,5901		
5.15		0,0002	7,3022	0,0003	4,3362	0,0004	3,8718	0,0002	7,0585	0,0001	7,5710	0,0002	6,8877



Таблиця 4

Усереднені дані навантаження на вісь і нормативне розрахункове значення тиску

Типи транспортних засобів	Середні значення			Коефіцієнт варіації	Розрахункове значення тиску			
	Одиночна вісь, бар	Здвоєна вісь, бар	Строєна вісь, бар		Одиночна вісь, бар	Здвоєна вісь, бар	Строєна вісь, бар	
Нормативне значення тиску, бар	6,0	6,0	6,0					
5.2	7,28			10	8,47	0,00		
5.3	10,5	9,62		6	11,53	10,57		
5.5		8,49		13		10,30		
5.8	7,29	6,65		11	8,61	7,85		
5.9	7,46	7,15		10	8,68	8,32		
5.11	8,35	8,5		11	9,86	10,03		
5.12	7,98		8,61	9	9,16	0,00	9,88	
5.14	8,34	7,74		12	9,98	9,26		
5.15	8,31	7,17	8,78	10	9,67	8,35	10,22	
Середнє по типах						9,50	7,19	10,05

Таблиця 5

Розрахункові параметри навантаження для проектування дорожніх одягів

Ч.ч.	Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Група розрахункового навантаження	Нормативне статичне навантаження на вісь, кН	Нормативне статичне навантаження на поверхню покриття від колеса розрахункового автомобіля, $Q_{розр}$, кН	Розрахункові параметри		
						Тиск повітря в шині p , МПа	Діаметр відбитка колеса D_n , м	Діаметр відбитка колеса рухомого автомобіля, D_d , м
1	I-а	Капітальний	A1*	130	65	0,90	0,303	0,346
			A2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
2	I-б	Капітальний	A1*	130	65	0,90	0,303	0,346
			A2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
3	II	Капітальний	A1*	130	65	0,90	0,303	0,346
			A2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
4	III	Капітальний	A2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
		Удосконалений полегшений	A3	100	50,0	0,60	0,326	0,371
5	IV	Капітальний	A3	100	50,0	0,60	0,326	0,371
		Удосконалений полегшений	A3	100	50,0	0,60	0,326	0,371
6	V	Удосконалений полегшений	A3	100	50,0	0,60	0,326	0,371
		Перехідний	B	60	30,0	0,50	0,276	0,315

Примітка *). За відповідного техніко-економічного обґрунтування розрахункове навантаження на найбільш завантажену вісь транспортного засобу для автомобільних доріг I-а, I-б та II категорії можна приймати групу розрахункового навантаження A1 з параметрами: розрахункове навантаження на найбільш завантажену вісь 130 кН, нормативне статичне навантаження на поверхню покриття від колеса розрахункового автомобіля – 65 кН, тиск повітря в шині – 0,9 МПа, діаметр відбитка колеса – 0,303 м, діаметр відбитка колеса рухомого автомобіля – 0,346 м.



За результатами експериментальних досліджень отримані залежності тиску в шинах кожної вісі залежно від навантаження на вісь для різних типів транспортних засобів (табл. 3).

Встановлені величини середніх та розрахункових значень тисків (табл. 4), які необхідно приймати в дорожніх нормах для розрахунків дорожніх одягів [1, 2].

Розрахункове значення тиску визначали за формулою [15]:

$$P_{\text{розрах}} = p_{\text{серед}} \cdot (1 + 1,64 \cdot K_{\text{вар}}), \quad (4)$$

де $P_{\text{розрах}}$ – розрахункове значення тиску, МПа;
 $p_{\text{серед}}$ – середнє значення тиску, МПа;
 $K_{\text{вар}}$ – коефіцієнт варіації.

Висновки

Отримані значення навантажень на вісь транспортних засобів потрібно використовувати при:

- розрахунках конструкцій дорожніх одягів за ВБН В.2.3-218-186 [2];
- контролі на пунктах вагового контролю (стаціонарних та пересувних);
- удосконаленні конструктивних схем автомобілів;
- розрахунку мостів і труб;
- розробленні нормативних документів, так як нині в Україні відсутній стандарт, який регулює нормативні навантаження і габарити автотранспортних засобів, що рухаються автомобільними дорогами України.

Проектувати дорожній одяг потрібно на розрахункове навантаження на одну найбільш завантажену вісь транспортного засобу згідно з даними табл. 5.

Ці параметри (див. табл. 5) можуть використовуватись при встановленні обмежень проїзду великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами державного значення при видачі та погодженні маршруту великовагових і великогабаритних транспортних засобів у встановленому порядку відповідно до постанови КМУ № 30 від 18.01.2001 р. та при здійсненні габаритно-вагового контролю працівниками пунктів габаритно-вагового контролю відповідно до постанови КМУ № 879 від 27.06.2007 р.

Отримані дані доцільно використати при перегляді діючих нормативних документів стосовно проектування автомобільних доріг загального користування.

ЛІТЕРАТУРА

1. ВБН В.2.3-218-008-97 Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів

2. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.

3. ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Держбуд України, 2007. – 95 с.

4. Радовский Б.С. Влияние нагрузок от автотранспортных средств на долговечность дорожных одежд // Автомобильные дороги. – 1984. – № 10. – С. 6–8.

5. Радовский Б.С., Супрун А.С., Козаков И.И. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. – К.: Будівельник, 1989. – 167 с.

6. Условия международных автомобильных перевозок грузов. Краткий справочник – К.: АСМАП Украины, 1997. – 156 с.

7. 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.

8. Heavy duty pavement – the arguments for asphalt // European Asphalt Magazine. – 1995. – № 4. – С. 10–13.

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

11. ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения.

12. ДСТУ Б В.2.7-119-2003 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. – К.: Укрдортехнологія, 2004. – 37 с.

13. ГОСТ 9314-59 Автомобили и автопезда. Весовые параметры и габариты.

14. Calculation of the air bag pressure Amendments and errors excepted. XL-AS10004DM-en-DE Rev B © SAF-HOLLAND. 2011.

15. Гамеляк І.П. Надійність встановлення розрахункових параметрів навантаження на конструкції дорожніх одягів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – № 76. – К.: НТУ, 2009. – С. 3–13.