УДК 624.21

Коваль П.М., Полюга Р.І.,
Парубець М.Г.

ПРОПУСК ВЕЛИКОВАГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПО АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ УКРАЇНИ

В останнє десятиріччя в Україні відбувся суттєвий ріст автомобільних перевезень та в значній мірі змінився склад транспортних засобів. Все це нероздільно пов'язано в значній мірі зі змінами в економічній сфері України - зростання частки автомобільного транспорту у вантажних перевезеннях, збільшення міжнародних перевезень, залучення об'ємів іноземних інвестицій для розвитку вітчизняного виробництва. Слід зазначити, що аналогічна картина спостерігається і в інших країнах СНД [1,2]. Сучасний автомобільний рух відрізняється збільшенням інтенсивності, значною кількість великовагових автопоїздів з повною масою до 60 т і появою спеціальних автопоїздів для особливо важких вантажів масою до 180 т.

В інженерній практиці використовується термін "великовагове навантаження" (ВВН), що трактується як транспортний засіб, сумарна маса якого більша, ніж маса найважчого одиничного навантаження (один автомобіль, одне колісне чи гусеничне навантаженя). На даний час в Україні згідно [3] транспортний засіб чи автопоїзд з вантажем або без вантажу вважається великоваговим, якщо його маса становить більше 38 т та тиск на одиничну вісь є більш ніж 10 т; спарену - 18 т; потрійну - 22 т.

Автопоїзди масою до 60 т, як правило, складаються з 2-3-х осного сідлового тягача та 3-4-х осного півпричепа. Що стосується спеціальних автопоїздів, то такі транспортні засоби виконують в залежності від потреб виробництва в виді самохідних пневмоколісних і гусеничних кранів (рис. 1, а - г), тягачів з причіпним неділимим візком (рис. 1, д, е), одного чи кількох тягачів з вантажопідйомними площадками, самостійними чи об'єднаними в одну платформу (рис. 1, ж).

Самохідні важкі машини на пневмоколісному ходу (рис. 7, а-в), як правило, колійні з короткою базою (3,5 - 7 м) і великим тиском на колеса, що викликає не тільки великі загальні зусилля,

а й місцеві в елементах прогонових будов, особливо плиті проїзної частини. Гусеничні крани самостійно пересуваються по мостах тільки при від'ємних температурах, коли вони не пошкоджують покриття проїзної частини. У півпричепів (рис. 1, д) і причепних трейлерів з неділимим площадками вантажопідйомністю до 60-70 т можна змінювати довжину зчіпного пристрою, тим самим сприяючи зменшенню зусиль в елементах моста. Причепні трейлери великої вантажопідйомності можуть бути виконані з роздільними візками (рис. 7, е), що дозволяє збільшувати віддаль між вузлами опирання візків. Найбільш важкі вантажі перевозять транспортними засобами з великою кількістю коліс вздовж і впоперек платформи. Велика кількість коліс по ширині трейлера дозволяє краще розподіляти навантаження між між основними несучими елементами прогонових будов, і, відповідно, максимальна використовувати несучу здатність всіх головних балок і елементів проїзної частини.

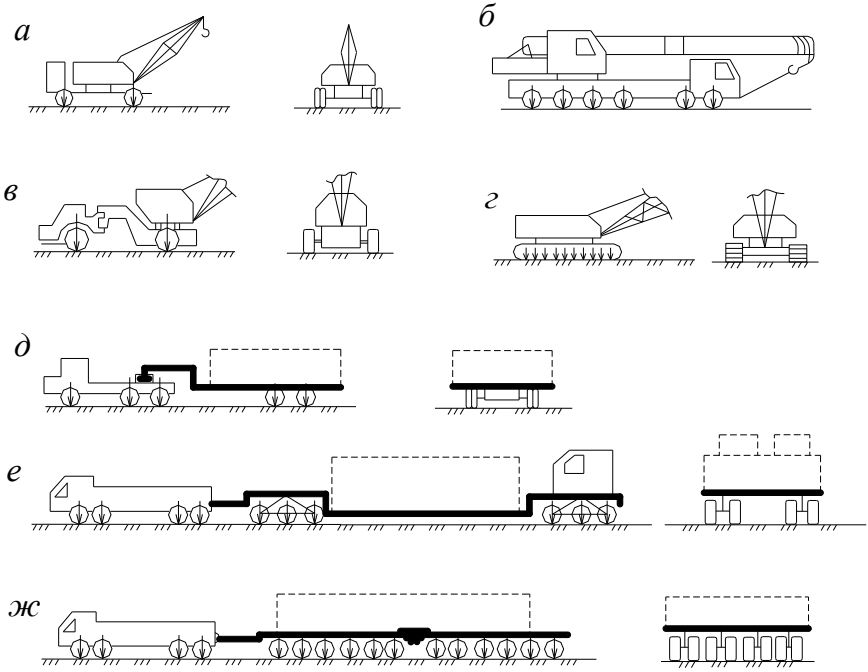
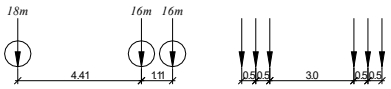
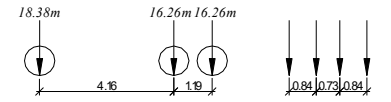


Рисунок 1 - Великовагові та великогабаритні транспортні засоби

Найскладнішим питанням при пропуску ВВН є визначення смуги руху по ширині моста. В роботі [4] описано, що з цією метою були виконані наступні роботи: міст шириною Г-14+2х2,25м, виконаний з прогонових будов довжиною 32,96 м згідно типового проекту №149/62 Союздорпроекта, був розрахований просторовим методом з допомогою ЕОМ, а потім випробуваний. Результати теоретичних розрахунків з достатньою точністю співпали з експериментальними даними. Для аналізу роботи несучих елементів прогонової будови був розглянутий рух по ньому двох відносно легких трейлерів, дані яких приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Параметри ВВН, що використовувались при розрахунку

№ трейлера	Схема ВВН	Марка тягача	Маса, т	Згинальний момент в середині прогону М, кНм	Еквівалентне навантаження $q_{екв}$, кН/м
1		КрАЗ-256Б	50	3482,6	26,68
2		КрАЗ-256Б	50,9	3561,0	27,27

Результати аналізу засвідчили, що для обох трейлерів при будь-якому положенні навантаження по ширині моста головні балки мають значні запаси несучої здатності. Якщо проаналізувати зусилля в діафрагмах, то трейлер №1 може рухатись по прогоновій будові в будь-якому місці по ширині моста, трейлер №2 може рухатись тільки по осі, так як при інших положеннях в діафрагмі виникають зусилля, що значно перевищують граничні. З цього випливає, що навіть легкі трейлери однакової маси, але різних розмірів створюють різні зусилля в елементах прогонових будов

і тому вибір транспортного засобу тільки по його масі чи по еквівалентному навантаженні не завжди виправдані. В старих мостах малих прогонів з невеликою кількістю металевих головних балок (3-4 шт.) в більшості випадків рух ВВН по осі моста створює більші зусилля в плиті, ніж при русі по смузі, коли колеса машини розміщуються над балками.

На базі багатьох розрахунків дії наднормативних навантажень на прогонові будови та аналізу несучої здатності цих будов можна зробити деякі висновки [5]:

1) ВВН масою більше 80 т та загальною довжиною до 8 м найбільш небезпечні для вузьких мостів (Г-6, Г-7, Г-8) з прогонами більше 10-12 т, особливо залізобетонних ребристих прогонових будов;

2) вузькі шини (з шириною відбитку шини 23,5 см, використовуються для причепів іноземного виробництва) при тиску на вісь більше 12 т небезпечні для тих самих прогонових будов, особливо при наявності дефектів плити (сітка тріщин, проломи);

3) всі прогонові будови з металу будівництва до 70-х років потребують обстеження спеціалізованими організаціями.

Слід сказати, що ВВН впливає на прогонові будови мостів не тільки безпосереднім перевантаженням несучих конструкцій. В [4] показано, що в зимовий період під дією важкого навантаження навіть в якісно виконаному шарі гідроізоляції можуть виникнути поздовжні тріщини внаслідок того, що напруження по верху плити проїзної частини, а разом з нею і напруження в гідроізоляційному шарі перевищують міцність на розтяг більшості гідроізоляційних матеріалів. Це явище особливо небезпечне при різкому перепаді температур, так як тоді гідроізоляція найкраще зчіплюється з бетоном вирівнюючого шару. В весняний період відтаювання/замерзання в такі тріщини потрапляє вода, збільшуючи їх при замерзанні, і в подальшому потрапляє через них на бетон плити проїзної частини і несучі елементи конструкції. Це проілюстровано на прикладі двох однакових мостів, побудованих в один час одною і тою ж організацією. Перший міст був побудований біля підприємства, що перевозив важкі вантажі. При його обстеженні було виявлено багато дефектів, такі як вилуговування бетону, руйнування захисного шару бетон, корозія

робочої арматури балок і плити. На другому мості, по якому ВВН не проходили, таких дефектів практично не було.

Важливість та необхідність точного розрахунку несучої здатності прогонової будови (з врахуванням дефектів) при пропуску великовагових транспортних засобів підтверджується наступною інформацією. У роботі [6] приведені дані про мости, побудовані в 1949-1954 роках під навантаження Н-10, НГ-60 на ділянці автодороги довжиною 360 км. Аналіз показує, що через 25-30 років експлуатації із 47 мостів біля 10% були замінені, в тому числі один внаслідок руйнування при проїзді ВВН. Автори роботи [7] проаналізували причини руйнування 143 мостів за період 1847-1975 років. Виявилось, що 14 мостів (близько 10%) зруйнувались внаслідок проїзду ВВН.

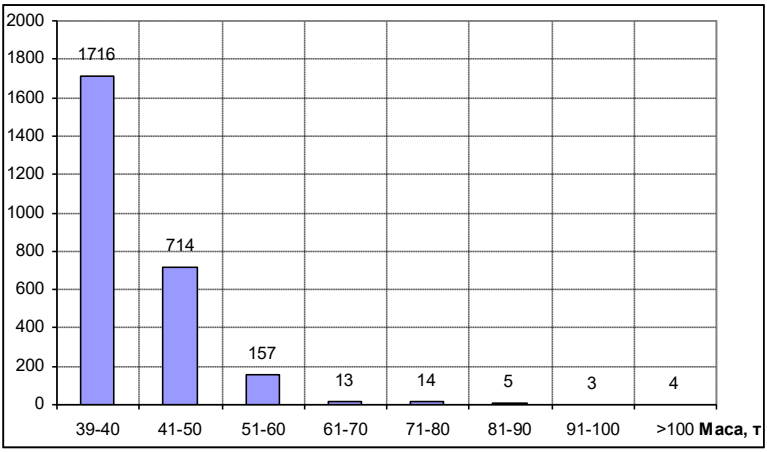
За даними Державної служби автомобільних доріг України (Укравтодор) фактично вся мережа доріг країни наближається до межі своєї довговічності. Рух транспортних засобів з навантаженнями, що перевищують нормативні, призводить до передчасних руйнувань доріг і мостів та скорочення міжремонтних термінів служби. Теоретичні та експериментальні дослідження показують, що перевищення осьового навантаження всього на 15% (як це прийнято в Європі) призводить до прискорення руйнування доріг майже в два рази. На сьогоднішній день темпи росту загальних мас автотранспортних засобів та їх осьових навантажень та темпи росту вантажних перевезень автотранспортом значно випереджають темпи реконструкції та будівництва автомобільних доріг, технічні параметри яких відповідали б автомобільним навантаженням. Тенденцію росту вантажних перевезень автомобільним транспортом в Україні за останні роки показано у таблиці 2.

Таблиця 2 - Ріст вантажних перевезень автотранспортом

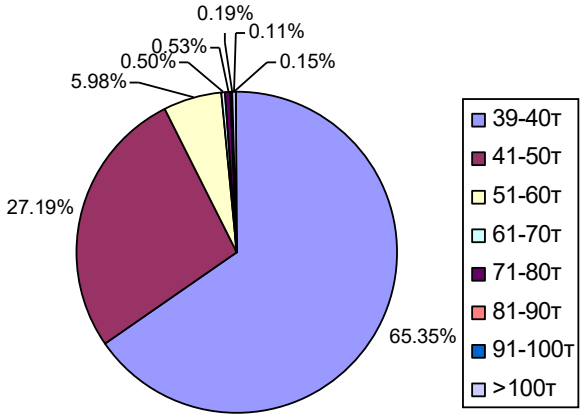
Рік	Перевезено вантажів, млн. т		Вантажооборот, млрд. ткм	
	За рік	У % до минулого року	За рік	У % до минулого року
2002	161,4	99,3	12,0	123,2
2003	176,0	107,7	14,1	116,7
2004	124,4	109,0	15,3	130,4

Маса всіх транспортних засобів, що рухаються по дорогах України, коливається від 5 до 300т [8]. Частка навантажень масою менш, ніж 60 т, досягає 85% від загальної кількості перевезень, від 60 до 150 т - 10,5%, більше 150 т - 4,5%. За даними статистичної звітності [9], кількість сідлових тягачів (основний транспортний засіб, що перевозить великовагові вантажі) становить 63,1 тис. шт. при загальній кількості вантажних автомобілів 910,4 тис. шт., що становить 7%. Це підтверджується даними спостережень, отриманими в результаті виконання програми TACIS. У 2002 році середня доля великовантажні автомобілів у транспортному потоці становила 9%.

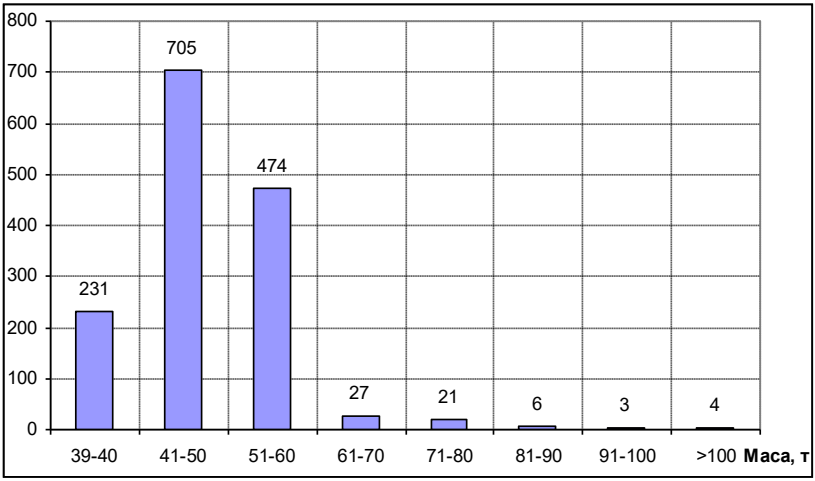
За 2004 рік до Укравтодору було подано 14401 заяву для погодження проїзду по автошляхах загального користування понаднормативних транспортних засобів: 7228 заяв - від українських підприємств - перевізників, 7173 - від іноземних. З них для пропуску великовагового навантаження зафіксовано відповідно 1474 та 2626 погоджень. Діаграми розподілу по масі великовагових транспортних засобів подано на рис. 1.



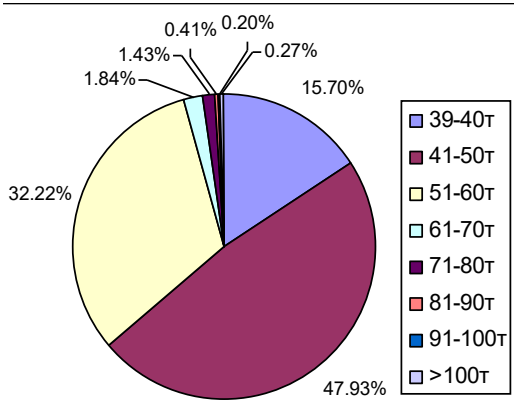
а)


0.19%
0.11%
0.53%
0.50%
0.15%
5.98%
27.19%
65.35%
39-40т
41-50т
51-60т
61-70т
71-80т
81-90т
91-100т
>100т

б)


800
700
600
500
400
300
200
100
0
231
705
474
27
21
6
3
4
39-40
41-50
51-60
61-70
71-80
81-90
91-100
>100
Маса, т

в)



г)

Рисунок 2 - Діаграми розподілу по масі великовагового навантаження серед іноземних (а, б) та українських (в, г) фірм-перевізників: а, в - кількість машин, б, г - те ж, процентне відношення

Служба вагового контролю розпочала свою діяльність у 2003 році. У цьому ж році у зв'язку з введенням контролю загальна сума за проїзд ВВН зросла у порівнянні з 2002 роком у 2,3 рази при діяльності 7-ми пунктів вагового контролю. Така кількість пунктів далеко не відповідає необхідній, щоб забезпечити належний контроль за пропуском понаднормаваних навантажень. Внаслідок цього, а також через відсутність нормативної бази і недосконалість законодавства, дорожня галузь недоотримує мільйони гривень щороку на необхідне відновлення експлуатаційного стану мостів та доріг.

Такий стан справ влаштовує підприємства-перевізники, тому часто трапляється, що заявлений в узгодженні розподіл маси по осях не відповідає дійсності. Наслідками цього часто є перевантаження окремих осей, в тому числі перевищення встановленого максимального осьового тиску, коли вантаж може перейти в великовагову категорію. Доказом цього є аналіз діаграм а, в на рис. 1. Для іноземних перевізників найбільша кількість великовагових перевезень потрапляє в вагову категорію 39-40 т, для українських - 41-50 т. Це видається дивним, так як кількість виданих узгоджень на проїзд великовагового навантаження в

діапазоні 41-50 т для обох сторін однакова (відповідно 714 і 705). Відповідь проста: кілька зайвих тон можна “розкинути” по інших осях і не реєструвати вантаж як понаднормований. Окрім того відомо, що левова частка проїзду ВВН по дорогах України взагалі не реєструється через причини, зазначені вище. Цих недоліків позбавлені іноземні перевізники, транспортні засоби яких обов’язково зважують при виїзді з країни, отримуючи точне значення маси, що припадає на кожну вісь тягача та причепа чи півпричепа.

Станом на 1995 рік було визначено, що близько 25% всіх мостів, що експлуатуються на дорогах України, мають дефекти, які необхідно враховувати при розрахунку прогонової будови на пропуск ВВН [5,8,10], за 10 наступних років ситуація ще погіршилась.

У загальному випадку можна визначити дефекти, що знижують вантажопідйомність:

1) ями, вибоїни в покритті, руйнування в’їздів та деформаційних швів;

2) тріщини в розтягнутій зоні бетону з шириною розкриття більше 0,2 мм;

3) руйнування шпонкових стиків плит;

4) руйнування двох крайніх рядів діафрагм;

5) зниження класу бетону та корозія арматури;

6) нарощування шару дорожнього одягу;

7) корозія металу.

При визначенні вантажопідйомності необхідно чисельно враховувати такі дефекти та пошкодження:

1) вибоїни, ями в покритті та в зоні деформаційних швів - збільшенням динамічного коефіцієнту $(1+\mu)$ в 1,6-1,8 рази;

2) вилуговуванням бетону - зменшенням класу бетону;

3) корозія арматури - перерахунком площі арматури;

4) тріщини в розтягнутій зоні балок - перерахунком КПУ з урахуванням зменшення жорсткості балки з тріщиною в 1,5 рази;

5) руйнування поздовжніх стиків - перерахунком КПУ по методу важеля;

6) нарощування шару дорожнього одягу - перерахунком постійного навантаження.

Бачимо, що при врахуванні всіх дефектів можливе значне зниження несучої здатності прогонової будови моста.

Висновки

При перевезенні вантажів, що за своєю масою перевищують проектні навантаження, на які розраховувались мостові споруди (зокрема при пропуску ВВН), в конструкціях споруд можуть виникати дефекти та значні залишкові деформації, а також розвиватись дефекти, що вже утворились. Тому надзвичайно важливим питанням є проблема вчасної технічної діагностики транспортних споруд. Не менш актуальною темою є створення аналітично-експертної системи управління мостами - електронної бази даних, в якій містяться дані про всі мости на автошляхах України, а також наповнення цієї бази після регулярних обстежень мостів із зазначенням іх дефектів та технічного стану. Впровадження цих заходів допоможе значно пришвидшити вирішення питання щодо визначення вантажопідйомності конкретних мостів на шляху руху ВВН та оптимізувати графік обстежень мостових споруд.

Література

1. **Боханова С.В.** Анализ воздействия автомобильных нагрузок на мосты. // Теория и практика транспортного строительства. - 2000. - №3. - С. 20-21.

2. **Коваль П.М., Федоренко Л.І., Редзюк А.М., Сахно В.П.** Про розробку нового нормативного документу ДСТУ “Засоби транспортні дорожні. Маси і габарити” // Автошляховик України. - 2005. - №3. - С. 4-7.

3. **Правила** проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами: Постанова Кабінету Міністрів України № 30 від 18.01.01. - Київ, 2001. - 5 с.

4. **Автомобильные дороги.** Пропуск сверхнормативных нагрузок по автодорожным мостам. Обзорная информация. - М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986р. - 62 с.

5. **Рекомендації** по перевезенню великовагових вантажів транспортними засобами по мостах. - Київ: Укравтодор, 1995. - 62 с.

6. **Назаренко Б.П., Лукин Н.П.** Исследования вопросов долговечности мостов на автомобильных дорогах. - Изв. вузов. Стро-во и архитектура, 1978, №3, с. 129-142.

7. **Bestimmung** der Tragfaehigkeit bestehender Strassenbruecken. Bericht einer Stassenforshungsgruppe der OECD. Dezember 1979, Heft 406. - Bonn-Bad Godesberg, Maerz, 1983, s. 60.

8. **Експлуатація** і реконструкція мостів/Страхова Н.Є., Голубєв В.О., Ковальов П.М., Тодоріка В.В. - 2-е вид., випр. - К., 2002. - 408 с.

9. **Транспорт** і зв'язок України: Статистичний збірник / Державний комітет статистики України, К., 2003.

10. **Страхова Н.Є., Конченко О.В.** Визначення строків експлуатації мостів, побудованих за типовими проектами минулих років // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 69. НТУ. К.-2004 - С.238-240.