

## Проектування конструкції дорожнього одягу для перевезення великовагових та великогабаритних вантажів дорогами України

О. В. Кушнір, І. П. Гамеляк, В. Ф. Райковський, Ю. М. Клімов

Національний транспортний університет,  
Corresponding author. E-mail: kushniral@roadipt.com

Paper received 22.10.20; Accepted for publication 12.11.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-13>

**Анотація.** Зважаючи на необхідність перевезень різного роду спеціальної, будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки, великих цистерн, промислового обладнання тощо, транспортування великовагових негабаритних вантажів в останні роки зростає. Специфіка негабаритних та великовагових перевезень полягає в багатьох моментах, без урахування яких своєчасна та безпечна доставка вантажу до місця призначення не можлива. Важливим моментом (елементом) таких перевезень є врахування міцності та несної здатності мостів і дорожньої конструкції (дорожнього одягу) та вибір відповідного спеціалізованого рухомого складу. У даній статті розкриваються наступні аспекти даної теми: визначення основних понять, нормативні обмеження, особливості підготовки і процесу транспортування великогабаритних та особливо важких вантажів, вибір маршруту, правила перевезення вантажу автомобільним транспортом, а також документальне оформлення вантажоперевезень. Варто відзначити, що спеціальної літератури з теорії, пов'язаної з даною темою, недостатньо. У статті наведено власний досвід авторів, щодо вирішення таких задач на об'єктах транспортної інфраструктури в Україні, з урахуванням практичного матеріалу, та інформації, доступної на сторінках транспортних компаній. Оскільки вимоги до перевезень постійно доповнюються і змінюються, ці джерела є корисними при аналізі інформації, пов'язаної з перевезенням негабаритного і великовагового вантажу.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, перевезення, великогабаритні та особливо важкі вантажі, конструкція дорожнього одягу, несна здатність.

**Вступ.** В Україні останні 15 років перевезення вантажів автомобільним транспортом є найбільш затребуваними. Причин на те існує кілька, але основні – доступність і універсальність наземного транспорту. Динаміку розвитку транспортних перевезень важко не помітити [1].

В Україні, як і на автомобільних дорогах більшості країн світу, є обмеження за масою та розмірам транспортних засобів (ТЗ) що по ним рухається. Наприклад, в Україні, як і багатьох країнах СНД більшість мостів і шляхопроводів були побудовані близько 50 років тому. Транспортні споруди (мости, шляхопроводи, дороги) недостатньо міцні для ряду сучасних транспортних засобів, особливо великовагових і здатні гарантовано витримувати тільки транспорт масою до 40 ... 80 тонн [2]. Теж саме стосується і підмостового габариту, ширини смуг руху, ухилів і радіусів заокруглення переважної кількості автомобільних доріг. А значить, доставляти негабаритний особливо важкий вантаж необхідно з урахуванням експлуатаційно-технічних характеристик транспортних споруд.

Зважаючи на необхідність перевезень різного роду спеціальної, будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки, великих цистерн, промислового обладнання та інших негабаритних великовагових вантажів, транспортування великогабаритних та особливо важких вантажів постійно зростає (рис. 1) [3, 4]. В той же час це складний вид автомобільних перевезень, який вимагає особливого поводження з вантажем і контролю на кожному етапі транспортування.

У різних країнах діють різні обмеження на загальну масу, навантаження на осі ТЗ та габарити (висоту і ширину вантажу), що перевозиться по дорогах. Наприклад, у Франції без отримання спеціальних дозволів можна перевозити вантаж шириною до 2,55(2,60) метрів і висотою до 4,00(4,30) метра. В іншому випадку, потрібно замовляти супровід і платити за нього та спецдозвіл. В той же час, у Німеччині максимальна висота переміщуваного вантажу не повинна перевищувати 4 метри 50 сантиметрів. Якщо об'єкт вище навіть на сантиметр,

також необхідне оформлення дозволу, на узгодження якого, інколи, може піти досить багато часу.

Максимальні габарити та вага транспортних засобів для перевезень у межах ЄС встановлюються директивою Європейської Співдружності (ЄС) 2015/719 від 29 квітня 2015 року (Табл. 1).

В той же час, максимальна вага транспортних засобів (навантаження на вісь) розроблені та затверджені в Португалії відрізняються, їх представлено в таблиці 2. Доречі, такими показниками навантажень на вісь автомобіля керується Світовий Банк реконструкції та розвитку в програмі НДМ IV.

За дослідженнями Світового банку щорічні втрати ВВП країни внаслідок незадовільного стану автомобільних доріг складають 3-4% ВВП. Понад 90% автомобільних доріг в Україні потребують виконання ремонтно-будівельних робіт, а близько 74% автомобільних доріг були збудовані під розрахункові навантаження на вісь – 6 тонн (30 kN) та загальною вагою не більше – 24 тон. [5]. Наприклад, у Польщі, Німеччині, Франції норма за загальною масою транспортного засобу складає - 40 тону, а в Іспанії та Греції - 38 тону.

Відповідно до вимог чинного законодавства в Україні забороняється проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів без дозволу на участь у дорожньому русі транспортних засобів, вагові або габаритні параметри яких перевищують нормативні, виданого перевізникові уповноваженим підрозділом Національної поліції, або документа про внесення плати за проїзд таких транспортних засобів. На сьогоднішній день в Україні порядок руху таких ТЗ автомобільними дорогами загального користування регулюється Законами України «Про дорожній рух» та «Про автомобільні дороги», постановами Кабінету Міністрів України від 27.06.2007р. № 879 «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг загального користування» та від 18.01.2001р. № 30 «Правила проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами» [3].



Рис. 1. Транспортування великогабаритних та особливо важких вантажів [3].

а - перевезення мостової конструкції; б - перевезення гусеничного екскаватору; в - перевезення сільськогосподарської техніки; г - перевезення лопатей вітрогенераторів.

Таблиця 1 – Допустимі осові навантаження прийняті в ЄС

Тип транспортного засобу	Максимальне навантаження на вісь, kN					
	1 вісь	2 вісь	3 вісь	4 вісь	5 вісь	6 вісь
F1	65	115				
F2	70	95	95			
F3	95	95	115			
F4	95	95	95	95		
G1	65	115	100	100		
G2	65	115	100	100	100	
G3	70	100	100	100	100	
H1	100	115	100			
H2	30	95	95	100		
H3	65	115	100	100		
H4	50	95	95	100	100	
H5	45	115	80	80	80	
H6	50	95	95	80	80	80
I1	65	115				
I2	85	115	85			

Таблиця 2 – Допустимі маси і осові навантаження, прийняті в Португалії

Тип транспортного засобу	Максимальне навантаження на вісь, kN					
	1 вісь	2 вісь	3 вісь	4 вісь	5 вісь	6 вісь
F1	65	115				
F2	75	100	100			
F3	100	100	120			
F4	100	100	100	100		
G1	75	120	80	80		
G2	75	120	80	80	80	
G3	75	100	100	80	80	
H1	75	120	100			
H2	75	100	100	100		
H3	75	120	100	100		
H4	100	100	100	100		
H5	75	120	80	80	80	
H6	75	100	100	80	80	80
I1	75	120				
I2	75	100	100			

Транспортний засіб чи автопоїзд з вантажем або без вантажу вважається великогабаритним або великоваговим, якщо його габарити, максимальна або осьова маси перевищують хоча б один з параметрів, зазначених у пункті 22.5 Правил дорожнього руху, затверджених постановою КМУ від 101.10.2001р. №1306, зокрема [3]:

- за шириною 2,6 м, за висотою від поверхні дороги – 4 м (для контейнеровозів на встановлених Укравтодором і Національною поліцією маршрутах – 4,35 м);

- за довжиною – 22 м (для маршрутних транспортних засобів – 25 м);

- фактичну масу понад 40 т (для контейнеровозів – понад 44 т, на встановлених Укравтодором і Національною поліцією для них маршрутах – до 46 т);

- навантаження на одиночну вісь – 11 т (для автобусів, тролейбусів – 11,5 т), здвоєні осі – 16 т, строєні – 22 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь – 11 т, здвоєні осі – 18 т, строєні – 24 т) або якщо вантаж виступає за задній габарит транспортного засобу більш як на 2 м.

Осі слід вважати здвоєними або строєними, якщо відстань між ними (суміжними) не перевищує 2,5 м.

Проте, у разі перевезення подільних вантажів (пісок, щебінь, зерно, бетон, бензин і т. ін.) рух транспортних засобів та їх складів з вищезазначеними навантаженнями автошляхами загального користування забороняється.

Окрім того, автомобільними дорогами загального користування місцевого значення забороняється рух транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 7 т або фактичною масою понад 24 т.

Законодавством допускається перевищення вищезазначених вагових параметрів на 2 відсотки (величина похибки) без оформлення відповідного дозволу та внесення плати за проїзд.

Підставою для видачі уповноваженим підрозділом Національної поліції такого дозволу на рух є погодження маршруту великовагових та великогабаритних транспортних засобів – документ, що видається дорожніми, комунальними, залізничними та іншими підприємствами і організаціями, який підтверджує можливість безпечного проїзду маршрутом. Маршрут великогабаритних та великовагових транспортних засобів, що проходить автомобільними дорогами загального користування державного значення кількох областей, потрібно погодити з Державним агентством автомобільних доріг України (Укравтодор).

Отримавши погодження маршруту великовагових та великогабаритних транспортних засобів перевізник або уповноважена ним особа повинна звернутись до уповноваженого підрозділу Національної поліції (через центр надання адміністративних послуг), подавши відповідні документи.

Однак трапляються непоодинокі випадки незаконного перевезення великогабаритних та особливо важких вантажів без оформлення погодження та дозволів [6]. перевізники формують маршрути в обхід магістралей, що мають певні габаритні обмеження або швидкісні мінімуми. Але це швидше виключення з правил, яке часто призводить до збільшення довжини шляху і вимагає відповідного знання дорожніх правил та інфраструктури країни, по якій здійснюється перевезення.

Недостатність заходів щодо контролю перевезень і корупція призвели до того що, в Україні набуло значних розмірів таке явище, як умисне «перенавантаження вантажівок». Причини і наслідки цього процесу уже відомі. Економія перевізників на кількості транспортних засобів на одиницю товару, призводить до швидкого руйнування транспортних споруд – доріг, шляхопроводів та мостів.

За оцінками фахівців: «Рух перевантажених вантажівок по дорогах країни, щорічно коштує дорожньому господарству два мільярди гривень».

**Постановка проблеми.** Для будівництва та експлуатації знакових промислових об'єктів необхідно забезпечувати доставку особливо важких вантажів по автомобільним дорогам. У першу чергу це відноситься до об'єктів енергетичної та хімічної промисловості, на які доводиться доставляти вантажі масою від 300-400 т (трансформатори гідроелектростанцій) до 600 т і більше (колони синтезу).

Значна частка будівництва гідравлічних електростанцій припадає на багаті водними ресурсами райони країни. Доставка особливо важких вантажів в цих районах можлива лише по автомобільних дорогах. Обсяг перевезень таких вантажів автомобільними дорогами безперервно зростає. Перевезення здійснюються на спеціальних транспортних засобах заводського (рис. 3) і індивідуального виготовлення, які суттєво впливають на дорогу і штучні споруди. Однак проектування і будівництво автомобільних доріг ведеться без урахування перевезення по ним особливо важких вантажів. Облік цих перевезень повинен поширюватися, звичайно, лише на ті дороги або їх ділянки, по яких відповідно до планів розвитку промисловості вони будуть здійснюватися.

Тому ще на стадії обґрунтування будівництва дороги необхідно з'ясувати, які об'єкти промисловості та енергетики намічається будувати, що тяжіють до проектованої дороги району, і при необхідності врахувати в проекті специфічні умови перевезення особливо важких вантажів [7]. В цьому випадку відпадає необхідність виконання трудомістких і дорогих робіт, пов'язаних з пристосуванням побудованої дороги до умов перевезення важких вантажів [7].

**Виклад основних результатів.** В якості прикладу можна навести дані про додаткові роботи, які необхідно було виконати на ділянці довжиною 80-кілометрів діючої автомобільної дороги від залізничної станції м. Сокиряни до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, в ході реалізації програми підготовки станції до вводу в експлуатацію, для забезпечення перевезення трансформаторів масою 308 т (маса трейлера з вантажем 408 т) на будівництво ГАЕС (рис. 4).

Ця ділянка дороги проходить у вузькій ущелині річки, що виключає влаштування тимчасових об'їздів. Маршрут руху великогабаритних та негабаритних конструкцій від залізничної станції м. Сокиряни до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС представлений на рис. 2 проходить по трьох автомобільних дорогах: Т-02-11 Вербовець – Надністрияцьк – Білоусівка, Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данківці) Вартиківці та Т-25-64 Новодністровськ – Ожеве – Василівка – Сокиряни.

Важливо зазначити дві важливі обставини. По-перше, терміни доставки трансформаторів на будь-яку споруджувану гідроелектростанцію призначаються відповідно

до черговості введення агрегатів і планом постачання трансформаторів з заводу-виробника (ці строки обчис-

люються роками).

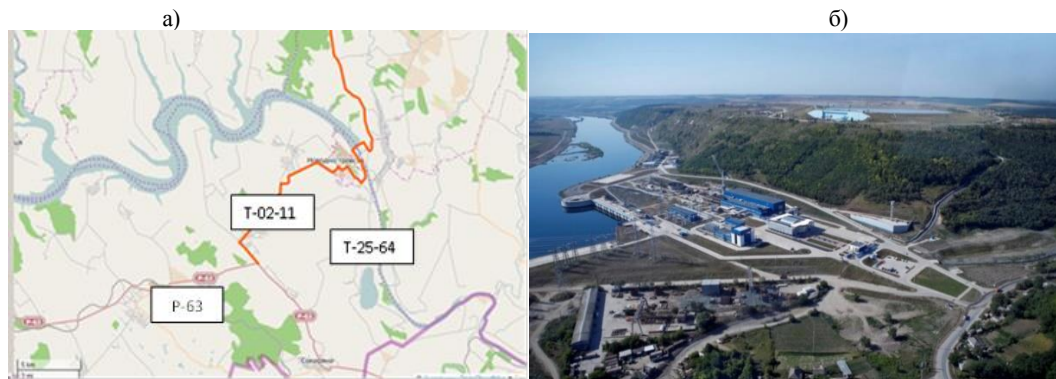


Рис. 4. Ділянка автомобільної дороги від залізничної станції м. Сокиряни до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, де а - схема маршруту руху автомобілів від м. Сокиряни до Дністровської ГАЕС; б - загальний вид Дністровської ГАЕС

По-друге, у період експлуатації ГАЕС дорога і штучні споруди повинні забезпечувати проїзд трейлерного потягу у разі необхідності заміни трансформаторів, що вийшли з ладу. Отже, посилення штучних споруд та дорожні роботи не є тимчасовими заходами і повинні забезпечувати роботу споруд як постійних.

На ділянці дороги протяжністю 80 км потрібно було посилити конструкції існуючого дорожнього одягу та збудувати новий дорожній одяг починаючи з земляного полотна. Таку роботу було не можливо виконати без детального обстеження цих доріг. Тому роботи виконували в чотири етапи:

- виконання обстежень;
- оцінка техніко-експлуатаційного стану (ТЕС) покриття;
- виконання розрахунків;
- будівництво.

Всі ці роботи, виконували без тривалих перерв інтенсивного руху автомобілів і рейсових автобусів. Обстеження, конструювання та розрахунки конструкцій дорожнього одягу виконували в межах спільної роботи ДП «ДерждорНД» і Національного транспортного університету (НТУ) на замовлення ТОВ "Енергетично-дорожнє будівництво"(Підрядника) та Укргідропроєкт (Генпроектувальника).

За результатами візуального обстеження стану автомобільних доріг за напрямком від залізничної станції м. Сокиряни через м. Новодністровськ до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, вимірювання модулів пружності дорожнього одягу та закладання шурфів для визначення конструкції дорожнього одягу було зроблено такі висновки:

Обстежені ділянки автомобільних доріг:

- Т-02-11 Вербовець - Надністрянськ - Білоусівка, км 21+970 - км 35+327;
- Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данківці) Вартиківці з км 74+700 - км 81+622;
- Т-25-64 Новодністровськ - Ожеве - Василівка - Сокиряни, км 0+000 - км 0+835.

З них дві дороги – територіальні, одна – регіональна, відносяться до III-IV категорії. Навантаження на одну чинну найбільш навантажену вісь двовісного автомобіля для розрахунку міцності приймають 100 кН. Ширина проїзної частини – 6 м. Ширина смуги руху – 3 м. Проїзна частина має двоххилий поперечний профіль.

За результатами візуального обстеження виявлені такі дефекти покриття, як сітка тріщин, часті тріщини та вибоїни. Проведений ямковий ремонт вибоїн, місцями поточний ремонт – поверхнева обробка покриття. Ступінь ураження вказаними дефектами місцями до 20 % площі покриття.

Вказані руйнування викликані тривалою експлуатацією без відповідного утримання і ремонту та низькими властивостями матеріалів шарів дорожнього одягу, особливо це стосується матеріалів шарів основи – щебеново-піщана суміш та щебінь з просоченням.

Протяжність найбільш уражених дефектами ділянок по трьох обстежених дорогах за напрямком руху від ст. Сокиряни до Дністровської ГАЕС складає близько 3,5 км.

Експлуатаційне утримання та ремонт цементобетонного покриття автодоріг Дністровської ГАЕС проводилось в мінімальних обсягах. За період експлуатації цементобетонне покриття зазнало значних пошкоджень у вигляді тріщин, лущення, сколювань, вибоїн. Зростання інтенсивності руху великовантажних автомобілів, пов'язане із реконструкцією ГАЕС, призвело до збільшення площі деформацій та руйнувань цементобетонного покриття.

Товщина цементобетонних плит складала 23 см – 26 см, ступінь руйнування від 10 % до 50 % площі поверхні цементобетонних плит, місцями – більше 50 %. В залежності від рівня руйнувань цементобетонних плит та конструкції дорожнього одягу виділені характерні ділянки та надані вихідні дані для розрахунку конструкцій дорожнього одягу.

Основні дефекти - тріщини (поздовжні та поперечні), сітка тріщин, лущення, сколювання, раковини та вибоїни, викришування. Ширина розкриття тріщин місцями більше 5 см, розмір окремих вибоїн більше ніж 10 см в ширину та глибину.

Найчастіше спостерігаються поздовжні тріщини (рис. 3а), які при дії руху перевантажених ТЗ призводять до утворення блочних тріщин (рис. 3б). Відсутність догляду за покриттям (залівка тріщин) призводить до проникнення поверхневих вод в основу дорожнього одягу, перезволоження ґрунту земляного полотна, зменшення його модуля пружності і як наслідок до втрати несної здатності покриття. В результаті виникають сітка тріщин та проломи (рис. 3в), які при подальшій експлуатації

призводять до викришування, вибоїн, виносу матеріалу

та руйнування більше 75% площі плит (рис. 3г).

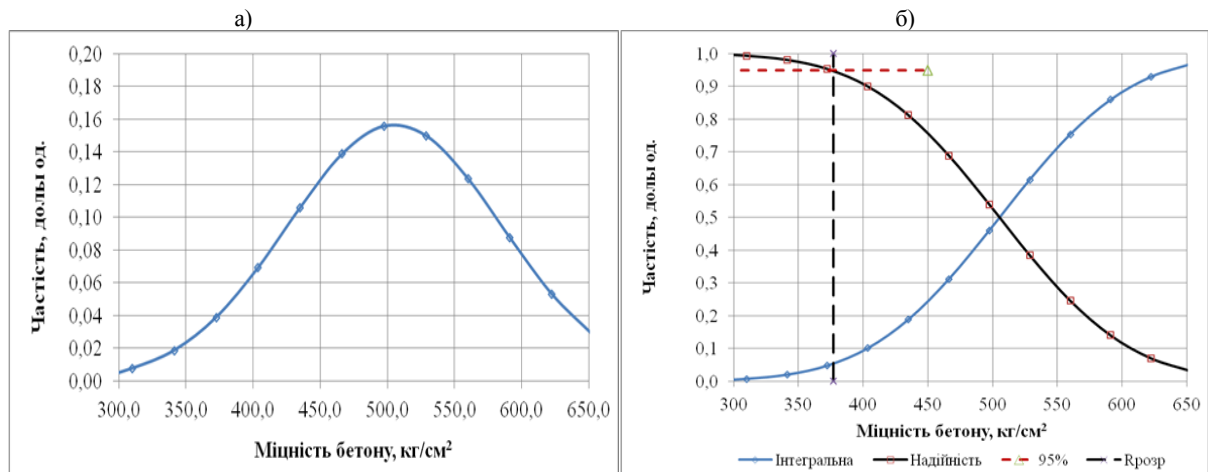


**Рис. 3.** Етапи розвитку руйнувань жорсткого цементобетонного дорожнього покриття, де а - поздовжні тріщини, що переходять у вибоїни; б - блочні тріщини; в - сітка тріщин, проломи ц/б плити; г - викришування, вибоїни, руйнування більше 75% площі плит

Особливо значні руйнування виявлені в місцях, де виконувались роботи при будівництві верхньої водойми ГАЕС.

Цементобетонні плити залишаються в основному монолітними, під час обстеження не виявлено уступів між плитами.

Значення показників міцності цементобетонного покриття, визначено за допомогою склерометра фірми Controls. Щільність розподілу міцності бетону за усіченим нормальним законом Гауса та схема визначення розрахункового значення міцності бетону із забезпеченістю 95% наведена на рис. 4.



**Рис. 4.** Результати статистичної обробки міцності бетону за усіченим нормальним законом, де а - щільність розподілу; б - функція нормального розподілу та крива надійності

Відповідно розрахункова міцність бетону покриття автодороги з врахуванням фактичної неоднорідності складає

$$R_{розр} = R_{ср} \cdot (1 - \theta \cdot C_v) = 479,17 (1 - 1,64 \cdot 13,024) = 378,7 \text{ кгс/см}^2.$$

Марка бетону з врахуванням розкиду даних М350. Розрахунковий клас міцності цементобетону В 27,5. Розрахункова міцність цементобетону автодороги інших ділянок - 461,6 кгс/см<sup>2</sup>, 377,3 кгс/см<sup>2</sup>. Більші значення розрахункової міцності можна пояснити меншим рівнем транспортного навантаження - в

період будівництва верхньої водоїми рух великовантажних автомобілів по цій дорозі не відбувається.

Модуль пружності дорожнього одягу, що вимірювався на найбільш уражених дефектами ділянках складає:

- на ділянці км 21+970 - км 35+327 автомобільної дороги Т-02-11 Вербовець - Надністрянськ - Білоусівка в середньому 174 МПа;

- на ділянці км 74+700 – км 81+182 а/д Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данкивці) Вартиківці в місцях, уражених дефектами – в середньому 137 МПа, в місцях без дефектів – 320 МПа;

- на ділянці км 0+371 – км 0+835 автомобільної дороги Т-25-64 Ново-дністровськ - Ожеве-Василівка - Сокиряни в межах м. Новодністровськ в місцях, уражених дефектами –144 МПа, в місцях без дефектів – 276 МПа.

Конструкція дорожнього одягу територіальних доріг Т-02-11 і Т-25-64 має сумарну товщину шарів від 16 см до 27 см, з них асфальтобетонне покриття – 4 см, поверхнева обробка – 2 см.

Конструкція дорожнього одягу регіональної дороги Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данкивці) Вартиківці

має сумарну товщину шарів 22 см, з них шар основи з бітумомінеральної суміші 6 см, асфальтобетонне покриття – 4 см, поверхнева обробка – 2 см.

Поверхневий водовідвід на обстежених дорогах місцями не забезпечений, поздовжні канами не мають необхідного поздовжнього похилу, не очищені від рослин. На ділянці автомобільної дороги Т-02-11 в с. Білоусівка відмічено близьке стояння ґрунтових вод.

За результатами обстежень та польових вимірювань конструкція дорожнього одягу вищевказаних ділянок автомобільних доріг не забезпечує мінімально допустимого коефіцієнту міцності  $K_{мц}$ , який дорожній одяг повинен мати до кінця служби дорожнього одягу.

Згідно з табл. 3.7 ВБН В.2.3-218-186 [8] потрібний модуль пружності для доріг III категорії складає 190 МПа - 225 МПа, в залежності від конструкції дорожнього одягу. Згідно з результатами польових вимірювань фактичний модуль пружності на ділянках, уражених дефектами складає в середньому 150 МПа (рис. 5).

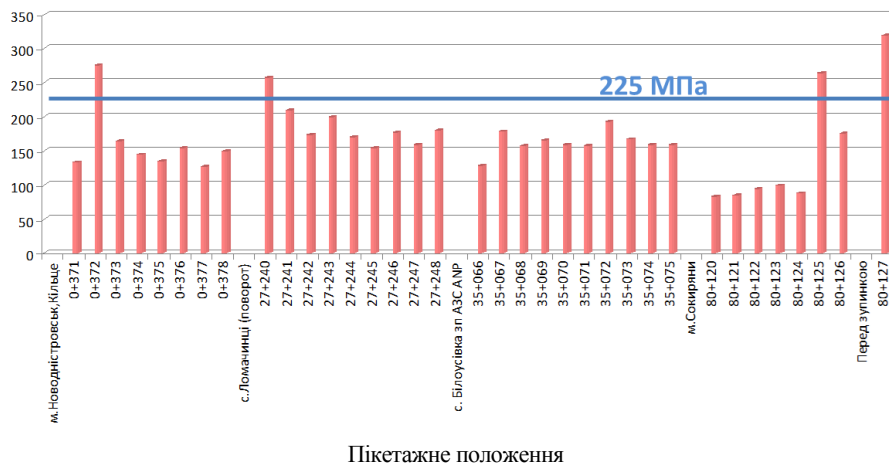


Рис. 5. Модулі пружності дорожнього одягу ділянок автомобільних доріг за напрямком руху від ст. Сокиряни через м. Новодністровськ до Дністровської ГАЕС

З урахуванням коефіцієнту надійності для доріг III - IV категорії – 0,85 згідно з рис. 3.1 ВБН В.2.3-218-186 значення модулів пружності зменшуються.

За результатами вимірювань міцність дорожнього одягу обстежених ділянок та стан покриття не задовольняли транспортно-експлуатаційним вимогам, дорожній одяг потребував посилення. Згідно з 2.8.16 ВБН В.2.3-218-186 [8] коефіцієнт міцності складає 0,8 (така вимога відсутня в нормах [9]).

Інтенсивність руху автомобільного транспорту по автомобільних дорогах характеризувалася незначною інтенсивністю з навантаженням на вісь 10,0 тс (100 кН).

В період будівництва Дністровської ГАЕС характер руху по обстеженим автомобільним дорогам змінюється кардинальним чином і характеризується проїздом технологічного транспорту та надважких автомобілів, які перевозять технологічне обладнання.

Вказані ділянки обстежених автомобільних доріг із значними руйнуваннями та низьким  $K_{мц}$  не забезпечували необхідної несної здатності при розрахунковому навантаженні 100 кН.

За результатами проведеного обстеження виконували аналіз і розрахунки. В розрахунок приймалися три варіанти конструкцій дорожнього одягу:

- 1) Конструкції дорожнього одягу з основою із де-структурованого віброрезонансним методом існуючого цементобетонного покриття:
    - з асфальтобетонним покриттям з основою із пісного бетону або чорного щебеню;
    - з цементобетонним покриттям.
  - 2) Конструкції дорожнього одягу із збереженням існуючого покриття:
    - з асфальтобетонним покриттям з основою із пісного бетону або чорного щебеню;
    - з цементобетонним покриттям;
  - 3) Конструкції дорожнього одягу для нового будівництва:
    - з асфальтобетонним покриттям з основою із пісного бетону або чорного щебеню;
    - з цементобетонним покриттям.
- Найбільшим оптимальним варіантом вважалися конструкція дорожнього одягу з трьома шарами асфальтобетонного покриття, в основі - вирівнюючий (тріщино-

перериваючий) шар із чорного щебеню поверх існуючого цементобетонного покриття.

За розрахунком товщина шарів залежить від стану та міцності існуючого цементобетонного покриття (табл. 3) [8].

**Таблиця 3** – Розрахунок модуля модуля пружності на ділянках посилення з врахуванням наявності тріщин

№ п/п	Ділянка автомобільної дороги	Модуль пружності для розрахунку на зсув, МПа	Коефіцієнт зменшення модуля, Кзм	Модуль пружності з врахуванням наявності тріщин, МПа
1	Автодорога навкруги верхньої водойми			
	ПК 0 – ПК 20 - руйнування середнього ступеню (від 20 до 40% площі проїзної частини);	1630	0,369	600
	ПК 21 – ПК 30 – значні руйнування (більше 50% площі);	1445	0,373	540
	ПК 30 – ПК 46 – незначні руйнування (5... 10%);	1745	0,365	640
	ПК 47 – ПК 86 – ґрунтова дорога.			
2	Автодорога вздовж основних споруд ГАЕС (до гідроцеху та МЧС) (на схемі № 3)	1630	0,369	600
3	Автодорога від ГАЕС до верхньої водойми (на схемі № 4)	1320	0,378	500
4	Автодорога від ГЕС-1 до ГАЕС вздовж Дністра			
	Ділянка від ГЕС до ґрунтовки, протяжністю 1,2 км	1500	0,372	560
	Ділянка № 2 – ґрунтова дорога, в процесі будівництва, протяжність 7 км			
	Ділянка № 3 від ґрунтовки до ГАЕС, протяжність 700 м	1640	0,369	600

За результатами розрахунків, згідно [8], модуль пружності на ділянках із зруйнованим покриттям (рівень руйнувань більше 50%) приймали рівним 500 МПа, що в 2 рази більше від значень модуля пружності для віброрезонансного методу. Для ділянок з окремими тріщинами від 10 до 30 % розрахункове значення модуля приймали 600 МПа. При наявності тільки швів без руйнувань (або з окремими тріщинами до 5 % – 10 % руйнувань плит) модуль пружності становить 1600 МПа - 1745 МПа.

В якості вирівнюючого (тріщиноперериваючого) шару рекомендується застосовувати шар основи із чорного щебеню.

За умови забезпечення належного зчеплення між шарами дорожнього одягу застосування тріщиноперериваючих прошарків між жорсткою основою та нежорстким асфальтобетонним покриттям із зернистих матеріалів – чорного щебеню має певні переваги:

- сповільнює утворення відображених тріщин на асфальтобетонному покритті;
- дозволяє дещо зменшити товщину асфальтобетонних шарів, тобто зменшити вартість будівництва;
- шар із чорного щебеню є досить технологічним, влаштовується з обробленого в установці щебеню органічним в'язучим, доставляється автомобілями та розподіляється щебенерозподільником або автогрейдером, що дозволяє вирівнювати шар старого, деформованого цементобетонного покриття;
- в порівнянні з щебеним шаром із необробленого щебеню, шар із чорного щебеню має більший зв'язок між окремими щебінками, що забезпечує меншу деформативність шару основи.

Рекомендовані конструкції дорожнього одягу для автодороги навкруги верхньої водойми представлено в табл. 4 - 5.

**Таблиця 4** – Конструкція дорожнього одягу нежорсткого типу з використанням основи із чорного щебеню поверх існуючого бетонного покриття з руйнуваннями 20-40 %. Ділянка ПК 0 – ПК 20; з руйнуваннями більше 50 %, Ділянка ПК 21 – ПК 30; покриття з руйнуваннями 5 – 10 %. Ділянка ПК 30 – ПК 46.

Номер шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см	Еквівалентний Епр, МПа	
			руйнуваннями 20 – 50 %.	руйнуваннями 5 – 10 %.
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20) на модифікованому бітумі марки БМП 60/90-52 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [10]	5	598,6	689,0
2	Щільний крупнозернистий асфальтобетон І марки, тип А з вмістом щебеню 50 % згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	10	519,0	602,8
	Прошарок з геосинтетичного матеріалу з міцністю не менше 50 кН/м згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]			
3	Пористий крупнозернистий асфальтобетон ІІ марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	14	384,9	456,5
4	Чорний щебінь згідно з ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 [13]	10	261,2	355,1
	Існуючий дорожній одяг			
5	Цементобетон з руйнуваннями до 30 %.	26	217,5	308,3

Рекомендовані конструкції дорожнього одягу для автодороги вздовж основних споруд ГАЕС (до гідро цеху та МЧС) та для автодороги від ГАЕС до верхньої водойми Ділянка ПК 0 - ПК 22. ПК 22 - ПК 43. для автодороги від ГЕС-1 до ГАЕС вздовж Дністра (проїзд велико-вагових ТЗ) відповідають варіанту III г.

Рекомендовані конструкції дорожнього одягу для автодорогі з ґрунтовим покриттям

Автодорога від правобережного устою водовипуску ГАЕС через МЧС до Волошківського яру, автодорога від Волошківського яру до кордону з Молдовою, на ділянках з ґрунтовою конструкцією, автодорога від ни-

жньої водойми до верхньої водойми по Волошківському яру, автодорога від МЧС до НДШ відповідають варіанту таблиці 6.

**Таблиця 5** – Конструкція дорожнього одягу з використанням основи із чорного щебеню. ПК 47-ПК 86. (нове будівництво)

Номер шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см	Еквівалентний Епр, МПа
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20) на модифікованому бітумі марки БМП 60/90-52 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [10]	5	550,1
2	Щільний крупнозернистий асфальтобетон I марки, тип А з вмістом щебеню 50 % згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	8	455,2
3	Пористий крупнозернистий асфальтобетон II марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	8	313,3
4	Чорний щебінь згідно з ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 [13]	12	219,3
5	Щебенево - піщана суміш С 5 фр. 0-70 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 [14]	35	149,5
	Геокомпозит (високоміцна георатка з'єднана із геотекстильним матеріалом) або геосинтетична ґратка згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]		
6	Існуюче покриття - гравійно-піщана суміш		75,7

**Таблиця 6** – Конструкція дорожнього одягу для проїзду великовагових ТЗ з використанням основи із чорного щебеню. Ділянка з ґрунтовим покриттям (ПК 0 – ПК 70).

Номер шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см	Еквівалентний Епр, МПа
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20) на модифікованому бітумі марки БМП 60/90-52 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [10]	5	550,1
2	Щільний крупнозернистий асфальтобетон I марки, тип А з вмістом щебеню 50% згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	10	455,2
3	Пористий крупнозернистий асфальтобетон II марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	18	313,3
4	Чорний щебінь згідно з ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 [13]	20	219,3
5	Щебенево - піщана суміш С 5 фр. 0-70 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 [14]	35	149,5
	Геокомпозит (високоміцна георатка з'єднана із геотекстильним матеріалом) або геосинтетична ґратка згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]		
6	Гравійно-піщана суміш неоптимального складу	50	75,7
	Геосинтетичний розділюючий матеріал згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]		
7	Суглинок важкий піщанистий		29

Для недопущення залишкових деформацій було рекомендовано виконати армування верхнього шару ПГС геокомпозитом (високоміцна георатка з'єднана із геотекстильним матеріалом) з міцністю на розрив не менше 60 кН/м.) або геосинтетичною ґраткою з міцністю на розрив не менше 42 кН/м (при новому будівництві) [15, 16].

Розрахунок параметрів навантаження від багатовісних автопоїздів (Суперпричепа) виконано за методикою проф. Б.С. Радовського [17] з уточненнями наведеними нижче. Для можливості автоматизованого розрахунку відповідний алгоритм:

**1. Вхідна інформація:**

1. Sez - сезон року, для якого розраховується тариф:
  - 1 - весна-бездоріжжя; 2 - літо; 3 - весна нерозрахунковий період, осінь; 4 середньорічна
2. Kateg - категорія дороги: 1, 2, 3, 4, 5.
3. Тип ДО - тип дорожнього одягу, 1...4:
  - 1 - капітальна жорстка, 2 - капітальна нежорстка, 3 - полегшена, 4 - перехідна.
4. Rast - довжина ділянки, по якій передбачається перевезення вантажу, [км];
5.  $G_{sum}$  - повна маса "Суперпричепа" з вантажем, т;
6. N - кількість осей "Суперпричепа";
7. M - кількість коліс на кожній осі;
8.  $L_g$  - габаритна довжина, м;
9.  $H_g$  - габаритна ширина, м;
10.  $LL(i), i=1 \div N-1$  - відстань між осями, см;
11.  $ll(i), i=1 \div M-1$  - відстань між колесами на осі, см;

12.  $P_v(N, M)$  - тиск повітря в шині для кожного колеса, МПа;

13. Рівень міцності дорожнього одягу PRDO; 1...5, де 1 - неміцна (міцність занижена на 30%); 2 - ослаблена (заниження міцності на 15%); 3 - середньої міцності (відповідає всім критеріям міцності по ВСН 46-83); 4 - посилена (>15%); 5 - підвищеної міцності;

**2. Константи:**

1. Параметри розрахункового навантаження, на яку розраховано дорожній одяг, вибираються в залежності від категорії дороги згідно ДБН 2.3-4.
2.  $kI$  - коефіцієнт жорсткості шин,  $kI=1,0$ .
3.  $k_{dm}$  - коефіцієнт динамічності,  $k_{dm}=1,05 \dots 1,3$  (в залежності від швидкості руху ТЗ).
4. Розраховуються подовжні відстані між осями (колесами). Для першої осі центр координат розташовується в крайній лівій осі. При розгляді наступних осей (колес) центр переноситься в розглянуту вісь (колесо). На напружено-деформований (ПДВ) стан конструкції впливають навантаження осі (колеса), розташовані на відстані не більше 2,5 м. З огляду на те, що відстань між суміжними осями для практично всіх транспортних засобів і причепів не менше 80 см ( $2R+\Delta$ , де R - радіус колеса,  $\Delta$  - зазор для забезпечення маневреності) досить розглядати по дві осі в різні сторони від тієї, у якій визначається навантаження з урахуванням впливу суміжних коліс, тобто досить послідовно розглядати п'ятивісні візки. У цьому випадку значення подовжніх координат приведені нижче (табл. 7).



**Таблиця 7** – Значення подовжніх координат [18]

Вісь, для якої шукають коефіцієнт приведення	Значення подовжніх відстаней до осі, у якій визначається навантаження з урахуванням впливу суміжних коліс				
1 - перша	L11=0	L12=LL12	L13=LL12+L23	L14= LL12+LL23+LL34	L15=LL12+LL23+LL34+LL45=LL14+LL45
2 - друга	-LL12= -LL12	0	L23=LL23	L24=LL24+LL23+LL34	L25=LL23+LL34+LL45
3 - третя	-L31=-LL12-LL23	-L32=-L23	0	L34=LL34	L35=LL34+LL45
4 - четверта	-L41=-LL12-LL23-LL34	-L42=-LL23-LL34	-L43=-LL34	0	-L45=LL45
5 - п'ята	-L51=-LL12-LL23-LL34-LL45 чи =L52-L12	-LL52=-LL23-LL34-LL45	-L53=LL34-LL45	-L54=-LL45	0

При необхідності можна розглядати 7-ми вісний візок, тоді буде можливість розглядати осі (колеса) на відстані  $250 \div (7-1) \approx 40$  см, тобто навіть з аеродромними колесами.

За результатами розрахунку знайдено навантаження на вісь - 151,01 кН, питомий тиск на покриття - 0,77

МПа, діаметр відбитку колеса 53,9 см . Коефіцієнт динамічності 1,1.

Перевезення трансформаторів масою 308 т на будівництво цієї ГАЕС здійснювалася трейлерним поїздом, що складається з трейлера вантажопідйомністю 300 т та тягачів, розташованих згідно (рис. 6, табл. 8 та рис. 7).



**Рис. 6.** Трейлерний потяг для перевезення негабаритних вантажів

**Таблиця 8** – Технічні характеристики трейлерного потягу для перевезення негабаритних вантажів

Вантажопідйомність	300 т
Довжина вантажної площадки	20000 мм
Висота вантажної площадки	1260 мм
Ширина вантажної площадки	3350 мм



**Рис. 7.** Транспортування турбіни з залізничної станції до Дністровської ГАЕС

Будівництво автодоріг 5 - 8 черг будівництва виконано в 2014 - 2016 рр. силами ТОВ "Енергетично-дорожнє будівництво" (ТОВ «ЕДБ»).

Перевезення трансформаторів на договірній основі здійснювало ТОВ «Чорноморенергоспецмонтаж» (м. Одеса), зазвичай за допомогою тягача Mercedes-Benz SK 3553 та трейлерного потягу торгової марки Scheuerle Euro Combi [19]. Трансформатори завозили до пуску кожного гідроагрегата. Наприклад, пуск третього гідроагрегата Дністровської ГАЕС здійснено у понеділок 21 грудня 2015 року в Новодністровську. Відбувся він у рамках реалізації першої черги будівництва у складі

трьох гідроагрегатів [20]. Крім трансформаторів на кожен гідроагрегат завозили надважкі робочі колеса турбін вагою 120 т.

**Висновки.** У більшості країн світу навантаження та габарити дорожніх автотранспортних засобів регламентовані національними стандартами і дорожнім законодавством. Фахівці у галузі дорожнього господарства й автомобільного транспорту, спільно розробляють ці вимоги для своїх країн.

На сьогоднішній день перевезення великогабаритної техніки є однією з основних проблем, з якими доводиться стикатися підприємцям будівельних, автомобільних і

промислових компаній. Дуже важливо, щоб процес роботи на різних об'єктах був організований таким чином, щоб спеціалізована техніка доставлялася на місце призначення вчасно і вже в тому стані, в якому вона буде використовуватися.

Перевезення великогабаритних та великовагових вантажів вимагає ретельної підготовки. По-перше, під перевезення виділяється спеціальний транспорт, який зможе витримати досить велике навантаження, по-друге, вантаж потребує постійного спостереження, по-третє, необхідно створити спеціальні умови для його перевезення. При транспортуванні таких вантажів, необхідне правильне оформлення документів. Сюди входить опис, маршрут, страховка, інструктаж водія та інше.

На стадії обґрунтування будівництва дороги необхідно з'ясувати, які об'єкти промисловості та енергетики намічається будувати, що тяжіють до проекрованої до-

роги районах, і при необхідності врахувати в проєкті специфічні умови перевезення особливо важких вантажів. В цьому випадку відпадає необхідність виконання трудомістких і дорогих робіт, пов'язаних з пристосуванням побудованої дороги до умов перевезення важких вантажів.

За аналізом результатів обстежень та вимірювань, обґрунтовано технічні рішення з капітального ремонту цементобетонного покриття, рекомендовані варіанти конструкцій дорожнього одягу з розробкою заходів з попередження відображеного тріщиноутворення при посиленні старого цементобетонного покриття.

Головний спосіб вирішення комплексу проблем щодо перевезення великогабаритних та особливо важких вантажів полягає в трансформації транспортного засобу під вантаж іншого розміру, форми і розподіл маси.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. [http://loga.gov.ua/oda/press/news/promp/pro\\_pravila\\_perevezennya\\_vantazhiv\\_avtomobilnim\\_transportom](http://loga.gov.ua/oda/press/news/promp/pro_pravila_perevezennya_vantazhiv_avtomobilnim_transportom)
2. [https://vl.ukravtodor.gov.ua/vodiiam\\_ta\\_pereviznykam/velykohabarytni\\_ta\\_velykovahovi\\_transportni\\_zasoby.html](https://vl.ukravtodor.gov.ua/vodiiam_ta_pereviznykam/velykohabarytni_ta_velykovahovi_transportni_zasoby.html).
3. <https://os1.ru/articles>
4. <https://www.tad.com.ua/services>
5. <https://mtu.gov.ua/news/26869.html?PrintVersion>
6. <https://www.facebook.com/WiM.weighinmotion/videos/536095750581262>
7. Гофман Ю. Г. Про перевезення по дорогах особливо важких вантажів
8. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
9. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
10. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови
11. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови
12. ВБН В.2.3.-218-544 Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві.
13. ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 Щебень, пісок та щебенево-піщана суміш із шлаків від виробництва марганцевих феросплавів. Технічні умови
14. ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови.
15. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
16. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу. – К.: НТУ.- Дис. д.т.н., 2005. – 460 с.
17. Радовский Б.С., Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей / Б. С. Радовский, А. С. Супрун, И. И. Козаков. - Киев: Будівельник, 1989.
18. Аксьонов П.В. Многоосные автомобили. - М.: Машиностроение, 1980.
19. <http://chesm.org/gruzoperevozki>
20. <https://www.kmu.gov.ua/news/248723179>

#### REFERENCES

7. Hoffman UG About transportation on roads of especially heavy freights
8. VBN В.2.3-218-186-2004 Transport facilities. Non-rigid road clothes
9. DBN В.2.3-4:2015 Transport facilities. Highways
10. DSTU В В.2.7-127: 2015 Asphalt mixtures and asphalt concrete crushed stone-mastic. Specifications
11. DSTU В В.2.7-119: 2011 Mixtures of asphalt concrete and asphalt concrete road and airfield. Specifications
12. GBN В.2.3-37641918-544: 2014 Highways. Application of geosynthetic materials in road structures. Basic requirements.
13. TU U В.2.7-14.2 -00018112: 263 Crushed stone, sand and crushed stone-sand mixture from slags from the production of manganese ferroalloys. Specifications
14. DSTU В В.2.7-30: 2013 Non-metallic materials for gravel and gravel foundations and road surfaces. General technical conditions.
15. GBN В.2.3-37641918-559: 2019 Highways. Non-rigid road clothes. Designing.
16. Gamelyak I P Basics of ensuring the reliability of pavement structures. - К. : NTU.- Dis. d.en.sc., 2005. - 460 p.
17. Radovsky BS, Design of road clothes for the movement of heavy trucks / BS Radovsky, AS Suprun, II Kozakov. - Kiev: Budivelnik, 1989.
18. Aksonov PV Multi-axle cars. - М.: Mashinostroenie, 1980.

#### Designing of a design of road clothes for transportation of large and especially heavy loads by roads of Ukraine

O. V. Kushnir, I. P. Gamelyak, V. F. Raikovsky, U. M. Klimov

**Abstract.** Due to the need to transport various special, construction, agricultural and other machinery, large tanks, industrial equipment, etc., the transportation of heavy oversized cargo has been growing in recent years. The specificity of oversized and heavy transportation lies in many points, without which timely and safe delivery of goods to the destination is not possible. An important point (element) of such transportation is to take into account the strength and load-bearing capacity of bridges and road structures (road clothing) and the choice of appropriate specialized rolling stock. This article reveals the following aspects of this topic: definition of basic concepts, regulatory constraints, features of preparation and process of transportation of large and especially heavy goods, route selection, rules of transportation of goods by road, as well as documentation of cargo transportation. It should be noted that special literature on the theory related to this topic is not enough. The article presents the authors' own experience in solving such problems at transport infrastructure facilities in Ukraine, taking into account practical material and information available on the pages of transport companies. As the requirements for transportation are constantly supplemented and changed, these sources are useful in the analysis of information related to the transportation of oversized and heavy cargo.

**Keywords:** highway, transportation, large and especially heavy loads, construction of road clothes, bearing capacity.