

РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.70

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Холоднюк В.П.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕТОННОЇ БРУКІВКИ У ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Анотація. У статті розглянуто досвід впровадження брукованих покриттів промислових територій, майданчиків, терміналів, портів, аеродромів та автомобільних доріг.

Результати статті повинні використовуватися у подальшому при влаштуванні дорожніх одягів із бруківки при будівництві та ремонті.

Ключові слова: автомобільні дороги, елементи мощення, конструкція дорожнього одягу, дорожнє покриття, площадки, надійність.

УДК 625.70

Гамеляк И.П., д-р техн. наук, Холоднюк В.П.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОННОЙ БРУСЧАТКИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассмотрено опыт внедрения дорожных покрытий мощения промышленных территорий, площадок, терминалов, портов, аэродромов и автомобильных дорог.

Результаты статьи должны использоваться в дальнейшем при устройстве дорожных одежд из камней мощения при строительстве и ремонте.

Ключевые слова: элементы мощения, конструкция дорожной одежды, дорожное покрытие, автомобильные дороги, площадки, надежность.

UDC 625.70

Gameliak Igor, Dr. Tech. Sci., **Kholodniuk Vasyl**

THE USE OF CONCRETE PAVING BLOCKS IN TRANSPORT CONSTRUCTION

Abstract. The article describes the experience of introduction road pavements of paving blocks on terminals and areas of logistics centers.

The results of the article should be used in the future when constructing pavements with paving stones in road construction.

Key words: roads, paving blocks, construction of road pavement, road pavement, terminals, reliability.

Вступ

Бетонні камені мощення (бетонна бруківка) є відносно новим матеріалом для покриттів дорожніх одягів в умовах України, але обсяги їх використання постійно зростають. Основним недоліком асфальтобетонних покриттів є залежність експлуатаційних властивостей від температури та незначний строк служби. Перевагою, яка зумовлює широке використання асфальтобетону є технологічність і ремонтпридатність. Монолітні цементобетонні покриття, навпаки, значно більш стійкіші до впливу перепадів температур та довговічніші, але мають суттєві недоліки: потребують технологічної перерви для набору міцності по завершенні вкладання; значні труднощі при виконанні ремонтних робіт.

Покриття із бетонних елементів мощення мають усі переваги цементобетонних покриттів і можуть легко бути відновлені при появі руйнувань чи необхідності аварійних ремонтів інженерних мереж. Крім того даний вид покриття дозволяє добитися архітектурної виразності об'єктів інфраструктури. Тому у розвинених країнах в останні десятиріччя спостерігається зростання обсягів використання штучних елементів брукування і становлять у Німеччині близько 100 млн. м² покриття, Нідерландах – 18 млн. м², а в Великобританії та США – 12 млн. м² в рік і постійно зростають, що прослідковується на прикладі Польщі та інших країн. Бетонна бруківка застосовується переважно для дорожніх покриттів населених пунктів особливо в зонах із значними

напруженнями зсуву, наприклад зупинки громадського транспорту [1–5]. Бетонні блокові покриття можуть успішно використовуватися при капітальному ремонті існуючих асфальтобетонних покриттів шляхом вирівнювання поверхні вирівнюючим шаром та перекриття бетонними елементами брукування.

Влаштування покриттів на промислових територіях відноситься до однієї із найбільш відповідальних, трудомістких і вартісних будівельних робіт. Від стану покриттів, складських площадок, проїздів і доріг напряду залежить собівартість перевантажувальних робіт, збережаність вантажів, зношування транспортного обладнання і пропускна здатність терміналів. Штучні камені широко застосовуються для мощення промислових територій, майданчиків, терміналів, портів, аеродромів та автомобільних доріг за кордоном та в Україні в останні 10 – 15 років.

Об'єкт дослідження – дорожнє покриття із елементів брукування.

Мета роботи – аналіз досвіду впровадження конструкцій дорожніх одягів із брукованими покриттями на автомобільних дорогах і площадках.

Метод дослідження – візуальне обстеження дослідних ділянок.

Основна частина

1. Види штучних каменів мощення

Вітчизняними і зарубіжними дослідженнями встановлено, що форма, розміри і розкладка каменів мощення істотно впливають на експлуатаційні показники дорожнього покриття (міцність, рівність) при дії підвищених навантажень.

Для мощення територій з особливо важкими навантаженнями на дорожнє покриття використовуються камені товщиною (висотою) не менше 100 мм. Застосування каменів висотою 80 або 90 мм не допустимо. Це пов'язано з тим, що камені мощення висотою 100 мм, за рахунок сил тертя-заклинки, що діють за їх бічних гранях, розподіляють навантаження на нижні шари основи дорожнього одягу на велику площу, ніж камені висотою 80 або 90 мм. При цьому міцність самих каменів має другорядне значення, з огляду на їх невеликих розмірів і відсутності в них згинальних моментів від зовнішнього навантаження.

Камені мостіння виготовляються на сучасному технологічному обладнанні в заводських умовах, що гарантує якість кожного виробу. Вимоги до штучних каменів для мощення територій наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики каменів мощення

Найменування параметрів	Значення
-------------------------	----------

Клас бетону по міцності на стиск	V30 (C25 / 30)
Водопоглинання, % за масою, не більше	6
Стираність, г / см. кв, не більше	0,7
Морозостійкість, циклів, не менше	200 (F 200)
Розмір	243,5×243,5×120,0

На рис. 1 представлений варіант форми каменю для мощення територій з підвищеними навантаженнями на дорожнє покриття. Цей вид штучного каменю мощення є найбільш придатним для укладки високонавантажених поверхні портових терміналів, заводських і складських територій. Досвід компанії ТОВ «ПСГ» Камбіо-Інвест» з мощення терміналів з 2006 року (моніторинг за станом покриттів, аналіз проектних рішень, проведення будівельних та ремонтних робіт) дозволяє дати оцінку раніше прийнятими проектними рішеннями і рекомендувати нові - прогресивні форми каменів для мощення. Камінь мощення «Г-подібна Хвиля» набув широкого застосування за кордоном і застосовується для мощення контейнерних терміналів і «руліжних» доріжок аеропортів в т.ч. злітно-посадкових смуг аеродромів нижчих класів.

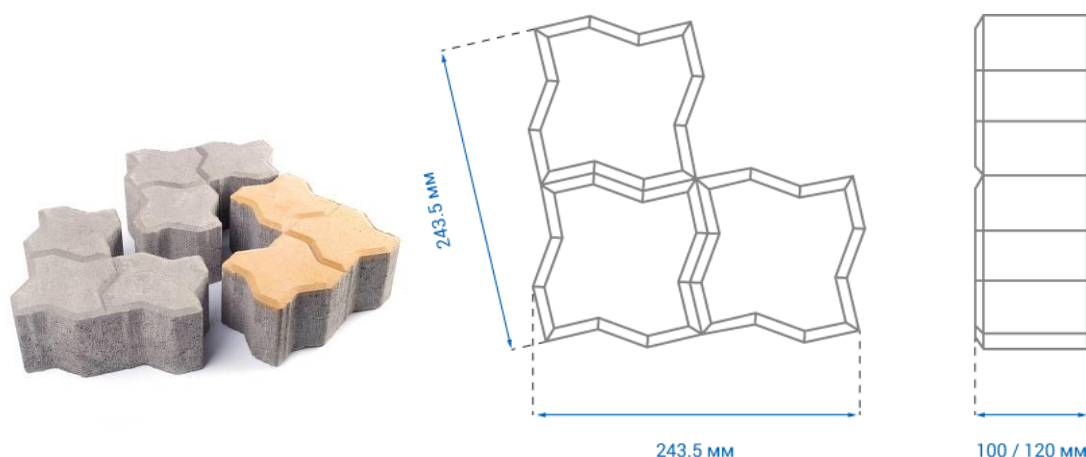


Рисунок 1 – Бруківка «Г-подібна Хвиля»

Криволінійна форма каменю в плані перешкоджає горизонтальному зсуву каменів відносно один-одного.

1. При проектуванні і виробництві робіт необхідно завчасно узгодити малюнок розкладки каменів з урахуванням напрямку руху основного навантаження. Неприпустима розкладка каменів мощення з наскрізними швами, особливо уздовж руху контейнеровозів, навантажувачів і перевантажувачів, порталних кранів на пневмоходу.

2. Форма має криволінійну поверхню з безліччю кутів. Будь-яке перевищення каменю над рівнем мощення призводить до їх відколювання. Як правило така ситуація виникає при ухилах поверхні мощення в декількох площинах, при організації точкового поверхневого водовідведення.

Камінь мощення нового покоління «Г подібна Хвиля» має ряд переваг в порівнянні з традиційними формами "UNI" або "Катушка" (див. табл. 2).

Асфальтобетонні покриття, особливо в літній період, коли температура повітря може бути високою, деформуються під впливом важкого навантаження від коліс навантажувачів і контейнеровозів. В результаті на покритті утворюються поздовжні борозни різної глибини, що перешкоджають нормальній роботі вантажної техніки і руху автотранспорту. Експлуатуючі служби змушені періодично здійснювати фрезерування з подальшим влаштуванням нових шарів покриття. Останнім часом, застосовується щебенево – мастиковий асфальтобетон або крупнозернистий (дренуючий) асфальтобетон на модифікованому бітумі з наступним композитним покриттям, наприклад, "Конфальт" або "Densifalt". Однак, влаштування таких видів покриттів і їх подальший ремонт обходиться значно дорожче мощення.

Таблиця 2 – Переваги каменів мощення «Г-подібна Хвиля»

Особливості форми	Переваги
Г-подібна форма	<ul style="list-style-type: none"> - менша протяжність швів в покритті (на 30 %); - міцніша; - однаково працює при будь-якому напрямку рухається навантаження (немає необхідності контролювати розкладку); - мінімум підрізування по краях (максимальне заповнення площини мощення).
Розміри в плані 243,5 × 243,5 мм	<ul style="list-style-type: none"> - розподіл статичного і динамічного навантаження на велику площу. - менший знос покриття; - менший знос покришок перевантажувальної техніки за рахунок наявності фаски у елементах мощення; - менше шум при русі у порівнянні зі збірними плитами.

Приклади розкладки в дорожньому покритті каменів наведено на рис. 2.

2. Переваги застосування. Бетонні камені мощення для дорожніх покриттів високонавантажених територій стали активно застосовуватися за кордоном в середині 80-х років, а в нашій країні з кінця 90-х років.

У вітчизняній практиці будівництва, в якості дорожніх покриттів контейнерних терміналів і портових територій, як правило, до недавнього часу

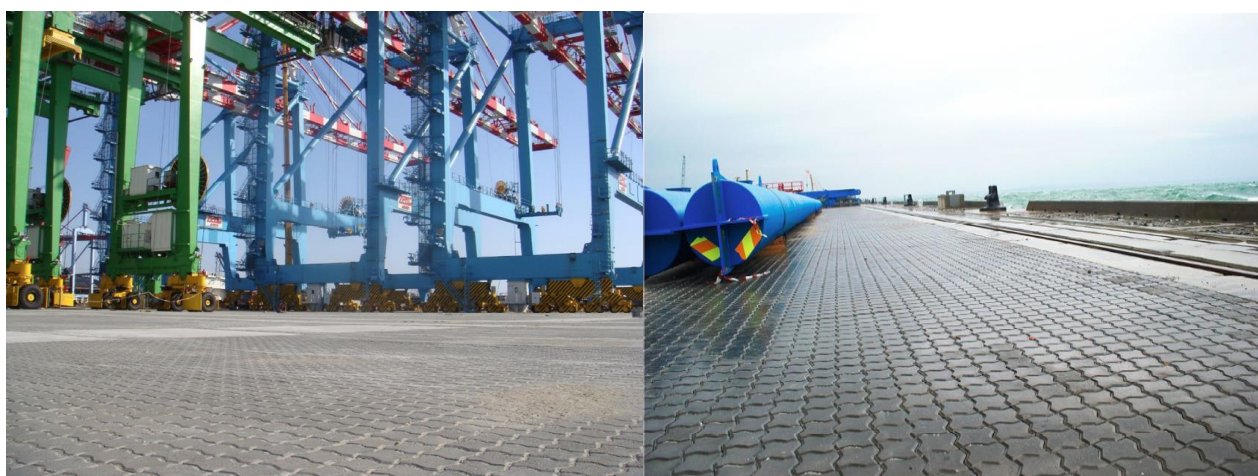
застосовувалися тільки збірні залізобетонні, монолітні бетонні або асфальтобетонні покриття.

Одним із суттєвих недоліків дорожніх покриттів з великорозмірних залізобетонних плит є утворення уступів між сусідніми плитами в процесі експлуатації (рис. 3). Це відбувається внаслідок труднощів забезпечення щільного контакту основи плит з підстильним ґрунтом при їх укладанні. Рівність і суцільність покриття погіршується, що також негативно позначається на роботі вантажної техніки. Нерідкі випадки пошкодження покришок коліс навантажувачів про виступаючі кути або арматуру бетонних плит. Необхідний суворий контроль якості при виготовленні дорожніх і аеродромних плит і дотримання вимог при їх укладці. Часто потрібні періодичні перекладки плит, заповнення піском чи розчином пустот між основою плити і ґрунтом, а також ряд інших дорожніх заходів.



а)

б)



в)

г)

Рисунок 2 – Приклад розкладки в дорожньому покритті каменів:

а) «Г-подібна Хвиля»; б) «Nika Terra»; в) «TIS»; г) «HPC Hamburg Port Consulting GmbH»

Монолітні залізобетонні покриття рекомендується застосовувати при наявності в основі непросідних скельних ґрунтів, великоуламкових і піщаних великої і середньої крупності. Товщина монолітних залізобетонних покриттів залежить від умов навантаження на краю плити, де прогини і напруження істотно більші, ніж в центрі плити. Оскільки товщина плити робиться постійною, то виявляється, що матеріал в її центрі працює неефективно, що підвищує вартість конструкції. З іншого боку, вертикальні напруження від навантаження по глибині від поверхні покриття падають досить швидко, так що вимоги до міцності матеріалу в кожній точці по глибині можуть бути знижені. Бетонна ж плита характеризується постійними по глибині високими властивостями міцності, які необхідні в зоні контакту з навантаженням і атмосферними впливами на поверхні покриття, а на глибині виявляються надлишковими. Застосування штучних каменів дозволяє застосувати під ними матеріали з меншими характеристиками і, отже, більш дешеві. Однак доводиться мати на увазі, що деформативні характеристики покриття з штучними каменями в принципі повинні бути не гірше, ніж у покриття з монолітною бетонною плитою. Це призводить до необхідності використовувати досить потужну багат шарову основу [1].

Монолітні залізобетонні покриття через порушення в технології виконання робіт або застосування неякісного бетону можуть лущитися в процесі експлуатації з подальшим руйнуванням (рис. 3).



Рисунок 3 – Руйнування покриття зі збірних залізобетонних плит та лущення монолітних залізобетонних покриттів

Виправлення такого дефекта – дуже трудомісткий і витратний процес, який не гарантує позитивний результат. Фрезерування алмазною фрезою значного діаметра для зняття слабкого шару і наступне просочення просочувальними матеріалами є достатньо трудомістким і дорогим.

Треба мати на увазі, що асфальтобетонні, монолітні і збірні залізобетонні покриття вимагають при будівництві та ремонті застосування спеціальної дорожньо-будівельної техніки: асфальто- і бетоноукладачів, дорожніх котків і віброрейок, автокранів та ін. Такі роботи проводяться спеціалізованими профільними компаніями. Це значно ускладнює будівництво, вимагає великих площ при організації ремонту і ремонт таких покриттів. Власник несе великі економічні втрати в зв'язку з не використанням складських контейнерних майданчиків під час їх ремонту.

Штучні камені мощення, на відміну від інших матеріалів дорожніх покриттів можуть бути багаторазово використані.

Дрібноштучні елементи легко знімаються при прокладанні або ремонті інженерних мереж і так же легко встановлюються назад. При цьому не потрібно якихось спеціальних машин і механізмів.

Як наголошується в ряді науково-дослідних робіт, відносно невеликі елементи блокових дорожніх покриттів більш плавно огинають нерівності підстилаючої основи не тільки при монтажі покриття, але і в ході його експлуатації. Згинальні моменти в них значно нижче, ніж в покриттях з крупногабаритних плит, немає "виплеску" матеріалу основи з пазух в зонах швів, що забезпечує їм більшу працездатність. Тому, блокові дорожні покриття рекомендується влаштовувати при наявності в основі глинистих, мулистих, торф'янистих або інших слабких ґрунтах товщиною більше 0,5 м, з модулем деформації менше 5 МПа.

Наочний приклад стану дорожнього одягу покриття з плит через 5 років на контейнерному терміналі «Схід», як і на зернових терміналах і приклад ремонту із застосуванням каменю «Хвиля» (рис. 4).

Деякі основні характеристики дорожніх покриттів зі штучних каменів мощення наведені в табл. 3.



Рисунок 4 – Приклад ремонту із застосуванням каменю «Хвиля»

Таблиця 3 – Основні характеристики дорожніх покриттів зі штучних каменів мощення

Показники	Характеристика
Несна здатність (сприйняття навантажень) зовнішніх	Несна здатність дорожніх покриттів з плит / каменів мощення не залежить від температури навколишнього повітря.
Технологічність будівництва	Мощення може виконуватися вручну, а також із застосуванням механізованих профілювальників основи і укладальників. Продуктивність механізованого укладання до 1200 м ² в зміну. Роботи з мощення можуть виконуватися в осінній період, коли є коливання денних температур і важко забезпечити якість робіт з бетонування або асфальтування.
Ремонтопридатність	Камені мостіння можуть багаторазово використовуватися (покриття розбирається і відновлюється назад при прокладанні та обслуговуванні підземних комунікацій). Заміна каменів і відновлення покриття не вимагає застосування спеціальних машин і устаткування. Можливо виконувати ремонт на невеликих ділянках. При необхідності рух по ремонтваній ділянці може бути швидко відкрито.
Екологічність	Бетон не виділяє в атмосферу шкідливих речовин і пиловидних часток за рахунок зносостійкості.
Естетичний вигляд	Застосування каменів мощення різноманітних кольорів дозволяє виконати візуальне зонування простору (позначити розмітку, напрямки руху), сформувати певний зоровий образ території.

Розрахунок покриттів із елементів мощення

Відповідно до діючого ВБН В.2.3-218-186, Таблиця Е.5, розрахунковий модуль пружності кам'яної бруківки та пакеляжу приймається 500 МПа для покриття та 400 МПа для основи. Даних по модулю пружності елементів

моцнення дуже мало. Проаналізувавши результати випробувань у роботі [8] для розрахунку конструкцій дорожніх одягів капітального та полегшеного типів пропонуються такі характеристики модуля пружності шару із елементів брукування, Е, МПа, які необхідно внести в Довідник №1 (табл. 4) [9].

Таблиця 4 – Розрахункові характеристики неукріплених матеріалів

Матеріал (грунт)	Модуль пружності Е, МПа
1	2
Бетонна бруківка "Г подібної форми хвиля" розміром (243,5×243,5×120,0) мм	1200 – 1600
Бетонна бруківка "Г подібної форми хвиля" розміром (243,5×243,5×120,0) мм	900 – 1200
Бетонна бруківка "фалка" розміром (300×150×100) мм	700 – 900
Бетонна бруківка "фалка" розміром (240×130×80) мм	550 – 650
Бетонна бруківка "подвійне Т" розміром (200×165×80) мм	700 – 900

Для прикладу нижче розглянуто розрахунок варіантів конструкції дорожнього одягу під'їздів та площадки для стоянки зерновозів на вул. Хаджибеєвській 4 в м. Одесі.

Як показують спостереження останніх років, основним типом транспортних засобів для перевезення зерна є 6 – ти вісний автопоїзд, який включає тягач (1+2 осі) та причеп (1+2 осі) (рис. 5).



Рисунок 5 – Загальний вигляд автопоїзда-зерновоза

При стандартному завантаженні повна маса автопоїзда –
 $9,026 + 25,477 + 9,000 + 18,000 = 34,503 + 27,000 = 61,503$ т.

- при перевантаженні $9,026 + 25,477 + 10,000 + 26,000 = 34,503 + 36,000 = 70,503$ т.

У першому випадку відбувається перевантаження здвоєних осей на $25.477 - 22,0 = 3,477$ т в порівнянні з Правилами дорожнього руху, а для другого випадку також відбувається перевантаження задніх осей причепа на 4 т і навантаження

на вісь становить 13 т. Такі транспортні засоби не повинні допускатися до руху. Необхідно встановити ваговий комплекс з обмеженням руху понаднормативних транспортних засобів.

Однак є поодинокі приклади використання 7 (8) – вісних автопоїздів (1+2 тягач та 2+2 (3) причеп) з максимальним перевантаженням. Так фура із Кіровограду ФОП Шевченко в 2016 році перевозила за рейс 115 тонн зерна, а загальна маса такого автопоїзда була 135 т (!!!). Трьохкратне перевантаження не витримали ваги на зерновому терміналі, а асфальтобетонне покриття зруйнувалось за один проїзд. Звичайно такі монстри не повинні допускатися до виїду на дороги.

Потрібний модуль пружності:

$$E_{\text{потр}115 \text{ кН}} = (42,843 \cdot \ln(699 \cdot 201) - 315,68) = 260,9 \text{ МПа.}$$

Враховуючи, що із умов руху на площадці отримане значення потрібного модуля пружності $E_{\text{потр}}$ перевищує наведене в табл. 1.3 [5] для подальших розрахунків прийнято $E_{\text{потр}} = E_{\text{потр}115 \text{ кН}} = 260,9 \text{ МПа}$.

Повторність навантажень за добу ($N_{\text{об}}$) для розрахунку за критерієм зсуву, визначається за формулою 1 (формула 3.13а згідно ВБН):

$$N_{\text{об}} = \frac{\sum N_p}{T_{\text{рдр}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (1)$$

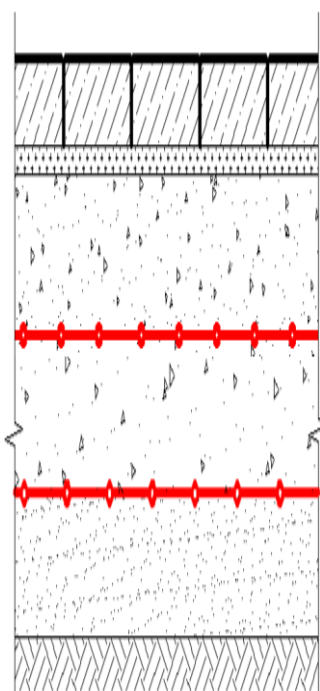
де $T_{\text{рдр}} = 130$ – кількість розрахункових днів на рік для ДКЗ У-III;

$T_{\text{сл}} = 10$ років – строк служби покриття.

Підставивши значення отримаємо діапазон зміни інтенсивності руху:

- мінімальне значення, яке приймається в розрахунках $699 \cdot 201 / (130 \cdot 10) = 537$ осей за добу для розрахунку за критерієм зсуву в ґрунті.

Рекомендована конструкція дорожнього одягу (Варіант І.76) з основою із щебенево-піщаної суміші ЩПС С 5 товщиною $24 + 24 = 48$ см, з подвійним армуванням ґраткою згідно [6, 7], додатковий шар ЩПС С 5 товщиною 15 см, при ґрунті земляного полотна з модулем пружності не менше 27 МПа наведена на рис. 6.



- покриття із ФЕМІВ дорожньої плитки хвиля без заокруглення граней класу міцності на розтяг при згині $Bbtb$ 3,2 (40) при стиску B 35, морозостійкість F 200 при відтаванні в 5% розчині $NaCl$ за ТУ У В.2.6-23527052.002-2000 $E= 1600$ МПа $h= 12$ см
- цементо – піщана суміш (150 кг цементу на 1 м³ піску) по ГОСТ 8736-85* $E= 200$ МПа $h=5$ см
- щебенево – піщана суміш ЦПС С 5 фр. 0-70 мм, неукріплена оптимального складу із міцних порід М 1000...1200 згідно ДСТУ В.2.7.-30-2013 $E= 468$ МПа $h= 24$ см
- армування геораткою монолітно - литою у вузлах з міцністю на розрив 40 кН/м та відносним видовженням 11%
- щебенево – піщана суміш ЦПС С 5 фр. 0-70 мм неукріплена оптимального складу із міцних порід М 1000...1200 згідно ДСТУ В.2.7.-30-2013 $E= 468$ МПа $h= 24$ см
- армування геораткою монолітно - литою у вузлах з міцністю на розрив 40 кН/м та відносним видовженням 11%
- щебенево – піщана суміш С5 фр. 0-70 мм , неукріплена, оптимального складу із міцних порід М 1000...1200 згідно ДСТУ В.2.7.-30-2013 $E= 240$ МПа $h= 15$ см
- ущільнений ґрунт земляного полотна - суглинок легкий пілуватий з коефіцієнтом ущільнення 0,98, $E_{np}= 27,0$ МПа, $\varphi = 14$ град, $c = 0,007$ МПа.

Рисунок 6 – Рекомендована конструкція дорожнього одягу

Товщина шарів без додаткового шару – 65 см. Загальна товщина КДО – 80 см.

При характеристиках ґрунту менше прийнятих в розрахунках ($E_{гp}= 27,0$ МПа, $c = 7,0$ кПа, $\varphi = 14$) необхідна заміна ґрунту, його укріплення цементом або вапном, армування ґрунту земляного полотна геораткою з міцністю на розрив не менше 40 кН/м і відносним видовженням 9 – 11 % та/або засипкою ЦПС фр. 0 – 70 мм товщиною згідно розрахунку.

Будівництво площадки виконано в жовтні 2016 року.

Контроль якості будівництва автомобільних доріг виконувався Згідно ДБН В.2.3-4 Автомобільні дороги та площадок згідно ДБН В.2.3-5. Споруди транспорту вулиці та дороги населених пунктів: не рідше 3 вимірів на поперечному перерізі через 100 м, та не рідше 3 вимірів на 9000 м² покриття або основи.

Із цих двох умов, враховуючи, що для отримання достовірних даних по середньому значенню показника та його варіації при статистичному аналізі мінімальна кількість точок становила 26 випробувань.

Визначення динамічного модуля пружності в натурних умовах виконувалось приладом "Terratest 3000 GPS" під керівництвом зав. лабораторією ООО "Камбіо будсервіс" Юзбаш Ю.В.. Прилад в комплекті з 10 кг

навантажуючим пристроєм з ергономічним кільцем захвату. Навантажувальна плита діаметром ($D=300$ мм). Вимірювальна електроніка з GPS-системою.

Графік полігону частостей, диференціальна крива та інтегральна крива розподілу модуля пружності ґрунту (після виключення 3 – х відносно міцніших ділянок), отримані на основі статистичного аналізу даних випробувань наведено на рис. 7 та в табл. 5.

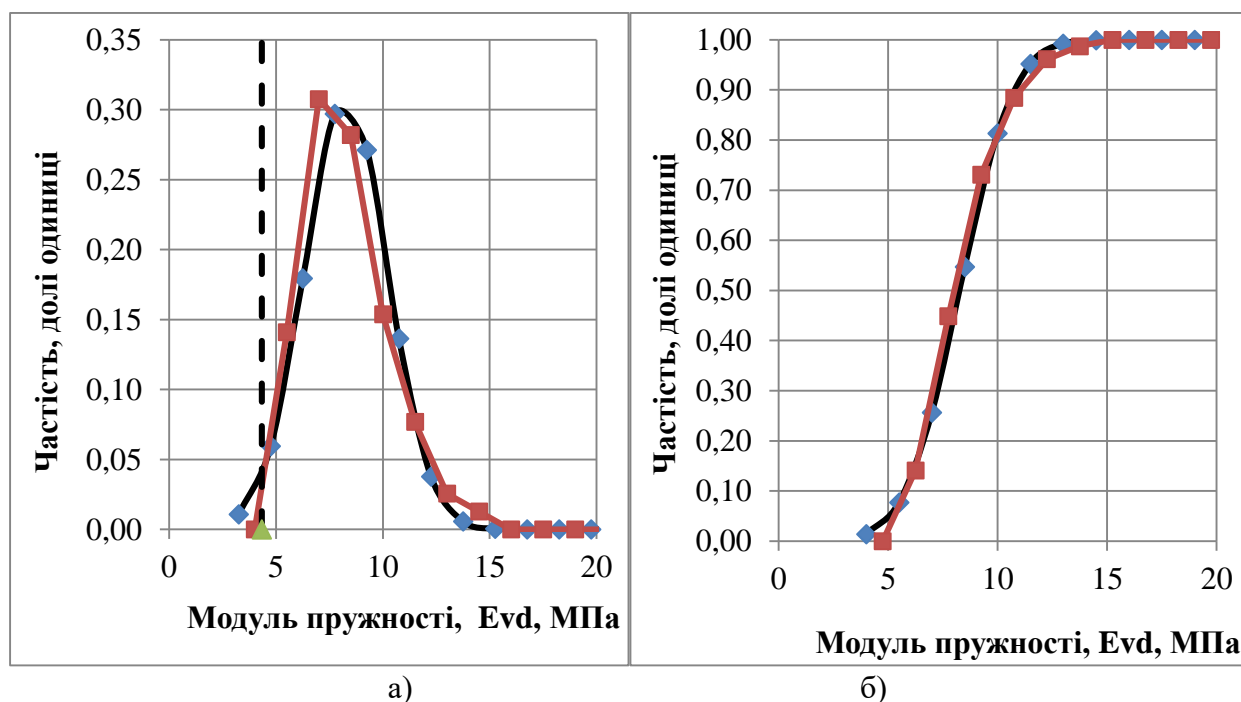


Рисунок 7 – Графік полігону частостей та диференціальна крива а) та інтегральна крива б) розподілу модуля пружності ґрунту

Таблиця 5 – Результати статистичної обробка експериментальних даних визначення динамічного модуля пружності ґрунту

Параметр	Осідання s , мм	Середнє значення $v_1 \dots v_3$, мм/с	s/v	Динамічний модуль пружності E_{vd} , МПа
Max	4,74	3,30	7,66	22,40
Min	0,96	1,20	3,03	5,00
Розмах Max-Min	3,79	2,10	4,63	17,40
Середнє	2,95	1,97	5,30	9,33
Стандарт	1,07	0,52	1,18	5,20
Коеф. варіації	36,25	26,33	22,21	55,77

У процесі влаштування шарів дорожнього одягу виконували пошарове визначення статичного модуля пружності (рис. 8).

За період з 2010 р. по 2018 р. на споруджених об'єктах таких як: п. Ладизин Вінницької обл. ТМ Миронівський хлібопродукт (площа 110 000 м²),

Полтавський ГЗК (площа 13 000 м²), Іллічівський рибний порт (площа 16 000 м², автомобільна дорога довжиною 4 км.), логістичний центр “Інрайс Девелопмент” в п. Нерубайське (площа 40000 м²), морський спеціалізований порт “Ніка - Тера” (площа 11 300 м²), “Кернелл” в Одеській та Хмельницькій обл. (площа доріг та площадок більше ніж 20 000 м²) та інші.

Підприємство надає термін гарантії п’ять років без втручання в локальну реставрацію. Після 2 – 10 років експлуатації всі конструкції знаходяться в доброму стані. Дефектів та руйнувань не виявлено.

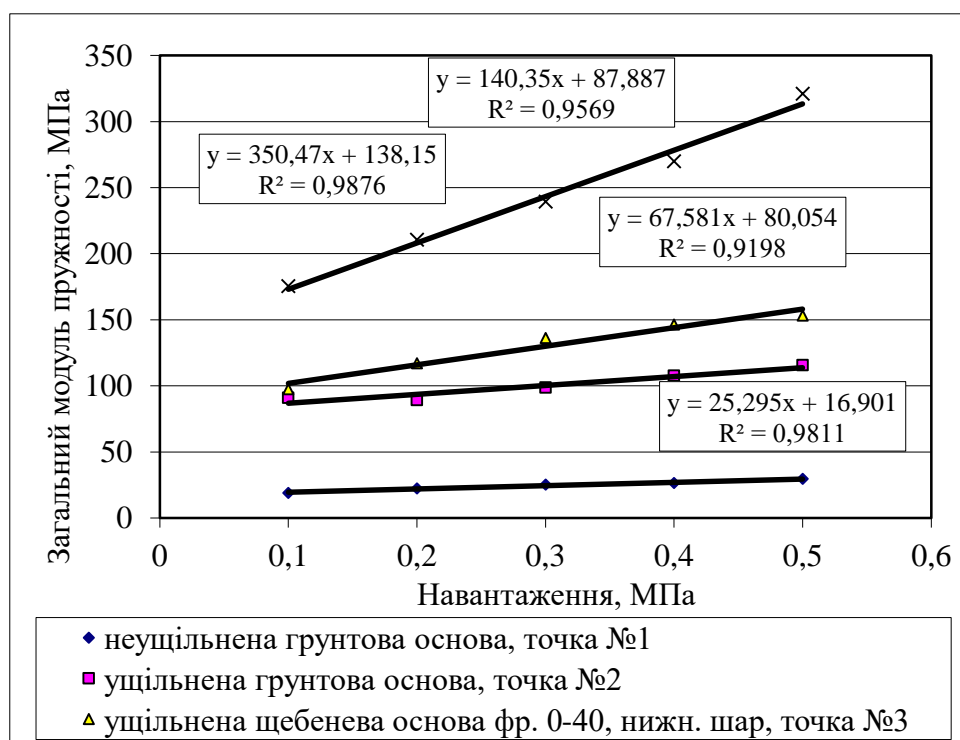


Рисунок 8 – Зведені результати випробувань по визначенню загального модуля пружності в точках № 1 – 4

Висновки

1. У вітчизняній практиці будівництва, в якості дорожніх покриттів контейнерних терміналів і портових територій, де застосовуються тільки збірні залізобетонні, монолітні бетонні або асфальтобетонні покриття необхідно впроваджувати покриття із каменів мощення.

2. При дії великих навантажень раціональними є конструкції із покриттям з каменів мощення та неукріпленою основою, армованою геосинтетичними матеріалами. Коефіцієнт армування ґратки приймається 1,6–1,8 на основі даних попередніх випробувань та підтверджено даними натурних випробувань. Цей коефіцієнт має перевірятися при контролі якості будівництва шляхом випробувань на поверхні покриття з визначенням модуля пружності не менше як у 12–30 точках для кожного шару в різних визначених точках площадки чи ділянки дороги.

3. Перед влаштування шару покриття із ФЕМів необхідно перевіряти несну здатність основи із щебенево-піщаної суміші шляхом випробувань падаючим динамічним навантаженням або штампом. Загальний модуль пружності на поверхні ґрунтової основи повинен бути не менше 45 МПа, морозозахисного (нижнього шару основи) із ЩПС С-5 не менше (100–150) МПа та верхнього шару основи із ЩПС С-5 не менше (200–310) МПа із 90 % забезпеченістю залежно від категорії автомобільної дороги.

4. Необхідна розробка Каталогу типових конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування та стоянок великовагових транспортних засобів із використанням каменів мощення.

5. Для використання в аеродромному будівництві необхідна розробка нормативного документу ДСТУ «Бруківка бетонна для аеродромного будівництва», який враховує специфіку діючих навантажень від повітряних суден та особливості експлуатації аеродромних покриттів стоянок та перонів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – використання каменів брукування Г-подібної форми товщиною 12 см для влаштування дорожніх покриттів під великовагові транспортні засоби із навантаженням на вісь (115–130) кН і більше, в тому числі для аеродромів.

Література

1. EN 1338:2003. Concrete paving blocks. Requirements and test methods. Каміні мощення бетонні. Вимоги та методи випробувань.
2. ДСТУ Б EN 1338:2016 Бручатка бетонна. Вимоги і методи випробувань (EN 1338:2003, IDT + EN 1338:2003/AC:2006, IDT).
3. ДБН В.2.3–4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
4. ГБН В.2.3-37641918-557:2016. Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
5. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожні одяги нежорсткого типу. Київ, 2004. 175 с.
6. ГБН В.2.3-37641918-544:2014. Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
7. GIROUD J P and L NOIRAY. 9.1981 Geotextile-reinforced Unpaved Road Design. Proc: ASCE Journal Geotechnical Engineering : Div : Vol 107 No GT9. P. 1233–1253.
8. Гамеляк І.П., Карафізі Л.М. Досвід впровадження дорожніх покриттів із елементів мощення // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 97. С. 28–41.
9. Довідник №1. Розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів покриттів і основ дорожніх одягів та навантажень від транспортних засобів. Київ, 2017. 39 с.

Рецензенти:

Вирожемський В.К., канд. техн. наук, ДП «ДерждорНДІ».
Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Vyrozhemsky V.K., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), “DerzhdorNDI”.
Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **01.04.2017 р.**