

УДК 625.88

В.В. ДУМАНСЬКА, Ю.В. ДОЦЕНКО, Н.В. СИДОРОВА
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Л.М. МАКАРЕНКО
Національний університет «Одеська морська академія»

ПОКРИТТЯ ІЗ ФЕМ З ОСНОВОЮ ІЗ ПІРАМІДАЛЬНОГО ТА РЕБРИСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

При впорядкуванні прибудинкових територій, тротуарів, садово-паркових доріжок, автостоянок і майданчиків різного призначення у великих обсягах використовують покриття з фігурних елементів мостіння (ФЕМ), виконаних з бетону. При їх експлуатації іноді спостерігаються різні деформації, причинами яких можуть бути невірний вибір конструктивно-технологічного рішення і низька несуча здатність покриття. З метою запобігання деформаціям необхідно проводити пошук, розробку, дослідження та подальше впровадження в будівельне виробництво нових покриттів із ФЕМ з поліпшеними якісними характеристиками.

Стаття присвячена удосконаленню конструктивно-технологічних рішень покриттів тротуарів, пішохідних доріжок, майданчиків різного призначення, виконаних з фігурних елементів мостіння. Запропоновано два варіанти нових елементів мостіння з нижньою основою, що має змінену геометричну форму – з одним пірамідальним елементом, розташованим в центрі, і з ребристими призматичними елементами, розташованими по периметру. Розроблено гіпотези про переваги запропонованих варіантів ФЕМ. Збільшення площі нижньої основи дозволить передавати зовнішнє навантаження на більший об'єм нижнього несучого конструктивного шару дорожнього одягу, що дасть можливість покриттю сприймати збільшене навантаження. Форма нижньої основи при влаштуванні ФЕМ сприяє додатковому ущільненню нижнього піщаного шару і зниженню можливості горизонтального зсуву у випадку прикладання горизонтального навантаження до покриття. Отже, підвищуються якісні характеристики запропонованого покриття – несуча здатність і довговічність.

Зроблено розрахунок висот верхніх призматичних частин нових варіантів ФЕМ при запропонованих параметрах нижньої основи і форми в плані, результати якого вказують на незначне їх зменшення щодо висоти традиційної ФЕМ з плоскою основою.

Для підтвердження гіпотез запропонований план проведення експериментів по впливу тривалого вертикально прикладеного навантаження на осідання ФЕМ і щільність нижнього конструктивного шару. Обрані фактори, що впливають на роботу покриття і вихідні параметри. Підібрані необхідне обладнання і матеріали.

Ключові слова: фігурний елемент мостіння, нижня основа, ребристий призматичний елемент, пірамідальний елемент, осідання, щільність.

В.В. ДУМАНСКАЯ, Ю.В. ДОЦЕНКО, Н.В. СИДОРОВА
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Л.Н. МАКАРЕНКО
Национальный университет «Одесская морская академия»

ПОКРЫТИЯ ИЗ ФЭМ С ОСНОВАНИЕМ ИЗ ПИРАМИДАЛЬНОГО И РЕБРИСТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При благоустройстве придомовых территорий, тротуаров, садово-парковых дорожек, автостоянок и площадок различного назначения в больших объемах используют покрытия из фигурных элементов мощения (ФЭМ), выполненных из бетона. При их эксплуатации иногда наблюдаются различные деформации, причинами которых могут быть неверный выбор конструктивно-технологического решения и низкая несущая способность покрытия. С целью предотвращения деформаций необходимо проводить поиск, разработку, исследование и дальнейшее внедрение в строительное производство новых покрытий из ФЭМ с улучшенными качественными характеристиками.

Статья посвящена совершенствованию конструктивно-технологических решений покрытий тротуаров, пешеходных дорожек, площадок различного назначения, выполненных из фигурных элементов мощения. Предложены два варианта новых элементов мощения с нижним основанием, имеющим измененную геометрическую форму – с одним пирамидальным элементом, расположенным в

центре, и ребристых призматических элементов, расположенных по периметру. Разработаны гипотезы о преимуществах предложенных вариантов ФЭМ. Увеличение площади нижнего основания позволит передавать внешнюю нагрузку на больший объем нижележащего несущего конструктивного слоя дорожной одежды, что даст возможность покрытию воспринимать увеличенную нагрузку. Форма нижнего основания при устройстве ФЭМ способствует дополнительному уплотнению нижележащего песчаного слоя и снижению возможности горизонтального сдвига в случае приложении горизонтальной нагрузки к покрытию. Следовательно, повысятся качественные характеристики предложенного покрытия – несущая способность и долговечность.

Произведен расчет высот верхних призматических частей новых вариантов ФЭМ при предложенных параметрах нижнего основания и форме в плане, результаты которого указывают на незначительное их уменьшение относительно высоты традиционной ФЭМ с плоским основанием.

Для подтверждения гипотез предложен план проведения экспериментов по влиянию длительной вертикально приложенной нагрузки на осадку ФЭМ и плотность нижележащего конструктивного слоя. Выбраны факторы, влияющие на работу покрытия и выходные параметры. Подобраны необходимое оборудование и материалы.

Ключевые слова: фигурный элемент мощения, нижнее основание, ребристый призматический элемент, пирамидальный элемент, осадка, плотность.

V.V. DUMANSKA, JU.V. DOTSENKO, N.V. SYDOROVA
Odessa state academy civil engineering and architecture
L.M. MAKARENKO
National university «Odesa maritime academy»

PAVEMENTS OF FPE WITH UNDERSIDE SURFACE OF PYRAMIDAL AND RIBBED ELEMENTS

When improvement of house adjoining territories, sidewalks, garden paths, parking lots and areas for various purposes, pavements of figured paving elements (FPE) made of concrete are used in large volumes. During their operation, various deformations are sometimes observed, the reasons for which may be the wrong choice of the constructive-technological solution and the low bearing capacity of the pavement. In order to prevent deformations, it is necessary to search, develop, research and further introduce into construction production new pavements of FPE with improved quality characteristics.

The article is devoted to the improvement of constructive-technological solutions of pavements, foot ways, and areas for various purposes, made of figured paving elements. Two variants of new paving elements with an underside having a modified geometric shape are proposed – with one pyramidal element located in the center, and ribbed prismatic elements located along the perimeter. Hypotheses about the advantages of the proposed FPE variants have been developed. An increase in the area of the underside will allow the external load to be transferred to a larger volume of the underlying structural layer of the pavement, which will enable the pavement to take the increased load. The shape of the underside during the installation of FPE contributes to additional compaction of the underlying sand layer and a decrease in the possibility of horizontal displacement when a horizontal load is applied to the pavement. Consequently, the quality characteristics of the proposed pavement will improve – bearing capacity and durability.

The calculation of the heights of the upper prismatic parts of the new variants of the FPE with the proposed parameters of the underside and the shape in plan, the results of which indicate their insignificant decrease relative to the height of the traditional FPE with a flat underside.

To confirm the hypotheses, the plan of experiments on the influence of a long-term vertically applied load on the FPE settlement and the density of the underlying structural layer is proposed. The factors influencing the operation of the pavement and the output parameters are selected. The necessary equipment and materials were selected.

Keywords: figured paving element, underside, ribbed prismatic element, pyramidal element, settlement, density.

Постановка проблеми

В останні роки все частіше покриття майданчиків різного призначення, тротуарів, пішохідних доріжок, автостоянок будують з використанням фігурних елементів мостіння (ФЕМ) з бетону [1]. Такі покриття мають багато переваг перед асфальтобетонними покриттями: вони є естетично привабливими, екологічно чистими,

мають довший термін експлуатації. Наявність швів між окремими елементами забезпечує більш швидкий відтік дощових вод з поверхні. При необхідності проведення робіт по прокладці підземних комунікацій, їх можна легко розібрати, а потім знову зібрати. Пошкоджені окремі елементи покриття можна замінити на нові, що подовжує термін їх служби. Покриття доріжок і майданчиків різного призначення мають бути надійними і довговічними. Однак, іноді у покриттях з ФЕМ виникають різні деформації. До них відносяться руйнування елементів, зсув як окремих елементів, так і ділянок, вибоїни, западини, і таке інше. Причини, що призводять до деформацій, можуть бути різними. Однією з них є невірне обране конструктивно-технологічне рішення покриття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дорожній одяг складається з декількох шарів: основи, яка є несучим шаром, підстильних шарів основи, та покриття, що є верхнім шаром. Бетонні елементи мостіння, що застосовуються в будівництві, мають різні форми в плані. Їх товщина може бути 300-600 мм. Всі вони мають пласку нижню основу.

На дорожній одяг впливають як вертикальне короткочасне так і тривале навантаження від пішоходів, транспорту і таке інше, так і горизонтальне навантаження, наприклад, гальмування. Зовнішнє навантаження прикладене до плитки передається через її нижню основу на нижній несучий шар дорожнього одягу. Якщо збільшити площу нижньої основи плитки, то навантаження буде передаватись на збільшений об'єм несучого шару. Таким чином можна збільшити несучу здатність дорожнього одягу, що в свою чергу призведе до зберігання елементів покриття у початковому положенні, що в свою чергу призведе до підвищення терміну його служби. В зв'язку з цим раніше були розроблені та частково досліджені декілька варіантів покриттів зі зміненою геометричною формою нижньої основи [2-5]. Результати досліджень вказали на підвищення якісних характеристик покриттів.

Одним з раніше запропонованих варіантів є фігурний елемент мостіння з пірамідальною основою, вершина якої направлена донизу. Досліджено, що при зменшенні кута при вершині піраміди в два рази (від 180° до 70°) осідання плитки під дією вертикального навантаження може бути знижено в два рази, та в 1,3 рази при зменшенні кута при вершині піраміди (від 180° до 125°) [3]. Інший варіант покриття із ФЕМ має в нижній основі зубчасті елементи пірамідальної форми. В нижній основі трьох експериментальних зразків були один, п'ять та дев'ять пірамідальних елементів, які мали кут при вершині піраміди в поперечному перетині 90° , а четвертий зразок мав пласку основу. Були проведені дослідження на визначення величини горизонтального зсуву зразків під дією горизонтально прикладеного навантаження [4]. При цьому були досліджені як зразки розташовані на горизонтальних поверхнях, так і на похилих поверхнях. Визначено, що зразки зі зміненою геометричною формою основи ефективніше перешкоджають зсуву покриття, ніж зразок із пласкою основою. Розроблені декілька варіантів покриттів з ФЕМ, що мають ребристу нижню основу. Дослідили ділянку покриття зі зразків, в нижній основі яких містяться три призматичні елементи, ребра яких розташовані паралельно один одному, та ділянку покриття з традиційних зразків, що мають пласку основу. Результати досліджень порівняли та встановили, що під дією вертикального тривалого навантаження параметр осідання зразка з ребристою основою менший, ніж зразка з пласкою основою [5].

Щоб не збільшувати затрати на бетон для геометричних елементів нижньої основи, об'єм бетону на виготовлення кожного запропонованого зразка повинен бути рівним об'єму бетону традиційного зразка з пласкою основою з тією ж формою і розмірами в плані. Це досягається шляхом зменшення висоти призматичної частини

розроблених зразків. Однак, при значному її зменшенні, найтонші ділянки цієї призматичної частини стають більш уразливими при зовнішньому впливі на покриття.

Мета дослідження

Метою дослідження є підвищення якісних характеристик покриттів пішохідних доріжок та майданчиків різного призначення з фігурних елементів мостіння.

Для досягнення мети поставлена задача з розробки та дослідження нових конструктивно-технологічних рішень покриттів із бетонних елементів, що мають змінену геометричну нижню основу.

Викладення основного матеріалу дослідження

Важливими показниками якості пішохідних доріг, майданчиків, автостоянок є їх надійність та довгий безремонтний термін служби. Щоб підвищити їх несучу здатність та запобігти зсуву окремих фігурних елементів мостіння, запропоновані нові варіанти покриттів. У кожному з варіантів по контуру нижньої основи плитки розташовані ребристі елементи призматичної форми. В середині на горизонтальній поверхні нижньої основи розташовані пірамідальні елементи з вершиною, направленою донизу. У першому варіанті основа піраміди торкається основи ребристого елемента своєю основою (Рис. 1), у другому – знаходиться на відстані від ребристих елементів (Рис. 2). У кожному з варіантів параметр висоти пірамідального елемента співпадає з параметром відстані від ребра кожного з призматичних елементів до нижньої основи ФЕМ. Щоб не було зайвих витрат бетону на нижню основу, об'єм нових ФЕМ повинен дорівнювати об'єму традиційної плитки з тими ж параметрами у плані, що досягається зменшенням висоти верхньої призматичної частини розроблених ФЕМ.

На нашу думку, покриття, виконані за новими варіантами, мають переваги перед покриттями виконаними із плиток з пласкою основою. По-перше, пірамідальний і призматичні елементи основи плитки призведуть до додаткового ущільнення піщаного (чи з іншого дрібнозернистого матеріалу) шару основи дорожнього одягу. Таке ущільнення сприяє збереженню початкового положення плиток у просторі, що буде запобігати утворенню провалів та інших руйнувань покриттів під час їх експлуатації. Також ущільнення несучого шару основи призводить до підвищення несучої здатності покриття. По-друге, площа нижньої основи розроблених ФЕМ збільшується за рахунок бічних поверхонь пірамідального та ребристих елементів. Тобто, вертикальне навантаження на покриття буде передаватись через набагато збільшену нижню основу плиток на збільшений об'єм несучого шару дорожнього одягу, а це означає, що покриття зможе витримати збільшене навантаження. По-третє, пірамідальний і призматичні елементи нижньої основи будуть перешкоджати горизонтальному зсуву плиток при впливі на них горизонтального навантаження. Тому покриття буде максимально зберігати своє початкове положення у просторі. Отже, збільшення несучої здатності і запобігання зсуву елементів нового покриття сприятимуть збільшенню його безремонтного терміну служби.

На відміну від розроблених раніше варіантів плиток, що мають пірамідальну основу, або зубчасті чи ребристі елементи в нижній основі, нові плитки мають ребристі елементи розташовані по контуру (периметру). Найбільш уразливими частинами елементів мостіння під час експлуатації покриттів є контур та центральна частина. В розроблених варіантах ці частини посилені: по периметру – призматичними елементами, в центрі – пірамідальним елементом. Ці геометричні елементи в нижній основі ФЕМ будуть перешкоджати впливу горизонтального навантаження, прикладеного до покриття вздовж будь-якого напрямку.

Для визначення висоти призматичної (верхньої) частини нових ФЕМ необхідно провести розрахунки. Розглянемо традиційний зразок висотою 50 мм квадратної форми в плані зі стороною 120 мм та два запропоновані зразки ФЕМ, з такою самою формою і розміром в плані, але в нижній основі яких розташовані ребристі елементи та один пірамідальний елемент. В першому варіанті (Рис. 1) розглянемо ФЕМ з пірамідальним елементом, що торкається основи ребристого елемента своєю основою (в основі піраміди квадрат зі стороною 80 мм), а в другому варіанті (Рис. 2) – знаходиться на відстані від нього (піраміда має в основі квадрат зі стороною 20 мм); висоту піраміди для кожного варіанта приймемо рівною 10 мм. Кут при ребрі призматичного елемента в поперечному перетині приймемо рівним 90° .

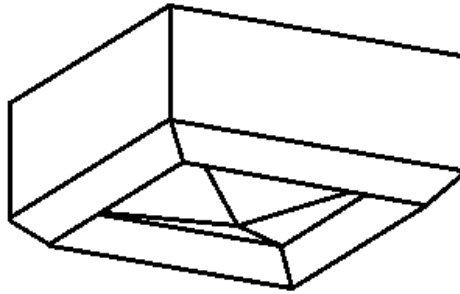


Рис. 1. Наочне зображення першого варіанта ФЕМ з нижньою основою із пірамідального та ребристих елементів

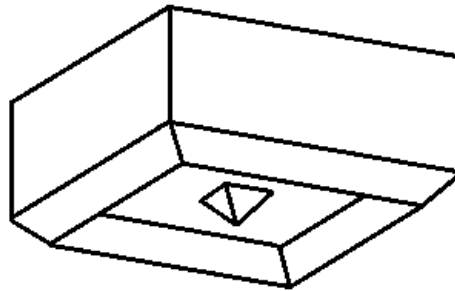


Рис. 2. Наочне зображення другого варіанта ФЕМ з нижньою основою із пірамідального та ребристих елементів

Для першого варіанта спочатку розрахуємо об'єм пірамідального елемента в основі плитки. Основою цієї піраміди є квадрат зі стороною 80 мм і висотою 10 мм. Отримуємо, що об'єм піраміди дорівнює 21333 мм^3 .

Розрахуємо об'єм чотирьох призматичних елементів основи. Кожен з них є зрізаним з двох боків. Оскільки ці ребристі елементи мають кут при нижньому ребрі 90° і висоту 10 мм, то ширина грані, що співпадає з нижньою основою ФЕМ, дорівнює 20 мм. Розглянемо один з них, який на Рис. 1 розташований ліворуч. Для розрахунку його об'єму уявимо, що він не є зрізаним (Рис. 3), тобто, його торцьові грані (площини перетину двох взаємно перпендикулярних призматичних елементів) є подовженими до контуру плитки (співпадають з площиною бічних сторін плитки). Розрахували, що об'єм подовженого призматичного елемента дорівнює 12000 мм^3 . На Рис. 3 подовженою частиною лівого призматичного елемента є піраміда ABCDE з вершиною A і основою BCDE. Таких частин – дві (по одній з кожного боку призми). Розрахуємо об'єм піраміди. Основою піраміди є трапеція BCDE, так як ребро CD є паралельним ребру BE. Ребро AC є висотою піраміди, воно перпендикулярно до ребра BC за умовою

(кут при ребрі CD дорівнює 90^0). Після проведення необхідних розрахунків отримали об'єм піраміди ABCDE, який дорівнює близько 1000 мм^3 . Для розрахунку об'єму зрізаного призматичного елемента віднімо з об'єму подовженого призматичного елемента об'єми пірамід, розташованих з двох боків. Отримали, що об'єм одного зрізаного ребристого призматичного елемента дорівнює 10000 мм^3 . Їх в основі плитки – чотири, тому об'єм призматичних елементів становить 40000 мм^3 . Сума об'ємів пірамідального і призматичних елементів основи плитки першого варіанта дорівнює 61333 м^3 . Розрахуємо висоту призматичної частини самої плитки. Об'єм традиційної плитки, що була обрана для порівняння, дорівнює 720000 мм^3 . Віднімо від нього об'єм елементів основи, та розрахуємо висоту. Після проведення розрахунків отримали, що висота призматичної частини першого варіанта плитки дорівнює близько $45,7 \text{ мм}$, тобто вона менша, ніж для традиційної плитки на $4,3 \text{ мм}$.

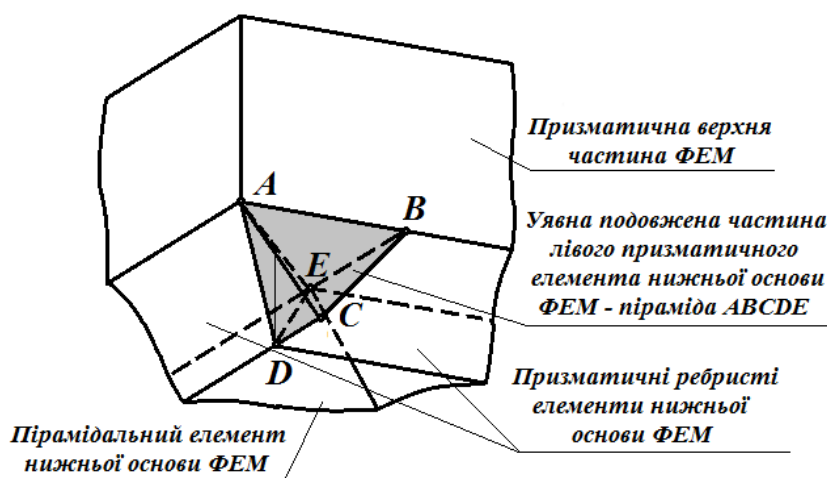


Рис. 3. Наочне зображення одного з кутів ФЕМ (перший варіант) з уявною подовженою частиною (піраміда ABCDE) ребристого призматичного елемента в нижній основі

Розрахуємо висоту призматичної частини плитки для другого запропонованого варіанту плитки. Об'єм піраміди, розташованої і центрі нижньої основи плитки, розташованої на відстані 30 мм від ребристих елементів дорівнює близько 1333 мм^3 . Об'єм ребристих призматичних елементів у другому варіанті такий самий, як і в першому. Загальний об'єм пірамідального і призматичних елементів основи плитки дорівнює близько 41333 м^3 . Після проведення розрахунків отримали, що висота призматичної частини другого варіанта плитки дорівнює близько $47,1 \text{ мм}$, тобто вона менша, ніж для традиційної плитки на $2,9 \text{ мм}$.

Для підтвердження вищезначених гіпотез необхідно дослідити якісні характеристики запропонованих покриттів. Наприклад, з'ясувати, залежність осідання ФЕМ при різних параметрах вертикального короткочасного та тривалого навантаження, визначити параметри зсуву ФЕМ при горизонтальному навантаженні та ін. Спочатку планується дослідити роботу нових варіантів покриттів під впливом вертикального тривалого навантаження в лабораторних умовах. В натурних умовах на роботу покриттів впливає багато факторів. Для лабораторних досліджень основними факторами обрані наступні: вертикальне навантаження, час його впливу на покриття, товщина, щільність та вологість нижнього шару основи під покриттям.

Планується дослідити три зразка ФЕМ: перший – з нижньою основою з ребристими призматичними елементами та пірамідальним елементом, основа якого торкається ребристих елементів, другий – з нижньою основою з ребристими

призматичними елементами та пірамідальним елементом, основа якого знаходиться на відстані від ребристих елементів, третій – традиційний ФЕМ з пласкою нижньою основою. Форму в плані, та розміри зразків планується узяти з тими ж самими параметрами, що розглянуті вище при розрахунку висоти верхньої призматичної частини ФЕМ. Матеріалом конструктивного шару, на який будуть улаштовуватись зразки ФЕМ, обрано дрібнозернистий пісок, вологість та щільність якого для чистоти експерименту будуть мати постійні параметри. Ці параметри будуть вимірюватись безпосередньо перед проведенням досліджень.

Користуючись класичною теорією планування експериментів, була обрана трифакторна трирівнева модель скороченого плану.

Факторами, що впливатимуть на покриття обрані:

X_1 – величина вертикально прикладеного навантаження, кг;

X_2 – час впливу вертикально прикладеного навантаження, год.;

X_3 – товщина конструктивного піщаного шару під покриттям, см.

Вони будуть мати наступні рівні варіювання:

X_1 – 70 кг (-), 140 кг (0), 210 кг (+);

X_2 – 0,5 год. (-), 36, 5 год. (0), 72,5 год. (+);

X_3 – 12 см (-), 16 см (0), 20 см (+).

Значення вертикально прикладеного навантаження обрані приблизно такими, як і при роботі покриттів під час їх експлуатації. Планується отримати величини вихідних параметрів – осідання дослідного зразка під впливом вертикального навантаження та щільності піщаного шару під зразками.

При проведенні експериментів буде використовуватись розроблений та виготовлений раніше дослідний стенд, що складається із короба для улаштування досліджуваного покриття та важеля для передачі вертикального навантаження. Для вимірів параметрів осідання планується використовувати індикатори часового типу, які будуть розташовані при кожному з чотирьох кутів дослідного зразка. Для визначення параметрів щільності піщаного шару підготовлено: металеве кільце для забору піщаного матеріалу з внутрішнім об'ємом 65 см^3 , дві пластини зі скла та ваги.

Після проведення експериментів, буде зроблений порівняльний аналіз їх результатів. Якщо найменше значення осідання при найбільшому значенні щільності виявиться у зразків зі зміненою геометричною формою, ніж у зразка з пласкою основою, це підтвердить, що їх нижня основа перешкоджає зміні початкового положення ФЕМ у просторі, тобто безремонтний термін служби такого покриття буде вищий. Найменше значення осідання зразка при найбільшому значенні щільності вкажуть на оптимальний варіант покриття.

При підтвердженні наших гіпотез про переваги покриттів із ФЕМ зі зміненою геометричною формою нижньої основи відносно традиційних покриттів з ФЕМ, що мають пласку основу, з двох запропонованих варіантів буде обране те покриття, яке буде досліджуватись надалі.

Висновки

Запропоновані два нових конструктивно-технологічних рішення покриттів з ФЕМ, в нижній основі яких розташовані пірамідальний та ребристі призматичні елементи.

Розглянуті гіпотези стосовно переваг нових варіантів покриттів.

Розраховані висоти верхніх призматичних частин при запропонованих параметрах нових варіантів ФЕМ.

Розроблений план експериментальних досліджень. Обрані основні фактори, що впливають на роботу покриття та їх параметри, а також вихідні параметри, що характеризують якісні характеристики покриттів. Підібрано необхідне обладнання і матеріали. Після обробки і аналізу результатів експерименту оптимальний варіант покриття буде досліджуватись надалі при інших вхідних параметрах.

Список використаної літератури

1. Гольдин Э. М., Бега Р. И. Декоративные покрытия тротуаров и парковых дорожек в городской застройке. Москва: ГОСИНТИ, 1975. 20 с.
2. Azman M., Hasanan M. N., Mohd R. H., Haryati Y., Che R. I., Nur Hafizah A. K. The Effect of Groove-Underside Shaped Concrete Block on Pavement Permanent Deformation. *Jurnal Teknologi Sciences & Engineering*. March 2013. Vol. 61:3. P. 7–14.
3. Думанська В. В. Вдосконалення технології улаштування покриттів з фігурних елементів мостіння : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.23.08. Одеса, 2011. 20 с.
4. Dumanska V., Vilinska L., and Marchenko V., Studies of coatings from FEP with corrugated base from toothed elements of pyramidal shape on the horizontal and inclined surfaces. *Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2017. № 1 (48). P. 265–272.
5. Dumanska V., Kalinin O., Sidorova N., and Kalinina T. Study of pavements of concrete paving blocks with ribbed underside surface. *Key Engineering Materials*. 2020. Vol. 864. P. 101-107.

References

1. Goldin, E. M. & Bega, R. I. (1975). *Dekorativnyie pokryitiya trotuarov i parkovyih dorozhek v gorodskoy zastroyke*. Moskva: GOSINTI.
2. Azman, M., Hasanan, M. N., Mohd, R. H., Haryati, Y., Che, R. I., & Nur Hafizah, A. K. (2013) The Effect of Groove-Underside Shaped Concrete Block on Pavement Permanent Deformation. *Jurnal Teknologi Sciences & Engineerin*. **61:3**, 7–14.
3. Dumanska, V. V. (2011). *Vdoskonalennia tekhnolohii ulashtuvannia pokryttiv z fihurnykh elementiv mostinnia*. (Abstract of PhD thesis), Odesa: OSASEA.
4. Dumanska, V., Vilinska, L., & Marchenko, V. (2017). Studies of coatings from FEP with corrugated base from toothed elements of pyramidal shape on the horizontal and inclined surfaces. *Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. **1 (48)**, 265–272.
5. Dumanska, V., Kalinin, O., Sidorova, N., & Kalinina, T. (2020). Study of pavements of concrete paving blocks with ribbed underside surface. *Key Engineering Materials*. **864**, 101-107.

Думанська Вероніка Валентинівна – к.т.н., доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки Одеської державної академії будівництва та архітектури. E-mail: dumanika@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0135-9501.

Доценко Юлія Валеріївна – к.т.н., доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки Одеської державної академії будівництва та архітектури. E-mail: julija0606@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0382-9853.

Сидорова Наталія Валеріївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки Одеської державної академії будівництва та архітектури. E-mail: sidorovanataliya@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2772-5653.

Макаренко Лілія Миколаївна – ст. викл. кафедри теоретичної механіки Національного університету «Одеська морська академія». E-mail: lio.makarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4678-351X.