

## МЕТОД РОЗРАХУНКУ МІНЕРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МІЦНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

**Маляр Володимир Володимирович**, канд. техн. наук, професор кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vladimirmalyar16@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5230-5947  
**Оксак Сергій Володимирович**, канд. техн. наук, професор кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: sv.oksak@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3084-3469  
**Ільїн Ярослав Вікторович**, канд. техн. наук, доцент кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: yailin12011993@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2998-3955

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розроблення нової методики, що забезпечує точніше регулювання структури мінеральної частини, підвищує ефективність використання в'язучого матеріалу та сприяє отриманню міцнішого асфальтобетону [1].

Метою дослідження є підвищення міцності асфальтобетону шляхом збільшення щільності мінерального остова через удосконалення традиційного методу визначення складу мінеральної частини. Завдяки цьому склад має максимально наближатися до значень теоретичної кривої щільної суміші, що відповідає стандарту.

Об'єктом дослідження виступає гранулометричний склад асфальтобетонної суміші та його вплив на фізико-механічні властивості асфальтобетону.

Предметом дослідження є методика визначення оптимального гранулометричного складу асфальтобетонної суміші та її вплив на щільність упаковки і фізико-механічні характеристики асфальтобетону.

Мета досягається шляхом визначення складу мінеральної частини асфальтобетону на основі аналізу всіх можливих комбінацій компонентів за допомогою алгоритму перебору.

Якщо розрахунок дає допустимі варіанти (тобто всі значення повних проходів суміші на дванадцяти стандартних ситах перебувають у межах стандарту), обирається той, який відповідає умові:

$$\sum_{i=1}^{12} \varepsilon_i^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $i$  – порядковий номер сита,  $\varepsilon$  – відхилення від середньої лінії.

Тобто щоб повні проходи розрахункової суміші були максимально наближені до середньої лінії. Середня лінія: це крива, що проходить через середні значення меж стандарту (рис. 1).

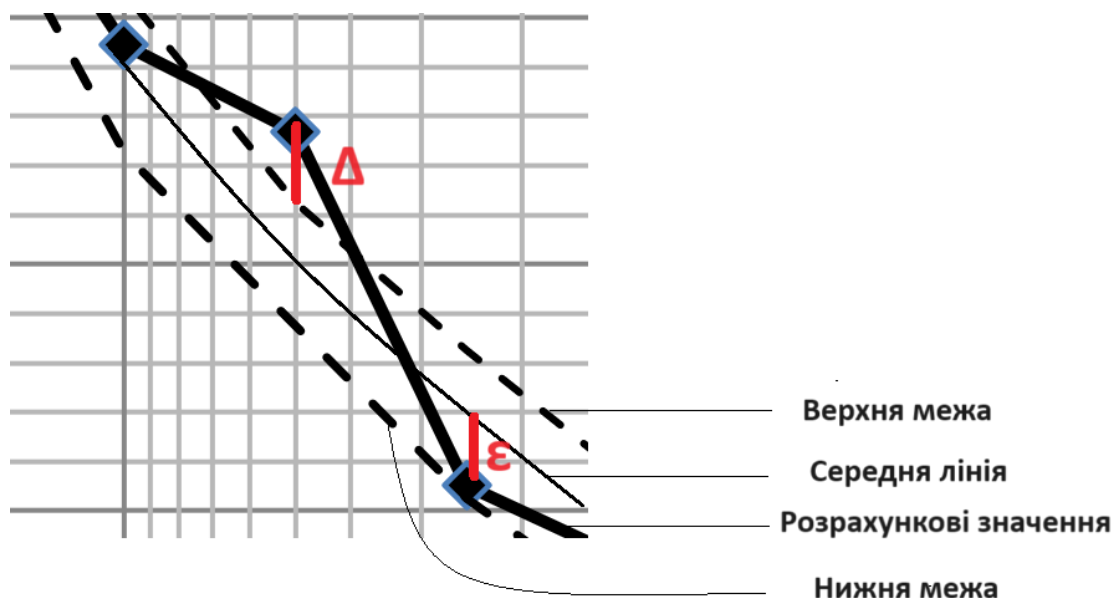


Рисунок 1 – Відхилення від стандартних меж

Якщо немає точного варіанту, який відповідає стандартним межам, обирається той, який забезпечує мінімальну суму квадратів відхилень поза межами стандарту, тобто виконується умова:

$$\sum_{i=1}^{12} \Delta_i^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

де  $\Delta$  – відхилення за межі.

У такому разі максимально наближений до стандартних меж варіант дозволяє провести аналіз змін зернового складу того чи іншого компонента.

Алгоритм розрахунку реалізовано в прикладній комп'ютерній програмі. Для сучасних персональних комп'ютерів час розрахунку є незначним: наприклад, для суміші з чотирьох компонентів він становить не більше 1 с.

Для дрібнозернистого щільного асфальтобетону типу «В» [2] порівняння результатів існуючого й запропонованого методів розрахунку складу мінеральної частини показало, що сума квадратів відхилень від середньої лінії становить 48,2 і 18,6 відповідно.

За методикою [3] експериментально визначено щільність упаковки мінеральних матеріалів сумішей, розрахованих за існуючим і запропонованим методами. Для цих методів щільність упаковки становить відповідно 74,2 % і 76,9 %. Отже, наближення до середньої лінії за критерієм мінімальної суми квадратів відхилень ( $\Sigma \varepsilon^2$ ) забезпечує максимально щільну упаковку мінеральних матеріалів.

Порівняння фізико-механічних властивостей асфальтобетону, отриманих за традиційним і запропонованим методами визначення складу, згідно зі стандартом випробувань [4], наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості асфальтобетонів зі складом, розрахованим за існуючим і запропонованим методами

Асфальтобетон, склад якого запроєктовано	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Залишкова пористість, % за об'ємом	Міцність при стиску, МПа, за температури 20 °С	Міцність при стиску, МПа, за температури 50 °С
за існуючим методом	2393	2,59	6,19	1,90
за методом, що пропонується	2402	2,22	6,41	1,98

Наведені в таблиці 1 результати випробувань свідчать, що оптимізація складу мінеральної частини асфальтобетону запропонованим способом забезпечує отримання асфальтобетону зі збільшеною щільністю, зниженою пористістю та підвищеними показниками міцності. Особливістю цього способу є те, що він забезпечує такі результати без зміни технологічних регламентів на етапах приготування і ущільнення асфальтобетонної суміші.

### Висновки

Запропонований метод визначення складу мінеральної частини асфальтобетонної суміші забезпечує отримання асфальтобетону з підвищеною міцністю шляхом формування максимально щільного мінерального скелета, що досягається максимальним наближенням гранулометричної кривої суміші до теоретичної кривої щільної суміші (згідно з ДСТУ Б.В.2.7-119:2011). На прикладі дрібнозернистого асфальтобетону це засвідчується збільшенням щільності упаковки мінеральних матеріалів. У результаті асфальтобетон характеризується покращеними фізико-механічними властивостями: середньою густиною 2402 кг/м<sup>3</sup> (проти 2393 кг/м<sup>3</sup>), залишковою пористістю 2,22 % (проти 2,59 %), міцністю на стиск за температури 20 °С – 6,41 МПа (проти 6,19 МПа) і за 50 °С – 1,98 МПа (проти 1,90 МПа).

Автоматизація розрахунку шляхом перебору всіх можливих комбінацій компонентів із використанням вкладених циклів значно скорочує час обчислень до менш ніж 1 с для суміші з чотирма компонентами на сучасних персональних комп'ютерах, що дає змогу обрати оптимальний варіант серед варіантів, що відповідають вимогам стандарту.

За відсутності варіантів, що повністю відповідають стандартним межах, метод пропонує найбільш наближений варіант за критерієм мінімальної суми квадратів відхилень від стандартних меж ( $\Sigma\Delta^2$ ), що полегшує подальший аналіз і коригування складу компонентів мінеральної суміші для досягнення нормативних показників.

## Література

1. Hunter R. N., Self A., Read J. The Shell Bitumen Handbook. 6th ed. London: ICE Publishing, 2015. 680 p. <https://doi.org/10.1680/tsbh.58378>
2. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон для автомобільних доріг і аеродромів. Технічні умови. Київ: Держстандарт України, 2012. 25 с.
3. Kwan A. K. H., Mora C. F. A study of the properties of asphalt concrete. Magazine of Concrete Research. 2001. Vol. 53, No. 2. pp. 91–100. DOI: <https://doi.org/10.1680/macrc.2001.53.2.91>
4. ДСТУ Б В.2.7-319:2016. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон для автомобільних доріг і аеродромів. Метод випробування. Київ: УкрНДНЦ, 2017. 71 с.

УДК 624.21:624.1:004.94

### МОДЕЛЮВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ МОСТІВ У ПРОГРАМІ PLAXIS 3D

**Овчаренко Олексій Анатолійович**, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки імені В.О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [ol.ovcharenko1@gmail.com](mailto:ol.ovcharenko1@gmail.com), ORCID: [0000-0003-1906-7021](https://orcid.org/0000-0003-1906-7021)

**Фітаров Владислав Сергійович**, аспірант кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки імені В.О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [fitarov24@gmail.com](mailto:fitarov24@gmail.com), ORCID: [0000-0003-0478-3893](https://orcid.org/0000-0003-0478-3893)

Актуальність теми роботи пов'язана з нагальною потребою відновлення транспортної інфраструктури України, значна частина якої була зруйнована під час воєнних дій, а також із необхідністю підвищення надійності та економічної ефективності мостових фундаментів у складних інженерно-геологічних умовах [1, 2]. Розроблення раціональних конструкцій фундаментів потребує точного прогнозу осідань, напружень і взаємодії споруди з основою, що можливе лише завдяки застосуванню сучасних числових методів, зокрема програмного комплексу PLAXIS 3D [3].

Метою дослідження є оцінка можливостей і ефективності застосування програмного комплексу PLAXIS 3D для моделювання фундаментів мостових споруд, з особливим акцентом на пальово-плитні системи.

Об'єктом дослідження є процес взаємодії елементів пальово-плитного фундаменту мосту з ґрунтовою основою.

Предметом дослідження є вплив параметрів конструкції та обраної моделі ґрунту на осідання, розподіл напружень і частку навантаження, яку сприймають палі та плита в системі «плита – палі – ґрунт».