

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук,
Трегуб О.В., канд. техн. наук,
Каськів С.В.

ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ШЛЯХОМ АРМУВАННЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ВЕРХНЬОГО ШАРУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Анотація. У статті розглянуто метод підвищення властивостей різних видів асфальтобетону шляхом армування геосинтетичним матеріалом, а також підібрана найбільш оптимальна товщина верхнього шару дорожнього одягу. Отримано рівняння регресії, що відображає залежність модуля пружності дорожнього покриття від модуля пружності асфальтобетону і товщини шару.

В якості шару посилення було обрано чотири види асфальтобетону: щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД 40/60, щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД - 60/90, щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 90/130 і щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 130/200. Для армування верхнього шару дорожнього одягу було використано геотекстильний матеріал фірми Polyfelt марки PGM-14. У дослідженнях шар посилення асфальтобетону змінювався від 4 до 9 см. Усі розрахунки проводились за допомогою програмного комплексу «Mathcad Profeshional».

В результаті розрахунків отримано потрібний модуль пружності для неармованого дорожнього одягу, а також коефіцієнти міцності і модуль пружності армованого дорожнього одягу для різних товщин асфальтобетону. На основі результатів проведених розрахунків, побудовані графіки залежності загального модуля пружності від товщини шару армування і отримані рівняння апроксимації, за допомогою яких описуються побудовані криві.

Рівняння регресії (9) дозволяє отримати досить точні результати і може використовуватися для розрахунків при оптимізації. Розрахунки виконані для різних товщин асфальтобетону і при різних модулях пружності асфальтобетонного шару у межах від 2600 до 4500 МПа.

На основі виконаних досліджень отримано оптимальні товщини армованого геотекстилем Polyfelt марки PGM-14 верхнього шару дорожнього одягу для

різних видів асфальтобетону. Досліджено, що мінімальна товщина асфальтобетону I марки на бітумі БНД 40/60 і БНД - 60/90 складає 6 см, а асфальтобетону II марки на бітумі БНД - 90/130 і БНД - 130/200 складає 7 см.

Підтверджена ефективність застосування геосинтетиків для армування асфальтобетону. Характеристики міцності і деформаційності армованого асфальтобетону кращі ніж неармованого і строк служби такої автодороги значно підвищується. Але, довговічність армованого асфальтобетону II марки у порівнянні з армованим асфальтобетоном I марки, потребує подальших досліджень.

Ключові слова: автомобільна дорога, асфальтобетон, армування, геосинтетичні матеріали, дорожній одяг.

Аннотація. В статті рассмотрен метод підвищення свойств різних видів асфальтобетона путем армирования геосинтетическим матеріалом, а также подобрана наиболее оптимальная толщина верхнего слоя дорожной одежды. Получено уравнение регрессии, отражающее зависимость модуля упругости дорожного покрытия от модуля упругости асфальтобетона и толщины слоя.

В качестве слоя усиления было выбрано четыре вида асфальтобетона: плотный асфальтобетон I марки на битуме БНД 40/60, плотный асфальтобетон I марки на битуме БНД - 60/90, плотный асфальтобетон II марки на битуме БНД - 90/130 и плотный асфальтобетон II марки на битуме БНД - 130/200. Для армирования верхнего слоя дорожной одежды был использован геотекстильный материал фирмы Polyfelt марки PGM-14. В исследованиях слой усиления асфальтобетона менялся от 4 до 9 см. Все расчеты проводились с помощью программного комплекса «Mathcad Professional».

В результате расчетов получен требуемый модуль упругости неармированной дорожной одежды, а также коэффициенты прочности и модуль упругости армированной дорожной одежды для различных толщин асфальтобетона. На основании результатов проведенных расчетов, построены графики зависимости общего модуля упругости от толщины слоя армирования и получены уравнения аппроксимации, с помощью которых описываются построенные кривые.

Уравнение регрессии (9) позволяет получить достаточно точные результаты и может использоваться для расчетов при оптимизации. Расчеты выполнены для различных толщин асфальтобетона и при разных модулях упругости асфальтобетонного слоя в пределах от 2600 до 4500 МПа.

На основании выполненных исследований получены оптимальные толщины армированного геотекстилем Polyfelt марки PGM-14 верхнего слоя дорожной одежды для различных видов асфальтобетона. Исследовано, что минимальная толщина асфальтобетона I марки на битуме БНД 40/60 и БНД - 60/90 составляет 6 см, а асфальтобетона II марки на битуме БНД - 90/130 и БНД - 130/200 составляет 7 см.

Подтверждена эффективность применения геосинтетиков для армирования асфальтобетона. Характеристики прочности и деформационности армированного асфальтобетона лучше, чем неармированного и срок службы такой автодороги значительно повышается. Однако, долговечность армированного асфальтобетона II марки по сравнению с армированным асфальтобетоном I марки, требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетон, армирование, геосинтетические материалы, дорожная одежда.

Annotation. The article describes the method of improving the properties of various types of the asphalt-concrete by means of reinforcement with geosynthetic materials and selecting the optimal thickness of the top layer of the pavement. There has been obtained the regression equation reflecting the dependence of the module of elasticity of the pavement surfacing on the module of elasticity of the asphalt-concrete and the thickness of the layer.

As a layer of reinforcement there have been chosen four types of the asphalt-concrete: dense asphalt of the I grade on the bitumen BND 40/60, dense asphalt of the I grade on the bitumen BND - 60/90, dense asphalt of the II grade on the bitumen BND - 90/130 and dense asphalt of the II grade on the bitumen BND - 130/200. For reinforcement of the top layer of the pavement there has been used the geotextile material of Polyfelt Company of PGM-14 brand. In the course of studies the reinforcement layer of the asphalt-concrete varied from 4 to 9 cm. All the calculations have been performed by way of using the software complex "Mathcad Professional".

As the result of calculations, there has been received the required module of elasticity of the unreinforced pavement as well as the strength ratios and the module of elasticity of the reinforced pavement for different thicknesses of the asphalt-concrete. Based on the results of the calculations performed, there have been built the plots of the overall module of elasticity versus the thickness of the reinforcement layer as well

as the equation of approximation describing the built curves has been found. The received regression equation (9) allows to obtain the sufficiently accurate results and can be used for calculations during the optimization. The calculations have been performed for different thicknesses of the asphalt and various modules of elasticity of the asphalt layer of the reinforcement in the range from 2600 to 4500 MPa. On the basis of the research performed there have been obtained the optimum thicknesses of the top layer of the pavement, reinforced with the Polyfelt geotextile of the PGM -14 brand for various types of the asphalt-concrete. It has been studied that the minimum thickness of the asphalt of the I grade on the bitumen BND 40/60 and BND - 60/90 amounts to 6 cm, and of the asphalt of the II grade on the bitumen BND - 90/130 and BND - 130/200 amounts to 7 cm.

There has been confirmed the efficiency of application of geosynthetics for the reinforcement of the asphalt-concrete. The characteristics of the strength and the deformability of the reinforced asphalt-concrete are better than those of the unreinforced one and the durability of such highways increases. But, the matter of what will be the behavior of the reinforced asphalt of the II grade over time, compared with the reinforced asphalt of the I grade, requires a further research.

Keywords: road, asphalt-concrete, reinforcement, geosynthetic materials, pavement.

Постановка проблеми

Автомобільні дороги є важливою галуззю народного господарства, яка забезпечує ефективну роботу усієї економіки країни, зв'язок між регіонами, містами та підприємствами держави, а також транспортне сполучення з іншими країнами [1]. За обсягами перевезень вантажів та пасажирів автомобільний транспорт посідає одне з провідних місць серед усіх видів транспорту. Кожен рік з'являються нові автомобілі з удосконаленими технічними характеристиками, збільшується вантажопідйомність і швидкість. Ці фактори найбільше впливають на транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг [2]. Треба відмітити, що більшість доріг України не розраховані на сучасні навантаження. Це все призводить до необхідності в розробці та впровадженні нових методів побудови і реконструкції дорожніх покриттів автомобільних доріг, які б відповідали світовим стандартам.

Актуальність. Дорожній одяг працює у найбільш несприятливих умовах через одночасний вплив на нього кліматичних та автомобільних навантажень. Його стан характеризується коефіцієнтом фактичної міцності, показником

рівності та коефіцієнтом зчіпних якостей, значення яких повинні відповідати нормативним вимогам.

На даний час на автомобільних дорогах України, як і в цілому світі, переважають нежорсткі дорожні одяги з асфальтобетонними шарами [3]. Такі дорожні одяги нерідко під дією транспортного навантаження досить швидко руйнуються та потребують передчасних ремонтів. Руйнування проявляються різною мірою в залежності від режиму і характеру навантаження. Досить поширеними руйнуваннями асфальтобетонних шарів є тріщини.

Найбільш швидко розвиваються тріщини навесні і восени, а найбільш широко розкриваються взимку і навесні. У літній період багато дрібних тріщин закриваються за рахунок розм'якшення бітуму і розширення матеріалу в покритті або закочуються колесами автомобілів.

На початковій стадії утворення тріщини практично не впливають на умови руху автомобілів доки вони не переходять у вибоїни.

Основні причини утворення тріщин:

- недостатня міцність дорожнього одягу та земляного полотна, яка не відповідає фактичним навантаженням від автомобілів;
- великі перепади температур від позитивних до негативних, при яких виникають знакозмінні напруги;
- недостатня тріщиностійкість асфальтобетонних покриттів, обумовлена невідповідністю деформативних властивостей бітуму реальним температурним умовам роботи покриттів;
- розходження теплофізичних властивостей матеріалів суміжних шарів одягу, внаслідок чого виникають додаткові напруги по поверхнях з'єднання шарів при температурних перепадах;
- нерівномірне ущільнення земляного полотна і шарів дорожнього одягу;
- утворення пучин, що супроводжується виникненням сітки тріщин в дорожньому одязі.

Наявність тріщин на покритті і в дорожньому одязі дуже впливає на міцність і термін служби дорожнього одягу з наступних причин:

1. Тріщини порушують цілісність і монолітність дорожнього одягу, розділяючи його на окремі, не пов'язані між собою блоки. У результаті навантаження від колеса автомобіля передається на значно ослаблену конструкцію, розподіляється на меншу площу, створюючи в них підвищені напруги та деформації.

2. Через тріщини вода проникає в основу та земляне полотно і значно послаблює їх міцність і несучу здатність.

При наїзді коліс на кромки тріщини, окремі частини покриттів обламуються, стінки тріщини руйнуються і поступово тріщина перетворюється у вибоїну. Вода, яка потрапляє в розкриту тріщину при замерзанні збільшує темп росту тріщин по ширині і довжині.

Зі зменшенням міцності дорожнього одягу площа ямковості в процесі експлуатації різко збільшується. У більшості випадків початкова стадія виникнення вибоїн і ямковості збігається з періодом несприятливих погодних умов, особливо з весняним періодом частого переходу від позитивної до негативної температури повітря, надмірного зволоження ґрунту земляного полотна і шарів дорожнього одягу.

В якості узагальненого критерію міцності нежорстких конструкції використовують величину прогину під навантаженням або розрахований за його величиною еквівалентний модуль пружності.

Оцінка транспортно-експлуатаційних якостей дорожнього одягу та покриття повинна базуватися на визначенні відповідності проїзної частини умовам руху та здатності зберігати цю відповідність на період експлуатації.

В останні роки, для підвищення довговічності шарів дорожнього одягу, на практиці досить широко застосовують армуючі прошарки у вигляді геосинтетичних матеріалів [4].

Метою застосування геосинтетичних матеріалів в якості армування асфальтобетонних шарів є перерозподіл і зниження горизонтальних напружень в асфальтобетонному шарі, та в результаті не допущення утворення тріщин [5-8].

Використання геосинтетичного матеріалу Polyfelt марки PGM-14 при реконструкції асфальтобетонних покриттів дозволяє суттєво знизити напругу між старим та новим шарами асфальту. Гідроізоляційні властивості матеріалу запобігають проникненню опадів і талої води та кисню в тіло дорожньої конструкції. Вище перераховане призводить до суттєвого збільшення міжремонтних термінів (в 3-5 разів).

Мета статті. В даній роботі розглянуто метод підвищення властивостей різних видів асфальтобетону шляхом армування геосинтетичним матеріалом, а також підібрано найбільш оптимальну товщину верхнього шару дорожнього одягу. Для кращого відображення залежності модуля пружності дорожнього

покриття від модуля пружності асфальтобетону і товщини шару було побудовано рівняння регресії.

Виклад основного матеріалу

В якості шару посилення було обрано чотири види асфальтобетону: щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД 40/60, щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД - 60/90, щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 90/130 і щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 130/200. Для армування верхнього шару дорожнього одягу було використано геотекстильний матеріал фірми Polyfelt марки PGM-14. У дослідженнях шар посилення асфальтобетону змінювався від 4 до 9 см. Усі розрахунки проводились за допомогою програмного комплексу «Mathcad Professional».

Характеристики геоматеріалу для армування наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Вихідні розрахункові дані для армуючого матеріалу

№	Вид матеріалу	R_a , кН/м	ϵ_p
1	Геотекстильний матеріал Polyfelt PGM - 14	80	0,04

Примітка. R_a – міцність при розриві армуючого матеріалу, кН/м;
 ϵ_p – відносне подовження при розриві армуючого матеріалу, %.

Для оптимізації проектного рішення необхідне виконання значного об'єму розрахунків з метою вибору найбільш ефективного. Також доцільно вивчити якісну картину взаємодії різних чинників на загальний модуль пружності дорожнього покриття. Для цього ефективно використовувати статистичний метод обробки даних для побудови рівнянь регресії.

Предметом регресійного аналізу є дослідження залежності результативної ознаки від сукупності факторних ознак. У дослідженнях, результативною ознакою прийнято загальний модуль пружності конструкції армованого дорожнього одягу, а факторними ознаками прийняті: модуль пружності асфальтобетону, товщина шару, коефіцієнт Пуассона, модуль пружності існуючої конструкції дорожнього одягу до підсилення. Проте кореляційним аналізом встановлено, що значний вплив на загальний модуль пружності дорожнього покриття надають модуль пружності асфальтобетону і його товщина.

Регресійний аналіз дозволяє на основі розрахункових даних створити математичну модель залежності середнього значення результативної ознаки від факторних ознак:

$$E_B = f(E_{a\bar{b}}, h), \quad (1)$$

де E_e - модуль пружності конструкції армованого дорожнього одягу, МПа;

$E_{a\bar{b}}$ - модуль пружності асфальтобетону, МПа;

h - товщина шару посилення.

У загальному вигляді залежність результативної ознаки від спільного і одночасного впливу факторних ознак:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k) + e, \quad (2)$$

де y – функція регресії, яка виражає об'єктну закономірну залежність результативної ознаки від спільного впливу факторних ознак;

e – випадкова величина, виражаюча вплив неконтрольованих і неврахованих факторних ознак, а також помилок виміру.

З виразу (2) маємо наступне:

$$e = y - \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (3)$$

де e – відхилення значень результативної ознаки від значень, обчислених по функції регресії.

Оцінкою функції регресії є рівняння регресії:

$$Y_x = f(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (4)$$

Математична модель багатовимірної нелінійної функції регресії має вигляд:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{22}x_2^2 + e. \quad (5)$$

Рівняння багатовимірної нелінійної регресії для двох чинників:

$$Y_x = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{22}x_2^2. \quad (6)$$

Математичний запис методу найменших квадратів в цьому випадку має вигляд:

$$S(a_0, a_1, a_2, a_{11}, a_{12}, a_{22}) = \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{x_i} - y_i)^2 \rightarrow \min. \quad (7)$$

Вихідні дані до розробки рівняння $E_B = f(E_{a\sigma}, h)$ отримані розрахунком по методу норм ВБН «Дорожній одяг нежорсткого типу» [3]. Розрахунки виконані для різних товщин асфальтобетону в межах від 4 см до 9 см і при різних модулях пружності асфальтобетонного шару підсилення у межах від 2600 до 4500 МПа. Армування виконано геосинтетиком Polyfelt PGM – 14. Модуль пружності існуючої конструкції дорожнього одягу прийнятий 500 МПа.

Рівняння регресії для загального модуля пружності записується в наступному вигляді:

$$E_B = a_0 + a_1 E_{a\sigma} + a_2 h + a_{11} E_{a\sigma}^2 + a_{12} E_{a\sigma} h + a_{22} h^2, \quad (8)$$

де коефіцієнти рівняння нелінійної регресії: $a_0 = -0,594$; $a_1 = 0,181$; $a_2 = 0,134$; $a_{11} = 0,001$; $a_{12} = 0,0317$; $a_{22} = -1,203$.

Отримано наступне рівняння, що відображає залежність модуля пружності дорожнього покриття від модуля пружності асфальтобетону і товщини шару:

$$E_B = -0,594 + 0,181 E_{a\sigma} + 0,134 h + 0,001 E_{a\sigma}^2 + 0,0317 E_{a\sigma} h - 1,203 h^2. \quad (9)$$

Критичне значення F вибирається по заданому рівню значущості $F = 0,05$ і числу мір свободи: $m_1 = k$, $m_2 = n - k - 1$. Результати розрахунку при визначенні коефіцієнтів рівняння регресії: $n = 90$, $m = 6$, $m_1 = 5$, $m_2 = 84$.

Аналіз якості отриманої моделі виконаний по критерію Фішера і коефіцієнту парної кореляції. Розрахункове значення критерію Фішера F визначається по формулі:

$$F_{розр} = \frac{R^2(n' - k - 1)}{(1 - R^2)k}, \quad (10)$$

де R^2 – коефіцієнт детерміації;

n' – об'єм вибірки;

k – кількість параметрів нелінійної моделі регресії, пов'язаних з факторними ознаками.

Значення критерію Фішера $F = 2,45$. Побудована модель на основі перевірки по F критерію статистично значима, оскільки $F_{розр} > F$, тобто $18,16 > 2,45$.

Коефіцієнт парної кореляції між теоретичними і експериментальними даними складає 0,998. Коефіцієнт детерміації $R^2 = 0,94$.

Таким чином, отримане рівняння (9) даватиме досить точні результати і може використовуватися для розрахунків при оптимізації.

Для виконання попередніх розрахунків був обраний в якості шару посилення щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД – 40/60 та найбільш поширений геосинтетичний матеріал фірми Polyfelt марки PGM-14 (табл. 1). При розрахунках змінювалась товщина шару у межах від 9 до 4 см для аналізу та вибору в подальшому найбільш оптимальної товщини.

В результаті досліджень, побудовано графік залежності загального модуля пружності від товщини шару армування та отримано рівняння апроксимації: $y = 131,77x - 192,85$. Розрахунки показали, що мінімальна товщина шару посилення асфальтобетону складає 6 см для автомобільної дороги I технічної категорії.

Для виконання розрахунку № 1 був обраний в якості шару посилення щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД – 60/90 (табл. 2). При розрахунках аналогічно змінювалась товщина шару у межах від 9 до 4 см.

Таблиця 2 - Вихідні дані для посилення асфальтобетону I марки на бітумі БНД – 60/90

№	Вид шару	h , см	$E_{аб}$, МПа	$\mu_{аб}$	μ_a	Z	$R_{лаб}$	D , см	d , см	H , см
1	Щільний асфальтобетон I марки на бітумі БНД - 60/90	9...4	4500	0,17	0,4	2	9,8	34,5	2	3

У таблиці 2 використані такі позначення:

h – товщина шару посилення, см;

$E_{аб}$ – модуль пружності шару асфальтобетону, МПа;

$\mu_{аб}$ – коефіцієнт Пуассона асфальтобетонного шару;

μ_a - коефіцієнт Пуассона армуючого матеріалу;

Z – активна зона армування, см;

$R_{\text{лаб}}$ – лабораторне значення межі міцності на розтяг при вигині одноразово прикладеного навантаження (приймається за ВБН В.2.3-218-186-2004, табл. Е. 1), МПа;

D – діаметр завантаженої площі, см;

d – розмір максимальної кам'яної фракції в асфальтобетоні, см;

H – товщина активної зони армування, см.

У результаті розрахунків отримано потрібний модуль пружності для неармованого дорожнього одягу, а також коефіцієнти міцності і модуль пружності армованого дорожнього одягу для різних товщин асфальтобетону (табл. 3).

Таблиця 3 – Результати розрахунку посилення асфальтобетону І марки на бітумі БНД – 60/90

№	h , см	$E_{\text{потр}}$, МПа	$K_{\text{мц}}$	$E_{\text{в}}$, МПа
1	9	358,398	2,5	900
2	8		2,13	765
3	7		1,94	660
4	6		1,6	570
5	5		1,20	450
6	4		0,979	350

У таблиці 3 використані такі позначення:

$E_{\text{потр}}$ – потрібний модуль пружності для неармованого дорожнього одягу;

$K_{\text{мц}}$ – коефіцієнт міцності, для автодороги І технічної категорії $K_{\text{мц}} = 1,5$ (табл. 3.1 [3]).

Аналіз результатів розрахунку (табл. 3) показує, що при товщині шару посилення менше 6 см, коефіцієнт міцності не задовольняє вимогам [3] для автомобільної дороги І технічної категорії.

На основі результатів проведеного розрахунку, побудовано графік залежності загального модуля пружності від товщини шару армування (рис. 1).

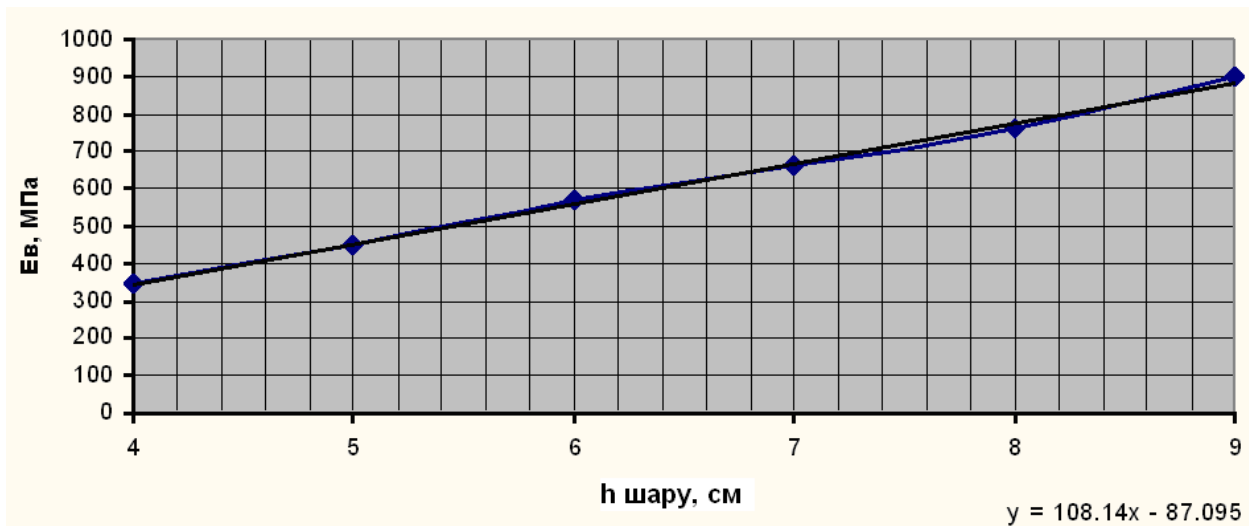


Рисунок 1 – Графік залежності загального модуля пружності від товщини шару армування

На графіку (рис. 1) добре спостерігається закономірність зміни модуля пружності в залежності від товщини шару армування. На графіку наведене рівняння апроксимації, за допомогою якого описується побудована крива.

Для виконання розрахунку № 2 був обраний в якості шару посилення щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 90/130 (табл. 4). При розрахунках аналогічно змінювалась товщина шару посилення у межах від 9 до 4 см (табл. 5).

Таблиця 4 - Вихідні дані для посилення асфальтобетону II марки на бітумі БНД - 90/130

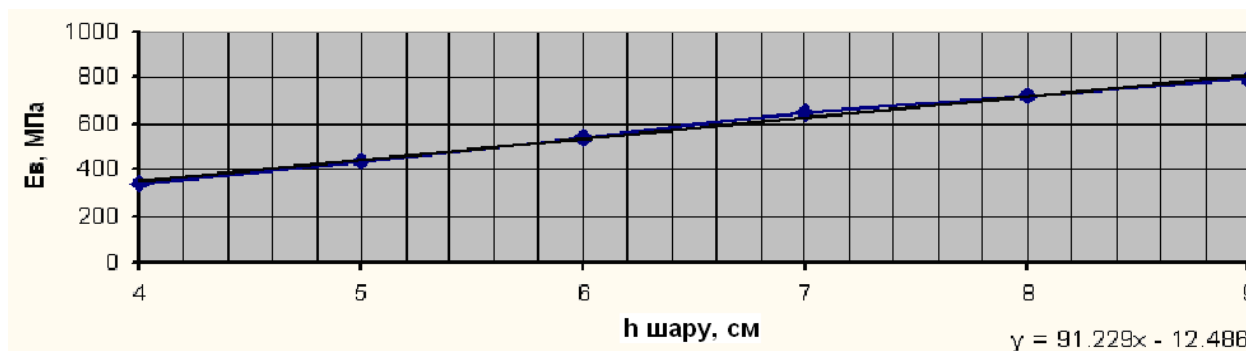
№	Вид шару	h, см	$E_{аб}$, МПа	$\mu_{аб}$	μ_a	Z	$R_{лаб}$	D, см	d, см	H, см
2	Щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 90/130	9...4	3600	0,21	0,4	2	9,5	34,5	2	3

Аналіз результатів розрахунку (табл. 5) показує, що при товщині шару посилення менше 7 см, коефіцієнт міцності не задовольняє вимогам [3] для автомобільної дороги I технічної категорії.

Таблиця 5 – Результати розрахунку посилення асфальтобетону II марки на бітумі БНД - 90/130

№	h , см	$E_{\text{потр}}$, МПа	$K_{\text{мц}}$	E_B , МПа
1	9	358,398	2,21	792
2	8		2,009	720
3	7		1,808	648
4	6		1,430	540
5	5		1,10	440
6	4		0,90	343

На основі результатів проведеного розрахунку, побудовано графік і отримано рівняння апроксимації (рис. 2).



Рисунк 2 - Графік залежності загального модуля пружності від товщини шару армування

Для виконання розрахунку № 3 був обраний в якості шару посилення щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД - 130/200 (табл. 6) з аналогічною зміною товщини шару посилення у межах від 9 до 4 см (табл. 7).

Таблиця 6 - Вихідні дані для посилення асфальтобетону II марки на бітумі БНД - 130/200

№	Вид шару	h , см	$E_{\text{аб}}$, МПа	$\mu_{\text{аб}}$	μ_a	Z	$R_{\text{лаб}}$	D , см	d , см	H , см
3	Щільний асфальтобетон II марки на бітумі БНД -130/200	9...4	2600	0,25	0,4	2	9,3	34,5	2	3

Таблиця 7 – Результати розрахунку посилення асфальтобетону II марки на бітумі БНД - 130/200

№	h , см	$E_{\text{потр}}$, МПа	$K_{\text{міц}}$	$E_{\text{в}}$, МПа
1	9	358,398	2,19	788
2	8		1,95	699
3	7		1,69	607
4	6		1,33	501
5	5		1,00	402
6	4		0,78	298

Аналіз результатів розрахунку (табл. 7) показує, що при товщині шару посилення менше 7 см, коефіцієнт міцності не задовольняє вимогам [3] для автомобільної дороги I технічної категорії.

На основі результатів проведеного розрахунку, побудовано графік і отримано рівняння апроксимації (рис. 3).

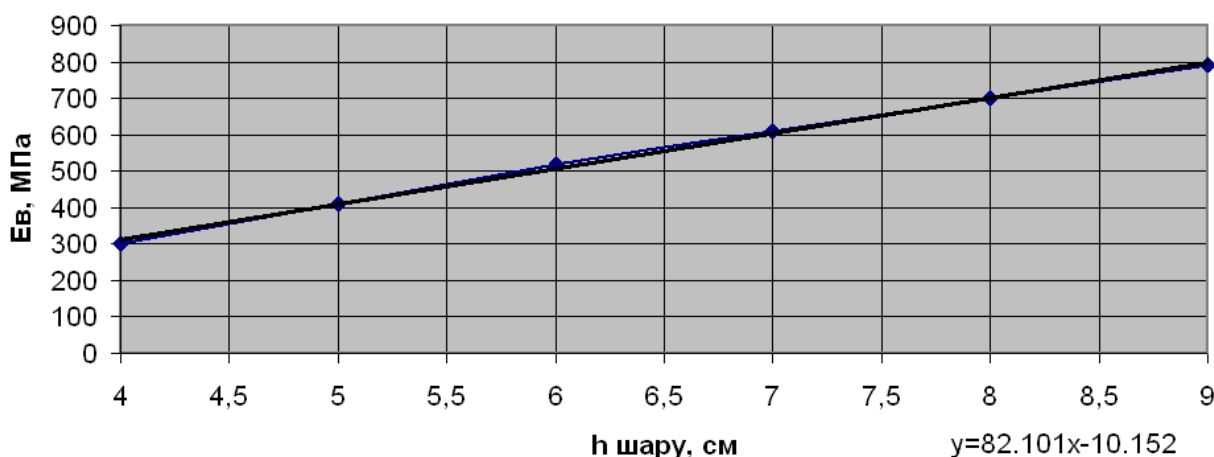


Рисунок 3 - Графік залежності загального модуля пружності від товщини шару армування

Висновки

1. Для кращого відображення залежності модуля пружності дорожнього покриття від модуля пружності асфальтобетону і товщини шару було побудовано рівняння регресії. Розрахунки виконані для різних товщин асфальтобетону в межах від 4 см до 9 см і різних модулів пружності асфальтобетонного шару у межах від 2600 до 4500 МПа. Рівняння регресії (9) дозволяє отримати досить точні результати і може використовуватися для розрахунків при оптимізації.

2. На основі виконаних досліджень отримано оптимальні товщини армованого геотекстилем Polyfelt марки PGM-14 верхнього шару дорожнього одягу для різних видів асфальтобетону. Досліджено, що мінімальна товщина асфальтобетону I марки на бітумі БНД 40/60 і БНД - 60/90 складає 6 см, а асфальтобетону II марки на бітумі БНД - 90/130 і БНД - 130/200 складає 7 см.

Перспективи. Ефективність армування не визиває сумніву. Характеристики міцності і деформаційності армованого асфальтобетону кращі, ніж неармованого і строк служби такої автодороги значно підвищується. Але, довговічність армованого асфальтобетону II марки у порівнянні з армованим асфальтобетоном I марки, потребує подальших досліджень.

Література

1. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. - [чинний від 31.10.2007]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
2. ГСТУ 218.02070915-102-2003. Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. – К.: 2003. – 42 с.
3. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004. - [чинний від 2005-01-01]. – Київ: Укравтодор, 2004. – 176 с.
4. МР-218-02070915-232-2003. Методика розрахунку нежорстких дорожніх одягів з армуючими прошарками. –К.: 2003.
5. Савенко В.Я. Теоретичні основи розрахунку асфальтобетонних шарів, армованих синтетичними прошарками / В.Я. Савенко, О.В. Василевич // Автошляховик України. – К., 2002. – № 4. - С. 37-39.
6. Василевич О.В. До питання взаємодії геосинтетичного армуючого прошарку у вигляді сітки із асфальтобетонним шаром / О.В. Василевич // Вісник НТУ, ТАУ. - Київ: НТУ, 2002. - Вип. 7. - С. 125-126.
7. Петрович В.В. Варіаційний метод визначення поля температур армованої дорожньої конструкції / В.В. Петрович // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Київ: НТУ, 2003. - Вип. 66. - С. 166-174.
8. Балашова Ю.Б. Армування дорожніх одягів при реконструкції автомобільних доріг у м. Дніпропетровськ / Ю.Б. Балашова, С.В. Роман, І.В. Петрович // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Київ: НТУ, 2013. - Вип. 90. - С. 66-73.

Рецензенти

Мозговий В.В., д-р техн. наук, НТУ (Київ)

Усиченко О.Ю., канд. техн. наук, НТУ (Київ)

Reviewers

Mozhovyi V.V., Dr.Tech.Sci., NTU (Kyiv)

Usychenko O.Yu., Ph.D., NTU (Kyiv)