



Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7/8

Славінська О.С., д-р техн.наук, Стьошка В.В., канд. техн.наук.

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ДРЕНАЖІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

Анотація. З метою оптимізації прийняття інженерних рішень при проектуванні автомобільних доріг, визначено економічну ефективність влаштування дорожніх конструкцій із дренажними шарами мілкового закладення, розрахованими із застосуванням різних методів, – традиційного та удосконаленого. Проаналізовано дані натурних спостережень за дослідними ділянками; розглянуто варіанти влаштування дренажного шару зі змінною товщиною по ширині поперечного перерізу конструкції; вплив зміни товщини дренажного шару на загальний модуль пружності дорожнього одягу.

Ключові слова: дорожній одяг, дренаж мілкового закладення, економічна ефективність, міжремонтний строк, модуль пружності.

УДК 625.7/8

Славинская Е.С., д-р техн.наук, Стежка В.В., канд. техн.наук

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ДРЕНАЖА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Аннотация. С целью оптимизации принятия инженерных решений при проектировании автомобильных дорог, определена экономическая эффективность устройства дорожных конструкций с дренажными слоями мелкого заложения, рассчитанными с применением различных методов, – традиционного и усовершенствованного. Проанализированы данные натурных наблюдений за опытными участками; рассмотрены варианты устройства дренажного слоя с переменной толщиной по ширине поперечного сечения конструкции; влияние изменения толщины дренажного слоя на общий модуль упругости дорожной одежды.

Ключевые слова: дорожная одежда, дренаж мелкого заложения, экономическая эффективность, межремонтный срок, модуль упругости.

UDC 625.7/8

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., Styozhka V.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

OPTIMIZATION OF ENGINEERING SOLUTIONS: THE CASE OF COMPARISON OF COMPARISON OF SHALLOW DRAINAGE CONSTRUCTIONS

Abstract. For the purpose of engineering solutions optimization during motor road designing, we have determined economical efficiency of road structures arrangement in the case of shallow drainage layer, with calculation performed using both conventional and advanced methods. In-situ data on trial lots have been analysed; a number of drainage layer arrangement options has been considered for variable thickness depending on a width of structure cross-section; impact of drainage layer width variation on the total modulus of elasticity of road pavement has been investigated.

Key words: road pavement, shallow drainage, economic efficiency, inter-repair period, modulus of elasticity.

Вступ

Дренажні системи мілкового закладення є конструктивно простим, порівняно недорогим та ефективним елементом дорожньої конструкції у випадку, коли виникає необхідність покращити її водно-тепловий режим в умовах надмірного зволоження поверхневою водою та при наявності глинистих (суглинистих) ґрунтів земляного полотна. Оскільки є декілька принципово різних підходів до визначення параметрів дренажу мілкового закладення, виникає необхідність виконувати економічне порівняння варіантів розрахованих конструкцій з метою прийняття обґрунтованого з точки зору економічної ефективності інженерного рішення. При цьому обов'язково слід враховувати різницю міцності запропонованих конструкцій, оскільки вона впливає на довговічність та надійність. Для порівняння було обрано два типи конструкції: дренажна система мілкового закладення, розрахована із застосуванням удосконаленого методу, та дренаж мілкового закладення, запроєктований відповідно до діючих нормативних документів [1].

Основна частина

Економічна ефективність влаштування дренажної системи мілкового закладення, розрахованої із застосуванням удосконаленого методу, визначається розрахунком порівняльної ефективності капітальних вкладень на основі порівняння витрат на влаштування конструкцій дорожнього одягу та дренажу мілкового закладення, запроєктованих відповідно до діючих нормативних документів, з витратами на той же обсяг робіт з використанням у дорожній конструкції піщаного дренажного шару із товщиною, яка відповідає розрахункам, виконаним за удосконаленим методом.

Ефективність застосування удосконаленого дренажу мілкового закладення за рахунок виконання розрахунків із використанням модифікованої математичної моделі руху рідини у пористому середовищі [1] оцінюється шляхом співставлення на прикладі при застосуванні дренажної конструкції удосконаленого типу та такого ж дорожнього

Introduction

Shallow drainage systems provide a simply engineered, comparatively inexpensive and efficient component of a road structure when its temperature and humidity regime improvement is required, under conditions of excessive humidification with surface water and in a presence of clay (loamy) grounds in a roadbed. Since there is a number of conceptually different approaches to determination of shallow drainage parameters, arises a need to perform economical comparison of designed options, in order to come to engineering solutions substantiated in terms of economic efficiency. In these circumstances, we also must take to account the strength difference of proposed structures, since it affects durability and reliability. For the purpose of comparison, two structure types have been selected: shallow drainage system calculated by the means of the advanced method, and shallow drainage designed as per effective regulation documents [1].

Subject matter

Economical efficiency of arrangement of a shallow drainage system calculated by the means of the advanced method is determined by the calculation of capital investments comparative effectiveness on the basis of comparison of construction costs for road pavement and shallow drained structures, provided they have been designed as per effective regulation documents, with the costs of the same scope of works, provided that road structure employs sand drainage layer of a thickness calculated by the means of the advanced method.

The efficiency of advanced shallow drainage is calculated by the means of a modified simulation model of liquid flow in a porous medium [1] and is estimated by correlation of application cases of advanced drainage structure along with advanced road pavement versus conventional drainage structure (calculated

одягу із дренажем традиційної (розрахованої за діючими нормативами) конструкції.

Кількісним вимірником рівня ефективності капітальних вкладень служить коефіцієнт ефективності E :

$$E = \frac{C_P^I - C_P^{II}}{K_{PP}^{II} - K_{PP}^I} = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

де K_{PP}^{II} і K_{PP}^I – приведенні до останнього року будівництва одноразові витрати за варіантами, відповідно, при використанні дренажної конструкції удосконаленого типу та такого ж дорожнього одягу із дренажем традиційної (розрахованої за діючими нормативами) конструкції;

C_P^I і C_P^{II} – поточні витрати за тими ж варіантами за один розрахунковий рік експлуатації покриття.

Згідно з [2, 3] капітальні вкладення вважаються ефективними, якщо:

$$E > E_H, \quad (2)$$

де $E_H = 0,12$.

До складу одноразових витрат входять капітальні вкладення, реалізовані до початку експлуатації покриття чи його реконструкції (капітального ремонту). При порівнянні варіантів до складу поточних витрат включають витрати на усі види ремонтів і утримання покриття ділянки автомобільної дороги.

Відповідно до [4], міжремонтний строк служби дорожнього одягу (покриття) – період в роках від здачі дороги (об'єкту) в експлуатацію до першого капітального (поточного) ремонту або між суміжними капітальними (поточними) ремонтами.

Визначимо необхідні параметри для підрахунку ефективності влаштування дренажної конструкції удосконаленого типу у порівнянні з дренажем традиційної (розрахованої за діючими нормативами) конструкції. Розглянемо ділянку автомобільної дороги довжиною 1 км.

as per effective regulations).

The quantitative measure of capital investments efficiency is an efficiency factor E :

$$E = \frac{C_P^I - C_P^{II}}{K_{PP}^{II} - K_{PP}^I} = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

where K_{PP}^{II} and K_{PP}^I are one-time expenses converted to the last year of construction, for the options that envisage application of advanced drainage structure along with advanced road pavement versus conventional drainage structure (calculated as per effective regulations), accordingly.

C_P^I and C_P^{II} are operational expenses in the course of one target year of road coating operation envisaged for the options mentioned above.

According to [2, 3], capital investments are considered efficient, if:

$$E > E_H, \quad (2)$$

where $E_H = 0,12$.

One-time expenses include capital investments implemented before start of coating operation or reconditioning (major repair). In the course of options comparison, operational expenses include costs of all types of coating repair and maintenance on the motor way lot.

According to [4], inter-repair service period of road pavement (coating) is a period measured in years between road (object) commissioning and the first major (operating) repair, or between consecutive major (operating) repairs.

Let parameters be determined as required for efficiency calculation of advanced drainage structure arrangement, compared to conventional drainage structure (calculated as per effective regulation). Let us consider a motor way lot of 1 km length. Let us assume a conventional

Традиційну конструкцію приймемо відповідно до рис. 1, удосконалену – 2.

structure in accordance with Fig. 1, and an advanced structure in accordance with Fig. 2.

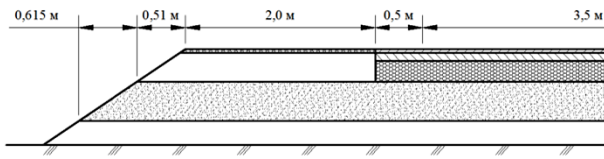


Рисунок 1 – Розміри поперечного перерізу дороги варіанту 1 (відповідно до діючих нормативів)

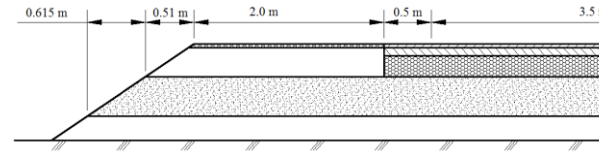


Figure 1 – Cross-sectional dimensions of a road according to option 1 (as per effective regulations)

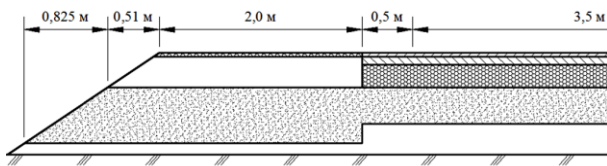


Рисунок 2 – Розміри поперечного перерізу дороги варіанту 2 (розрахований відповідно до удосконаленого методу)

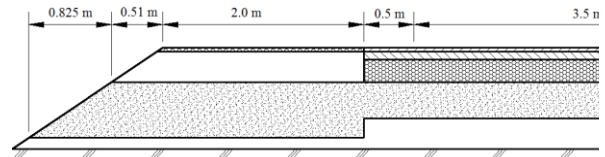
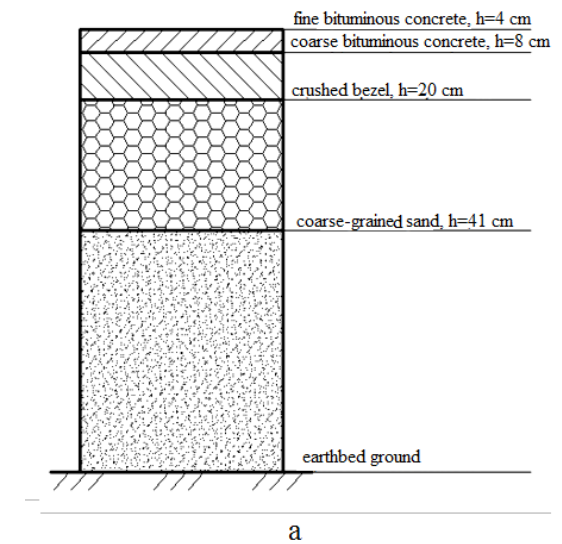
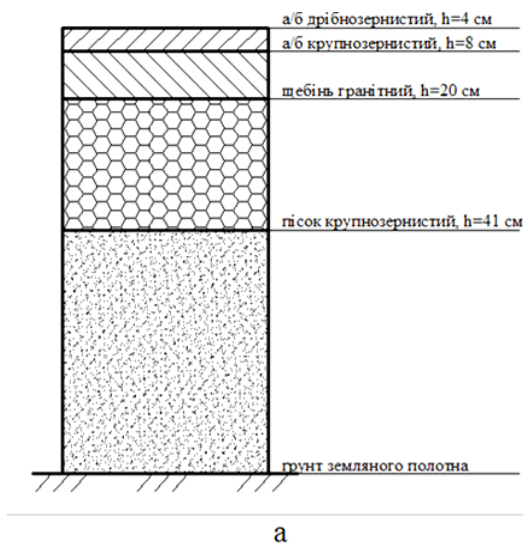


Figure 2 – Cross-sectional dimensions of a road according to option 2 (calculated by the means of the advanced method)

Параметри конструкцій дорожніх одягів у межах проїзної частини наведено на рис. 3 (а – варіант 1, б – варіант 2), у межах узбіч – на рис. 4 (а – варіант 1, б – варіант 2).

Parameters of road pavements structures within their surfaced portions are shown on Fig. 3 (a – option 1, b – option 2), within road shoulders – on Fig. 4 (a – option 1, b – option 2).



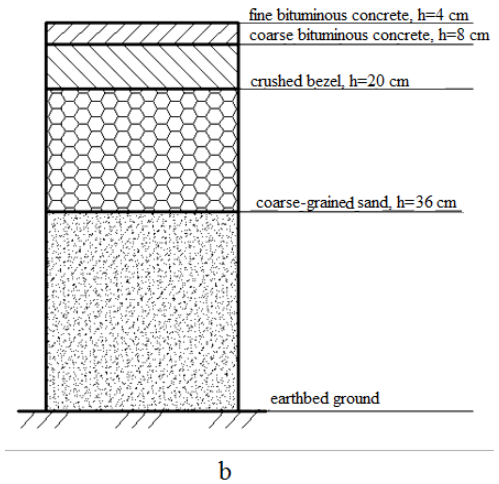
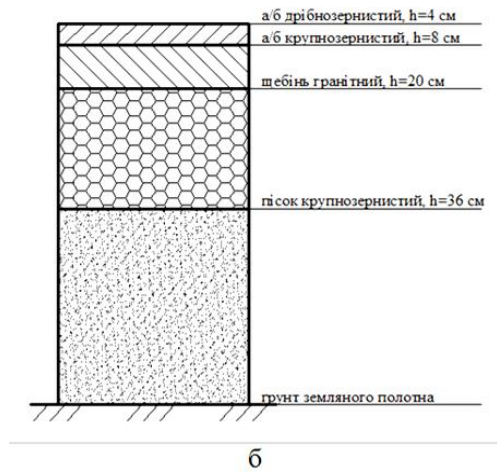


Рисунок 3 – Параметри конструкції дорожнього одягу у межах проїзної частини

Figure 3 – Parameters of road pavements structure within its surfaced portion

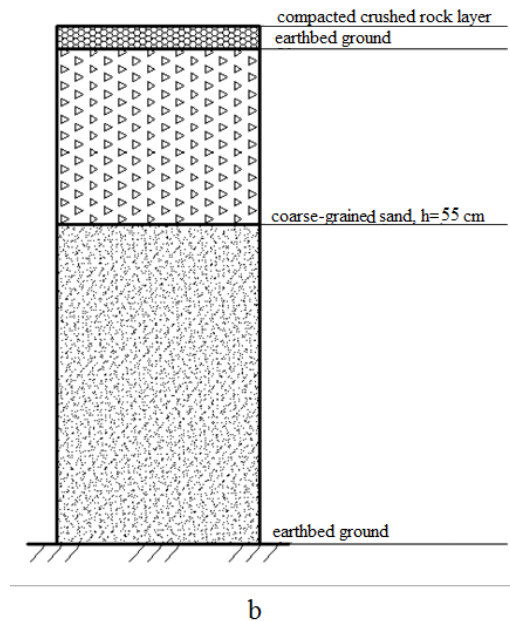
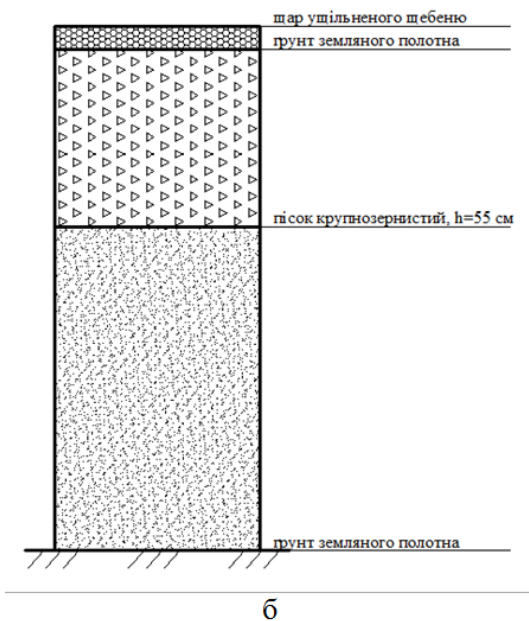
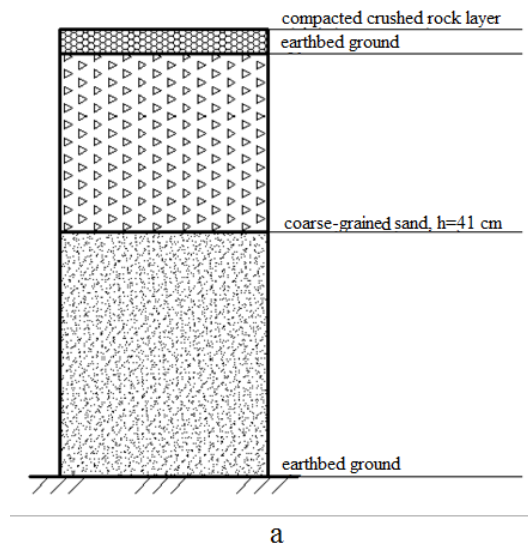
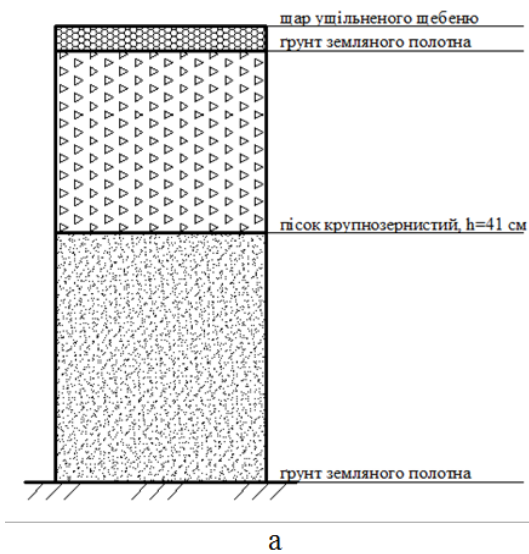


Рисунок 4 – Параметри конструкції дорожнього одягу у межах узбіч
 Визначення параметрів для підрахунку

Figure 4 – Parameters of road pavements structure within road shoulders
 Calculation parameters are determined

проводимо з урахуванням даних відповідно до діючої нормативної документації, а саме:

- згідно з [5], норма міжремонтного строку експлуатації асфальтобетонного покриття для III технічної категорії дороги між капітальними ремонтами становить 13 років, між поточними середніми ремонтами – 5 років.

- відповідно до [6], що розроблений для планування обсягів фінансових ресурсів на поточний ремонт та експлуатаційне утримання мережі автомобільних доріг України, як в цілому по Україні, так і по окремих регіонах, з урахуванням характеристик мережі доріг та регіональних умов їх експлуатації:

Таблиця 1 – Вартість робіт з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання одного приведенного до умовного кілометра мережі автомобільних доріг загального користування державного значення [6]

№	Найменування робіт	Загальна вартість, грн.
1	Ліквідація вибоїн, тріщин, осідань, колій з застосуванням асфальтобетонних сумішей,	11 709,18
2	Ямковий ремонт асфальтобетонного покриття з розламуванням	12 589,99
3	Ямковий ремонт покриття пневмоструменевим методом	12 250,53
Всього:		36 549,70

* – вартість одиниці робіт визначена на підставі ресурсного методу ціноутворення. В зазначеній вартості враховані: прямі, загальновиробничі, адміністративні витрати, кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель та споруд виробничого та допоміжного призначення, кошторисний прибуток, податок на додану вартість.

Примітка:

- за умовний кілометр прийнятий один кілометр асфальтобетонного покриття шириною 7,5 м, на якому необхідно виконати поточний ремонт та експлуатаційне утримання;

- розрахункові норми фінансових витрат на один умовний кілометр автомобільних доріг загального користування складені станом на 01.01.2014 і підлягають перегляду при використанні нових технологій та матеріалів, а

subject to data of effective regulation documents, namely:

- according to the reference source [5], the rate of inter-repair service period for bituminous concrete pavements of III maintenance category roads between major repairs is 13 years, between operating medium repairs – is 5 years.

- according to the reference source [6], which has been developed for planning of financial resources amount required for operating repair and operational maintenance of motor ways network of Ukraine, both on a nationwide scale and in separate regions, with regard to characteristics of roads network and their regional operation conditions:

Table 1 – Cost of works on operating minor repair and operational maintenance of one nominal kilometer of all-purpose principal motor ways network [6]

No	Name of works item	Overall cost, UAH
1	Elimination of potholes, cracks, subsidences and ruts using bituminous concrete mixes	11,709.18
2	Patching repair of bituminous concrete coating with its breaking	12,589.99
3	Air jet patching repair of coating	12,250.53
Total:		36,549.70

* – cost of works item is determined on the basis of input costing. The above-noted cost takes into account: direct, general production and management expenses, construction and dismantling costs for supplementary and production temporary buildings and structures, estimated profit and value-added tax.

Note:

- the nominal kilometer is assumed as one kilometer of bituminous concrete coating of 7.5 m width, requiring for operating repair and maintenance;

- calculated rates of cost expenses on one nominal kilometer of all-purpose motor ways are established as of 01.01.2014 and shall be reviewed in a case of application of new technologies and materials, and

також можуть корегуватися на індекс інфляції щорічно.

Виходячи з даних, наведених у табл. 1, маємо щорічні витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання дорожнього одягу (покриття) одного умовного кілометра доріг державного значення, що становлять, з урахуванням індексу інфляції, за 2014 рік приблизно 45 687,13 грн. з ПДВ.

Капітальні вкладення при будівництві (реконструкції, капітальному ремонті) ділянки автомобільної дороги (приведено до одного умовного кілометра) державного значення із влаштуванням дренажу мілкого закладення, становлять (приведені на 2015 рік) відповідно до розрахунків кошторисної вартості:

$K_{\text{пр}}^I$ – 4 953 721,00 грн./ум. км (піщаний дренажувальний шар традиційної конструкції);

$K_{\text{пр}}^{II}$ – 5 042 819,00 грн./ум. км (дренажувальний шар, розрахований за удосконаленим методом).

Відповідно до [4], поточні дрібні ремонти та експлуатаційне утримання покриття автомобільних доріг загального користування державного значення проводяться кожного року, поточний середній ремонт для доріг III технічної категорії, відповідно до [5], виконується кожні 5 років, а заміна/влаштування нового покриття (капітальний ремонт) – кожні 13 років.

Враховуючи те, що удосконалена конструкція дренажу мілкого закладення (відповідно до даних натурних спостережень), на відміну від традиційної дренажної конструкції, має підвищену здатність до осушення робочої зони земляного полотна та шарів дорожнього одягу, що сприяє підвищенню його довговічності в 1,5 – 2,0 рази, в залежності від умов експлуатації, витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання дорожніх конструкцій, влаштованих із застосуванням поздовжньої дренажної системи мілкого закладення удосконаленої конструкції, зменшаться щонайменше в 1,5 рази.

Отже, враховуючи дані табл. 1, кількість поточних дрібних ремонтів та експлуатаційного утримання на протязі 13-ти років становить –

may also be adjusted to inflation rate annually.

According to the data given in Table 1, annual expenses on operating minor repair and maintenance of road pavement (coating) as per one nominal kilometer of principal roads are approximately UAH 45,687.13 (VAT included) for year 2014, taking to account inflation rate.

Capital investments in the course of construction (reconditioning, major repair) of a principal motor way lot (measured in nominal kilometers) with shallow drainage arrangement comprise (as of the year 2015), according to estimated cost calculation:

$K_{\text{пр}}^I$ – UAH 4,953,721.00/nom. km (sand drainage layer of a conventional design);

$K_{\text{пр}}^{II}$ – UAH 5,042,819.00/nom. km (drainage layer calculated using the advanced method).

According to [4], operating minor repairs and maintenance of principal all-purpose motor ways coating are performed annually, operating medium repair of III maintenance category roads is performed every 5 years according to [5], and coating replacement / new coating arrangement (major repair) is performed every 13 years.

The advanced structure of shallow drainage (in accordance with in-situ data), compared to a conventional drainage structure, shows enhanced dewatering of earthwork operative area and road pavement layers, thus increasing its service lifetime by 1.5 - 2.0 times, depending on operation conditions. Therefore, the costs of operating minor repair and maintenance of road structures employing advanced longitudinal shallow drainage system will decrease at least by 1.5 times.

Thus, taking into account the Table 1 data, the number of operational minor repair and maintenance within the course of 13 years

13, а середніх – 2, при влаштуванні традиційної дренажної системи мілкого закладення. Для випадку застосування удосконаленого дренажу мілкого закладення кількість поточних дрібних ремонтів та експлуатаційного утримання на протязі 13-ти років становить – 9, а середніх – 1.

Вартість поточного середнього ремонту 1 м² асфальтобетонного покриття за технологією «Гарячий ремікс» коштує близько 200 грн. з ПДВ. У нашому випадку це буде приблизно 200,00·1000,00·4,00·2=1 600 000,00 (грн. за 1 км ділянки дороги). Тоді, для ділянки із традиційною дренажною системою, C_p^I становитиме $C_p^I = (45\,687,13 \cdot 13 + 1\,600\,000,00 \cdot 2) / 13 = 291\,840,98$ (грн. з ПДВ), а C_p^{II} , для ділянки з удосконаленим дренажем мілкого закладення: $C_p^{II} = (45\,687,13 \cdot 9 + 1\,600\,000,00 \cdot 1) / 13 = 154\,706,47$ (грн. з ПДВ). Зведені дані про витрати на ремонти ділянок наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Показники для розрахунку ефективності капітальних вкладень за двома варіантами будівництва

Найменування варіанту	Капітальні вкладення, грн./ум. км	Вкладення на поточний дрібний ремонт та утримання, грн. рік/ум. км
Традиційна дренажна система мілкого закладення	4 953 721	291 840,98
Удосконалена дренажна система мілкого закладення	5 042 819	154 706,47

Використовуючи дані показники, проводимо розрахунок коефіцієнту ефективності:

$$E = \frac{291840,98 - 154706,47}{5042819,00 - 4953721,00} = \frac{137134,51}{89098,00} = 1,54.$$

За результатами розрахунку на міцність

is equal to 13, and that of medium repairs is equal to 2, provided conventional shallow drainage system is arranged. In the case of advanced shallow drainage application, the number of operating minor repair and maintenance within the course of 13 years is equal to 9, and that of medium repairs is equal to 1.

The cost of operating medium repair per 1 m² of bituminous concrete coating using Hot Remix technology is about 200 UAH, VAT included. In the considered case, the total cost is about 200.00x1000.00x4.00x2=1,600,000.00 (U AH per 1 km of road lot). Then, for a lot with a conventional drainage system, C_p^I is $C_p^I = (45,687.13 \cdot 13 + 1,600,000.00 \cdot 2) / 13 = 291,840.98$ (UAH, VAT included), and C_p^{II} , for a lot with advanced shallow drainage, is: $C_p^{II} = (45,687.13 \cdot 9 + 1,600,000.00 \cdot 1) / 13 = 154,706.47$ (UAH, VAT included). Summary data on costs of lots repair are shown in Table 2.

Table 2 – Capital investments efficiency calculation indexes for two construction options

Option name	Capital investments, UAH/nom .km	Investments into operating minor repair and maintenance, UAH/year/nom. km
Conventional shallow drainage system	4,953,721	291,840.98
Advanced shallow drainage system	5,042,819	154,706.47

Let us calculate the efficiency ratio on the basis of these indexes:

$$E = \frac{291840.98 - 154706.47}{5042819.00 - 4953721.00} = \frac{137134.51}{89098.00} = 1.54.$$

Based on the results of strength

з'ясовано, що модуль пружності дорожнього одягу із дренажним шаром, розрахованим за удосконаленим методом, становить 319,33 МПа, що задовольняє вимоги до потрібного модуля пружності доріг III технічної категорії. У свою чергу, модуль пружності конструкції варіанту 1 становить 325,60 МПа, що всього на 2 % більше за модуль пружності конструкції другого варіанту. Отже, ослаблення конструкції за рахунок зниження товщини піщаного дренажного шару є незначним.

Висновки

Отже, можна вважати, що капітальні вкладення у влаштування дренажної системи мілкового закладення із піщаним шаром, розрахованим за удосконаленим методом, є ефективними, оскільки $E=1,54 > E_H = 0,12$.

При незначних збільшенні вартості та зниженні міцності, у порівнянні із традиційними конструкціями, застосування дренажного шару, розрахованого за удосконаленим методом, дає змогу оптимізувати параметри дорожньої конструкції під індивідуальні умови водно-теплого режиму та підвищити її надійність і довговічність.

Література

1. Styozhka V. Improvement of the calculation method for the sand layer of a shallow drainage system / O. Slavinska, V. Styozhka // The Advanced Science Journal. – Vol. 2015. – Issue 4. – P. 13–20.
2. Грушко И.М. Основы научных исследований / Грушко И.М., Сиденко В.М. – К. : Будівельник, 1983. – 221 с.
3. Шведков Е.Л. Элементарная математическая статистика в экспериментальных задачах материаловедения / Шведков Е. Л. – К. : Наукова думка, 1975. – 112 с.
4. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України : П-Г. 1-218-113:2009. – К. : Укравтодор, 2009. – 269 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
5. Організаційно-методичні, економічні і технічні нормативи. Міжремонтні строки

calculation, it was found out that modulus of elasticity of a road pavement with a drainage layer calculated as per advanced method is 319.33 MPa. This value complies with the required modulus of elasticity for III maintenance category roads. Again, the modulus of elasticity of the option 1 is 325.60 MPa, which exceeds the modulus of elasticity of the option 2 by 2 % only. Therefore, there is a negligible weakening of structure due to reduction of sand drainage layer thickness.

Conclusions

Thus, investments into arrangement of sand-layer shallow drainage system calculated as per advanced method may be considered efficient, since $E=1.54 > E_H = 0.12$.

While leading to negligible cost increase and strength reduction compared to conventional structures, application of drainage layer calculated as per advance method allows for optimization of road structure parameters with regard to specifics of temperature and humidity regime and provides increase of road structure reliability and durability.

References

1. Styozhka V., Slavinska O. (2015), Improvement of the calculation method for the sand layer of a shallow drainage system. The Advanced Science Journal, Vol. 2015, Issue 4, P. 13–20.
2. Grushko I.M., Sydenko V.M. (1983), The Basics of Scientific Research [Osnovy nauchnykh isslyedovaniy]. Budivel'nyk, Kiev, 221 p.
3. Shvedkov Y.L. (1975), Elementary mathematical statistics for experimental problems in material engineering [Elyemyentarnaya matyemacheskaya statistika v eksperymental'nykh zadachakh matyerialovyedyeniya]. Naukova dumka, Kiev, 112 p.
4. Regulation document of the State Highway Service of Ukraine (2009), Technical regulations on repair and maintenance of all-purpose motor ways of Ukraine [Tekhnichni pravyla remontu ta utrymannya

експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування : ВБН Г.1-218-050-2001. – К. : Укравтодор, 2001. – 12 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

6. Норми фінансових витрат на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування та мостів на них : СОУ 42.1-37641918-065:2013. – К. : Укравтодор, 2014. – 26 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

avtomobil'nykh dorih zahal'nogo korystuvannya Ukrainy]: П-Г. 1-218-113:2009. – State Highway Service of Ukraine, Kiev, 269 p.

5. Regulation document of the State Highway Service of Ukraine (2001), Organizational and methodical, economical and engineering regulations. Inter-repair operation periods of road pavements and coatings on all-purpose motor ways [Orhanizatsiyno-metodychni, ekonomichni i tekhnichni normatyvy. Mizhremontni stroky ekspluatatsiyi dorozhnikh odyagiv ta pokryttiv na avtomobil'nykh dorogakh zahal'nogo korystuvannya]: ВБН Г.1-218-050-2001. – State Highway Service of Ukraine, Kiev, 12 p.

6. Regulation document of the State Highway Service of Ukraine (2014), Rates of cost expenses on operating minor repair and maintenance of all-purpose motor ways and bridges constructed on them [Normy finansovykh vytrat na potochnyi dribnyi remont ta ekspluatatsiyne utrymannya avtomobil'nykh dorih zahalnoho pryznachennya ta mostiv na nykh]: СОУ 42.1-37641918-065:2013. State Highway Service of Ukraine, Kiev, 26 p.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **23.09.2016 р.**