

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

УДК 625.7

Усиченко О.Ю., к.т.н.

Барабанова Т.Г.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ АРМУВАННЯ ОСНОВ ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація. У статті узагальнені питання армування ґрунтових основ дорожніх конструкцій геосинтетичними матеріалами та проаналізовано принцип роботи армованого ґрунту. Також проведено аналіз методик розрахунків конструкцій насипу земляного полотна з використанням в його основі геосинтетиків за нормативною базою України та результатів досліджень, що проводяться на сьогодні у цьому напрямку. Визначено можливі напрямки подальшої роботи.

Ключові слова: земляне полотно, основа дорожньої конструкції, армований ґрунт, геосинтетичні матеріали, напружено-деформований стан, осадка.

Аннотация. В статье обобщены вопросы армирования грунтовых оснований дорожных конструкций геосинтетических материалов и проанализированы принцип работы армированного грунта. Также проведен анализ методик расчетов конструкций насыпи земляного полотна с использованием в его основе геосинтетиков по нормативной базой Украины и результатов исследований, проводимых на сегодня в этом направлении. Определены возможные направления дальнейшей работы.

Ключевые слова: земляное полотно, основание дорожной конструкции, армированный грунт, геосинтетические материалы, напряженно-деформированное состояние, осадка.

Abstract. The questions of reinforcement the ground base road constructions by means of geosynthetic materials is generalized and the principle of reinforced soil work is analysed in the article. The analysis of constructions design procedure and

subgrade embankment with geosynthetics in its structure is conducted in accordance with Ukrainian standard base and the results of experiments hold in this field. The possible further directions of research are given.

Keywords: subgrade, base road construction, reinforced soil, geosynthetic materials, the stress-strain state, draft.

Вступ. Останнім часом на теренах країн СНД, в тому числі в Україні, спостерігається тенденція застосування нетрадиційних дорожньо-будівельних матеріалів – синтетичних, які виконують різні функції в складі дорожньої конструкції. Однією з них є армування земляного полотна.

За останні сорок років у будівельній галузі світу важко знайти проблему, яка б викликала стільки творчого інтересу у спеціалістів, як будівництво споруд з армованих ґрунтів. Протягом останнього десятиліття метод армування, як метод для покращення фізико-механічних характеристик слабких ґрунтів, отримав широке визнання і впровадження в практику дорожньо-будівельної галузі.

Сам принцип армування ґрунтів був відомий ще у 4-5 тисячолітті до н.е. Але розроблений, офіційно визнаний і запатентований новий вид будівельних матеріалів – «армований ґрунт» був французьким вченим

А. Відалем.

Перші досвіди застосування синтетичних текстильних матеріалів в основах насипів земляного полотна на слабких ґрунтах були проведені на терені колишнього СРСР у 1974-1975рр. Вони виявилися настільки ефективними, що темпи зростання обсягів використання геосинтетичних матеріалів у транспортному будівництві почали стрімко зростати. [1] Адже їх унікальні властивості дозволяють суттєво підвищити міцність, довговічність та надійність дорожньої конструкції, а головне – зменшити вартість будівництва порівняно з традиційними проектними рішеннями.

Зараз можна відзначити, що практично на кожному дорожньо-будівельному об'єкті геосинтетичні матеріали застосовуються, як армуючі прошарки земполотна, так і шарів дорожнього одягу.

Мета і актуальність проблеми. Земляне полотно є важливим елементом автомобільної дороги, від міцності і стійкості якого залежить довговічність всієї конструкції. На сьогодні і досі актуальною проблемою у галузі

дорожнього будівництва є спорудження земляного полотна на слабких і неоднорідних ґрунтах.

У вирішенні цієї проблеми зроблено уже багато, а саме з кожним роком все більшого поширення набуває покращення властивостей земляного полотна завдяки широкому застосуванню геосинтетичних матеріалів.

Багатофункціональність і властивості сучасних геосинтетичних матеріалів створює необхідність розробки нових конструктивних рішень і методик розрахунку конструкцій з застосуванням геосинтетичних прошарків. При застосуванні армуючого геосинтетичного прошарку змінюється напружено-деформований стан конструкцій, в зв'язку з чим є актуально детально дослідити і проаналізувати процес перерозподілу напружень з перевантажених зон на сусідні недовантаженні ділянки.

Проаналізувати методику розрахунків земляного полотна з геосинтетичним прошарком за нормативними документами України та визначитись з можливими напрямками її вдосконалення для врахування впливу прошарку на роботу насипу.

Основна частина. Армований ґрунт – це складний композитний матеріал, що складається з еластопластичної матриці (ґрунту) і в'язкопластичного армування (геосинтетику).

Технологія армування ґрунту відома вже давно і в своїх примітивних формах з давніх часів широко використовувалася в Середній Азії при будівництві гідротехнічних споруд. Але глибоке теоретичне і експериментальне дослідження ідея армоґрунту отримала відносно недавно завдяки роботам Відаля та Шлоссера.

Для України застосування армування ґрунтів у транспортному будівництві має особливо важливе значення, адже територія нашої держави представлена майже всіма складними ґрунтовими умовами: просадочність, зсуви, карст і т.д. В таких умовах в процесі будівництва і експлуатації виникають великі деформації, що спричиняють часткову або повну руйнацію конструкцій.

Сучасні умови будівництва автомобільних доріг, особливо в складних умовах, потребують розробки індивідуальних проектів конструкції земляного полотна. Вибір найбільш раціональних конструкцій земляного полотна багато в чому залежить від прогнозу осадки і її розвитку в часі під дією ваги насипу. І

саме армування основи насипу є одним з перспективних методів вирішення цих питань в складних умовах.

Армування ґрунтового масиву геосинтетиками перетворює його в міцне тверде тіло анізотропної будови, подібної до будови штучних композитних матеріалів.

Принцип роботи армоґрунту оснований на можливості поєднання ґрунту і арматурних елементів (геосинтетиків), що змонтовані так, щоб зменшити напруження розтягу, які можуть виникати в ґрунті під дією сил гравітації чи зовнішнього навантаження і передати їх за допомогою сил зчеплення на геосинтетичний прошарок, який добре сприймає зусилля розтягу.

У армоґрунтовому масиві виникає складний напружено-деформований стан, а тому досить складно описати перерозподіл напружень.

Взагалі, ефект армування масиву ґрунту геосинтетичними матеріалами проявляється двояко.

Перше, арматура за рахунок власної міцності і опору розтягу перешкоджає зсуву одних частин ґрунтового масиву відносно інших. Друге, прошарок, працюючи сумісно з ґрунтом викликає перерозподіл напружень з перевантажених зон на сусідні недовантажені ділянки, залучаючи їх до роботи. Введення такого прошарку дозволяє підсилити небезпечну чи ослаблену зону конструкції, забезпечивши її рівномірну міцність.

Дослідження закономірностей процесів деформування і руйнування від зовнішніх навантажень насипів ґрунту, армованих геосинтетиками, триває в різних країнах світу лише 20-30рр. Цей час є не дуже значний, тому вивчення цих процесів знаходиться поки що на початковій стадії.

При розрахунках звичайного масиву ґрунту використовують феноменологічну математичну модель. А от для армованого ґрунту застосовують дискретну математичну модель. Її рівняння зв'язують загальні (феноменологічні) деформаційні і міцнісні характеристики ґрунтового масиву, як єдиного цілого, з показниками властивостей та взаємодії її внутрішніх елементів: ґрунту і армуючого прошарку.

Отже, при проектуванні армування ґрунту дорожнього полотна, для здійснення розрахунків є потреба використовувати дві математичні моделі. Для визначення кількості і якості елементів армування потрібна дискретна

математична модель, а для розрахунку осадок споруд, стійкості схилів – континуальні моделі.

Окремі елементи дискретної моделі при дії зовнішнього навантаження, як і в звичайних феноменологічних моделях, описують рівняння відомих модельних тіл з ідеальними властивостями. Грунт описує умова граничного напруженого сипучого середовища Кулона – Мора. Елементи армування, залежно від їх призначення (робота на розтяг, стиск або зріз) і поставленої задачі, описують або умови граничного опору жорсткого тіла, або умови деформування і руйнування пружно-крихкого тіла, а при роботі на стиснення – рівняння пружності або та ж сама умова граничного стану Кулона – Мора. Взаємодію по контактах описують умови дії сил тертя в стані спокою або в динаміці [2].

Проблема розрахунку напружено-деформованого стану армованих ґрунтових основ полягає у необхідності врахування сумісної роботи таких різних елементів, як ґрунт основи природної структури, армуючий елемент і матриця (засипка з ущільненого ґрунту) [3]. Це спричинено такими факторами:

- значною різницею їх деформаційних властивостей;
- значною різницею в міцносних властивостях;
- значною різницею в геометричних розмірах.

Потрібно зазначити, що раніше широке впровадження геосинтетичних матеріалів стримувалося відсутністю нормативних документів, які б регламентували правила застосування та методи випробувань геосинтетичних матеріалів, що спричиняло труднощі при проектуванні, будівництві та контролі якості матеріалів і обмежувало використання геосинтетики. На відмінно, від Європи, в якій прийнято норми DIN, ISO, та США, у яких прийнято ASTM та AASHTO, які регламентують використання геосинтетиків. Проте, за останні декілька років ця ситуація змінилась. Було розроблено і впроваджено нормативні документи ВБН В.2.3-218-544:2008 «Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві», СОУ 45.2-00018112-025:2007 «Матеріали геосинтетичні. Методи випробувань», «Посібник з проектування земляного полотна і дорожніх одягів із застосуванням геосинтетичних матеріалів (доповнення до ВБН В.2.3-218-...-2006) » та ін. Проте, на жаль, їх ще дуже мало.

За ВБН В.2.3-218-544:2008 «Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві» п.2.1.1 армування основи насипу земляного полотна виконують у таких випадках: при необхідності підвищення стійкості конструкції проти бічного розповзання по контакту «насип-основа»; для покращення несучої здатності слабкої підстиляючої основи і для рівномірності передачі навантаження на неоднорідну основу з локальними слабкими зонами тощо.

За п.2.3.1 при розрахунку стійкості насипу на слабкій основі з армуючим прошарком розглядають два граничних стани: несуча здатність та експлуатаційний граничний стан, тобто з врахуванням консолідації слабого ґрунту.

Для визначення внутрішньої і зовнішньої стійкості насипу на армованій основі виконують окремі розрахунки по забезпеченню:

внутрішньої стійкості ґрунту насипу, коли виконується умова:

$$\frac{1}{n} = \frac{H_1}{L_s} \leq \operatorname{tg} \varphi_{1d}, \quad (1)$$

де $1/n$ – закладання укосу;

H_1 – висота насипу;

L_s – ширина укісної частини при основі;

$\operatorname{tg} \varphi_{1d}$ - розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту насипу;

бічного розповзання насипу. Для цього армуєче полотно повинно протистояти горизонтальному бічному тиску ґрунту. Величину розтягуючих зусиль T_{ds} в геосинтетику, яка необхідна для стримування розповзання насипу визначають за формулою:

$$T_{ds} = P_a = 0.5K_a(\gamma_{1d}H_1 + 2(q_{Qd} + q_{Gd}))H_1, \quad (2)$$

де γ_{1d} - середньозважена проектна питома вага ґрунту насипу;

H_1 - висота насипу;

q_{Qd} і q_{Gd} - проектна інтенсивність, відповідно, рухомого і статичного навантаження на поверхні насипу;

K_a - коефіцієнт активного бічного тиску, який, в свою чергу, визначається:

$$K_a = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_{\text{lid}}/2), \quad (3)$$

стійкості основи проти вижимання (яке особливо проявляється в товщі з малою несучою здатністю і незначною потужністю). Для виконання цієї умови, ширина укосу насипу L_s і величина анкерування L_{ext} повинні бути достатніми для отримання необхідних зусиль стримування в армуючому полотні R_R . Припускають, що $L_{\text{ext}}=L_s$. Необхідну міцність армуючого геосинтетика T_{rf} визначають за формулою:

$$T_{rf} = \alpha_2 c_{2d} L_{\text{ext}}, \quad (4)$$

де α_2 - коефіцієнт ефективності взаємодії ґрунту основ з геосинтетиком;

c_{2d} - розрахункове значення зчеплення ґрунту основи під підшовою армування;

стійкість насипу проти зсуву з обертанням або загальна стійкість насипу. Для визначення цього критерію використовують метод круглоциліндричних поверхонь ковзання, що передбачає розбивку тіла насипу і основи на блоки. Положення найбільш небезпечної поверхні ковзання визначають за традиційною методикою. Армуючий прошарок забезпечує утримуючий момент для забезпечення загальної стійкості насипу.

В цьому випадку спочатку визначають потрібне зусилля в армуванні для найбільш небезпечної критичної поверхні ковзання визначають за формулою:

$$T_{RC} = \frac{(\sum N_{di} - \sum F_{di})R}{a_T}, \quad (5)$$

де $\sum F_{di}$ - рівнодійна утримуючих сил всіх блоків, що складають відсік обвалення;

$\sum N_{di}$ - рівнодійна зсувних сил всіх блоків, що складають відсік обвалення;

R - радіус найбільш небезпечної критичної поверхні ковзання;

a_T - плече моменту армуючого полотна.

В свою чергу, рівнодійна утримуючих сил i -го блоку визначається:

$$\sum F_{di} = (P_{di} + q_0 b_i + q_g b_{iq}) \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_d + c_d b_i \sec \alpha_i, \quad (6)$$

де P_{di} - вага погонного метра блоку, що розглядають, кН/м;

α_i - кут нахилу поверхні ковзання блоку, що розглядають, до горизонталі;

b_i - ширина смуги завантаження блоку, що розглядають, м;

$\operatorname{tg} \varphi_d$ - розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту;

q_0 - проектна інтенсивність рухомого навантаження;

q_g - проектна інтенсивність статичного навантаження;

c_d - розрахункова величина питомого зчеплення ґрунту, кН/м.

Рівнодійну зсувних сил визначають:

$$\sum N_{di} = (P_{di} + q_0 b_i + \gamma_f q_g b_{iq}) \sin \alpha_i, \quad (7)$$

де P_{di} - вага погонного метра блоку, що розглядають, кН/м;

α_i - кут нахилу поверхні ковзання блоку, що розглядають, до горизонталі;

b_i - ширина смуги завантаження блоку, що розглядають, м;

γ_f - частковий коефіцієнт запасу на навантаження.

За результатами розрахунків внутрішньої і зовнішньої стійкості встановлюють необхідну номінальну міцність геосинтетика та мінімальну довжину анкерування полотен.

Після визначення вищенаведених критеріїв розрахунку стійкості насипу на слабкій основі виконують розрахунок за ще одним критерієм – граничним експлуатаційним станом, що включає осадку насипу на слабкій основі та деформативність армуючого полотна.

В даному нормативному документі (ВБН В.2.3-218-544:2008 «Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві») вказано, що оцінку граничного експлуатаційного стану насипу за критерієм осадки насипу на слабкій основі згідно з п.2.3.6 виконують за традиційною методикою без урахування наявності геосинтетичного прошарку [4].

Існуючі методики розрахунку [5] земляного полотна автомобільних доріг на слабких основах ґрунтуються на результатах лабораторних компресійних і консолідаційних випробуваннях зразків «слабких» ґрунтів. За ними

визначаються розрахункові консолідаційні характеристики ґрунту, що випробовується, і динаміка консолідації зразка в часі.

Взагалі складність проблеми розрахунку осадки насипу земляного полотна автомобільних доріг на ділянках слабких ґрунтів викликала велику кількість досліджень в цьому напрямку [6, 7]. Але розрахунки конструкцій здійснюються, як правило, з використанням спрощених залежностей і припущень, які дають наближені результати.

При прогнозуванні осадки ґрунту в основі насипу потрібно визначати напруження, які будуть виникати в ґрунті під навантаженням від ваги насипу, ваги ґрунту (статичне навантаження) і від рухомого складу (динамічне навантаження). Для визначення напруженого стану звичайної (не армованої) основи використовуються рішення плоскої задачі теорії лінійно-деформованого однорідного напівпростору, навантаженого з поверхні навантаженням, що розподіляється по тому або іншому законі. В якості базової схеми використовується трапецеїдальне навантаження. Для прогнозу напружено-деформованого стану основи насипу використовують геотехнічну розрахункову модель, при побудові якої важливим елементом є призначення розрахункової потужності активної зони стиснення, величина якої встановлюється для кожного конкретного випадку.

При забезпеченій міцності слабких ґрунтів в основі насипу осадка зумовлюється їх стисненням (статичним ущільненням).

Осадка слабкої товщі розтягнута в часі, тому при прогнозуванні осадки вирішуються дві задачі:

визначення величини осадки на момент досягнення допустимої її інтенсивності (так званої кінцевої осадки);

визначення часу закінчення її інтенсивної частини (або потрібного ступеня консолідації). Прогноз ходу осадки здійснюється за різними залежностями для відповідних ділянок консолідаційної кривої. Вибір розрахункових формул для прогнозу осадки насипу в часі визначається ділянкою консолідаційної кривої і залежить від різновидності, стану і властивостей слабких ґрунтів, а також умовами їх роботи в системі «ґрунт-споруда» (величина навантаження, режим його прикладання і т.д.).

Кінцева осадка слабкої основи в межах активної зони стиснення (встановленої при складанні розрахункової схеми насипу) визначається

методом пошарового сумування з використанням залежностей для умов одномірної задачі:

$$S = 0.001 \sum_1^n e_{pz} \cdot H_i, \quad (8)$$

де n – кількість шарів;

H – потужність i -го шару;

e_{pzi} - модуль осадки ґрунту i -го шару, знайдений на компресійній кривій при навантаженні P_i , рівній вертикальному нормальному напруженню для середини даного шару від ваги насипу (s_{zi}).

Модуль осадки ґрунту кожного з розрахункових шарів конструкції визначається за результатами лабораторних компресійних випробувань його зразків за формулою:

$$e_{pz} = e'_{pz} - e''_{pz}, \quad (9)$$

де e'_{pz} - модуль осадки при навантаженні $P_z + \sigma_{с.в.}$;

e''_{pz} - те ж при навантаженні, що відповідає структурній міцності ґрунту $\sigma_{сmp.}$;

$\sigma_{с.в.}$, P_z – розрахункове напруження відповідно від власної ваги товщі і від зовнішнього навантаження на даному горизонті.

Або за відсутністю даних компресійних випробувань ґрунтів, користуються табличними значеннями модуля деформації для різних видів слабких ґрунтів, кінцева осадка розраховується за формулою:

$$S = P \cdot H / E_{cp}, \quad (10)$$

де H – потужність i -го шару;

P – навантаження на поверхні товщі;

E_{cp} - середньозважений штамповий модуль деформації зони стиснення. [8].

При осадці насипу на слабкій основі з використанням геосинтетичного прошарку ґрунт захоплює за собою армуючий елемент, який осідаючи разом з ґрунтом, чинить внаслідок натягнення опір, в результаті чого відбувається відповідне підвищення напружень в налягаючих шарах ґрунту і дещо

знижуються у нижчележачих шарах ґрунту. Армуючий елемент при осадці подовжується і від натягнення в ньому виникають розтягуючі напруження. Так як модуль пружності при розтягу елементів армування надто великий, затухання розтягуючих напружень в цих елементах мало відчутне, внаслідок чого напруження поширюються далеко за межі напруженої області [9].

Тому виникає питання – а чи впливає наявність армуючого геосинтетичного прошарку в основі насипу на його осадку?

Але поряд з твердженнями ВБН В.2.3-218-544:2008 «Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві» існують дослідження армованих ґрунтових основ під фундаменти споруд Чернія Г.І. і Ковальського Р.К. у Науково-дослідному інституті будівельних конструкцій [10]. За їхніми результатами встановлено, що шляхом армування зосереджується зона дії максимальних дотичних напружень в області, в якій знаходиться міцний ґрунт і армуючий прошарок, що позитивно впливає на роботу ґрунтової основи, оскільки причиною руйнування є саме дотичні напруження; в армованій основі проходить перерозподіл нормальних напружень на більшу ширину, ніж у неармованій (значення напружень на глибині менші, ніж в неармованій основі); вертикальне переміщення армованої основи приблизно в 2 рази менше, ніж неармованої. В цілому ними зроблено висновок, що прогнозувати напружено-деформований стан армованих ґрунтових основ можна і для цього може бути використаний метод скінченних елементів за допомогою комп'ютерних програм.

Враховуючи вищесказане можна сказати, що при розрахунку осадки основи насипу (прогнозі напружено-деформованого стану) все таки потрібно враховувати наявність геосинтетичного прошарку.

Також поряд з цим, якщо проаналізувати перероблений і доповнений документ «Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах» (к СНиП 2.05.02-85), 2004р., то у п.4.81 сказано, що при застосуванні геосинтетичних прошарків в основі насипу при будівництві тимчасових доріг або доріг нижчих категорій на слабких ґрунтах знижується величина осадки за рахунок зменшення її нерівномірності [11]. Розрахунок величини зменшення осадки в такому випадку виконують з врахуванням армуючого прошарку в такому порядку:

а) приводять трапецеїдальне навантаження від ваги насипу до еквівалентної рівномірно розподіленого навантаження P_0 визначають реактивну силу T (т/пог.м), яка виникає в прошарку при його розтягу:

$$T = E_1 \left[\sqrt{b^2 + 0.25S^2} - b \right], \quad (11)$$

де E_1 – модуль деформації прошарку з геотекстильного матеріалу, кг/см², т/м²;

b – півширина еквівалентного рівномірно розподіленого навантаження, м;

S – кінцева осадка насипу без прошарку

$$S = \frac{H_{cl} P_0}{E_{cl}}, \quad (12)$$

H_{cl} – потужність слабкої основи, м;

E_{cl} – модуль деформації ґрунту основи кг/см², т/м²;

P_0 – рівномірно розподілене навантаження, т/пог.м, т/м²;

б) визначають необхідну ширину крайових зон нижніх шарів насипу d (м) для забезпечення затиснення армуючого прошарку в ґрунті:

$$d = \frac{T \operatorname{tg} \varphi}{P_0 [1 + \cos \beta \operatorname{tg} \varphi^2]}, \quad (13)$$

φ - кут внутрішнього тертя ґрунту насипу;

$$\cos \beta = \frac{b}{b^2 + 0.25S^2}, \quad (14)$$

в) встановлюють розрахункове навантаження P_j (т/пог.м, т/м²) на основу з армуючим прошарком:

$$P_j = P_0 - \frac{(T - P_0 \cdot d \cdot \operatorname{tg} \varphi) \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi}{b - d}, \quad (15)$$

г) визначають величину кінцевої осадки насипу (S_2) з прошарком в основі:

$$S_2 = \frac{P_j H_{cl}}{E_{cl}}, \quad (16)$$

При цьому різниця в величинах неармованого і армованого насипу (тобто з прошарком і без нього) складе $D=S-S_2$ (м) і зменшення об'єму ґрунту нижче денної поверхні за рахунок її осадки та зменшення нерівномірності визначається:

$$\Delta_v = \frac{4}{3} b \cdot (S - S_2) \cdot l, \quad (17)$$

де l – довжина ділянки насипу, м.

Висновок

У даний момент світова практика показує, що вкладання арматурного прошарку з геотекстилю спричиняє комплексний ефект: забезпечення міцності і стійкості всієї конструкції (особливо в стиснених умовах, на слабких ґрунтах). І тому його використання щорічно зростає. Перед влаштуванням основ армованих геосинтетичними матеріалами потрібно визначити оптимальні параметри армування, які будуть забезпечувати найбільш ефективно розподілення напружень.

При аналізі нормативної бази України та досліджень Чернія Г.І. і Ковальського Р.К., а також доповненого та переробленого «Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах» (к СНиП 2.05.02-85), 2004р. встановлено, що у нормативних документах України при розрахунках основ насипів автомобільних доріг, що містять армуючий геосинтетичний прошарок, не враховується вплив цього армуючого геосинтетичного прошарку на зменшення осадки основи насипу. Існуючі дослідження [3, 11] підтверджують, що наявність армуючого геосинтетичного прошарку в основі насипу автомобільної дороги не тільки зменшує нерівномірність осадки насипу, а й величину самої осадки.

Це все свідчить про те, що існує необхідність у доопрацюванні методики розрахунку основ насипу з геосинтетичним прошарком для усунення встановлених недоліків.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Полуновский А.Г., Б.П. Брантман, Н.В. Табаков.* Текстильные материалы в конструкциях автомобильных дорог на слабых грунтах // Автомобильные дороги. – 1986. – Вып. №5. – С.13-15.
2. *Друкований М.Ф., Матвеев С.В., Б.Б. Корчевський.* Армовані основи будівель та споруд. Монографія. - «Універсум - Вінниця», 2006. – С.18-20, 44-51.
3. *Черний Г.І., Ковальський Р.К.* Особливості визначення напружено-деформаційного стану армованих ґрунтових основ з використанням методу кінцевих елементів // Будівельні конструкції. – 2001. – Вип. №55. – С. 160.
4. *Споруди транспорту.* Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008 – К. Державна служба автомобільних доріг (Укравтодор), 2008. – С. 11-19.
5. *"Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах"* (к СНиП 2.05.02-85)". – М. Росавтодор, 2004.
6. *Евгеньев И.Е., Казарновский В.Д.* Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. – М.: Транспорт, 1976.
7. *Кузахметова Э.К.* Основы прогноза осадки высоких насыпей при использовании глинистых грунтов с влажностью выше оптимальной. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – М., МАДИ, 1997.
8. *"Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах"* (к СНиП 2.05.02-85)". – М. Росавтодор, 2004. – С.53-55.
9. *Черный Г.И., Шокарев В.С.* Некоторые аспекты теории прочности и несущей способности армированного грунта // Будівельні конструкції. – 2001. – Вип. №55. – С. 178.
10. *Черний Г.І., Ковальський Р.К.* Особливості визначення напружено-деформаційного стану армованих ґрунтових основ з використанням методу кінцевих елементів. //Будівельні конструкції. – 2001. – Вип. №55. – С. 172.
11. *"Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах"* (к СНиП 2.05.02-85)". – М. Росавтодор, 2004. – С.102-105.