

УДК 625.1

МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АРМУВАННЯМ

В. В. Ковальов, к. т. н., доц.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна*

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними задачами. При проектуванні залізничних та автомобільних насипів виникає необхідність вирішення задач забезпечення нормованої стійкості укосів. Питання забезпечення стійкості укосів земляного полотна стають ще більш актуальними при необхідності проектування для складних умов будівництва. Також при проектуванні необхідно враховувати перспективне підвищення швидкості рухомого складу та підвищення провізної спроможності залізниці, що також негативно впливає на стійкість земляного полотна.

Одним з ефективних та економічних способів підвищення стійкості укосів земляного полотна – є армування ґрунтів геоматеріалами.

Аналіз досліджень і публікацій. Підвищення стійкості та надійності ґрунтових споруд армуванням достатньо широко розповсюджено за кордоном [1]. Нажаль не дивлячись на нормативні і рекомендаційні документи, та проведені науковцями дослідження [2-8], в Україні та інших країнах СНД не достатньо широко застосовується армування земляного полотна.

Метою статті є дослідження можливостей забезпечення надійності залізничного та автомобільного земляного полотна шляхом армування штучними матеріалами.

Виклад матеріалів досліджень. Для підвищення стійкості ґрунтових транспортних споруд застосовують різноманітні види геосинтетичних матеріалів, класифікація яких наведена на рисунку 1 [9].

На території України в будівництві застосовуються наступні види геоматеріалів: ARMATEX® G, ARMATEX® M, KORTEX® GT, TYPAR® SF тощо.

Основні характеристики геосинтетичних матеріалів наступні: міцність на розтяг; подовження при розриві; повзучість; міцність на продавлювання; опір розриву; модуль пружності; водопроникність, в напрямку перпендикулярному площині полотна; хімічна стійкість.

Геосинтетичні матеріали виконують такі функції: посилення незв'язних основ, підвищення стійкості схилів, запобігання суфозії, пониження рівня ґрунтових вод, гідроізоляція споруд. Для армування основ використовуються в основному ткани геотекстилі і геосітки, які є більш міцними в порівнянні з нетканими геотекстильними матеріалами і володіють меншим подовженням при навантаженні.

На рисунку 2 наведені запатентовані за кордоном варіанти підвищення стійкості ґрунтових споруд армуванням.

Принцип роботи геосіток полягає в тому, що при ущільненні грубозернистого насипаного на геосітку матеріалу відбувається часткове проникання цього матеріалу крізь отвори і відбувається зубчасте зачеплення між насипним

матеріалом і геосітці. Це зубчасте зачеплення робить можливим стійкість сітки проти горизонтального зміщення насипного матеріалу, запобігає переміщення вгору частинок. Зубчасте зачеплення створює жорстку на вигин платформу, яка рівномірно розподіляє навантаження. Ефект зубчастого зачеплення подібний до ефекту піраміди з більярдних куль.

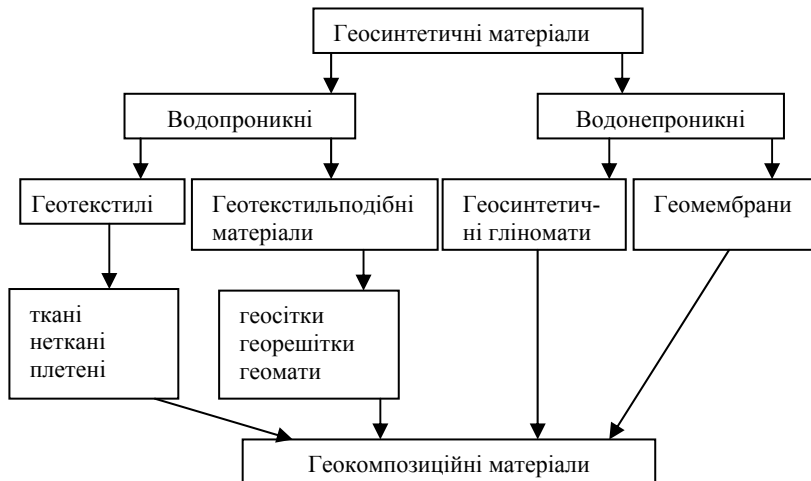


Рис. 1. Класифікація геосинтетичних матеріалів

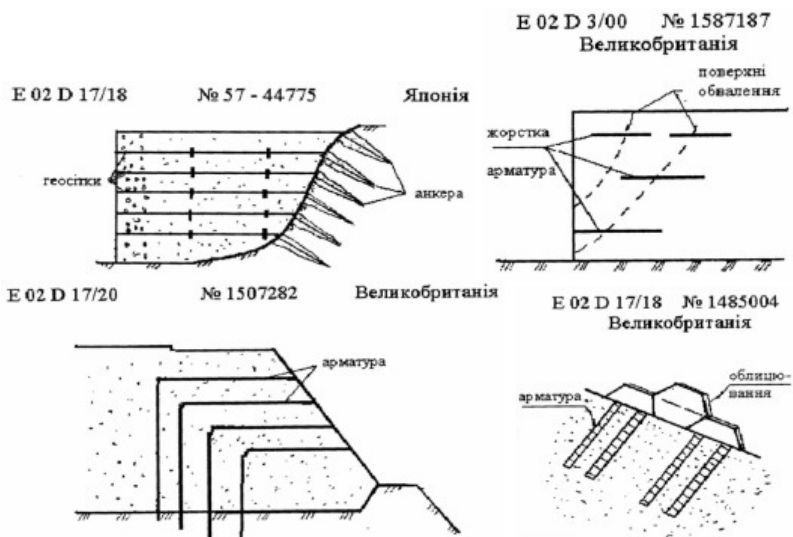


Рис. 2. Запатентовані за кордоном армогрунтові споруди

Однією з поширених конструкцій для підвищення стійкості земляного полотна є контрбанкети.

Для зменшення обсягу ґрунту при будівництві контрбанкету та збільшення сил опору зсуву по його контакту з основою застосовують армування (рис. 3).

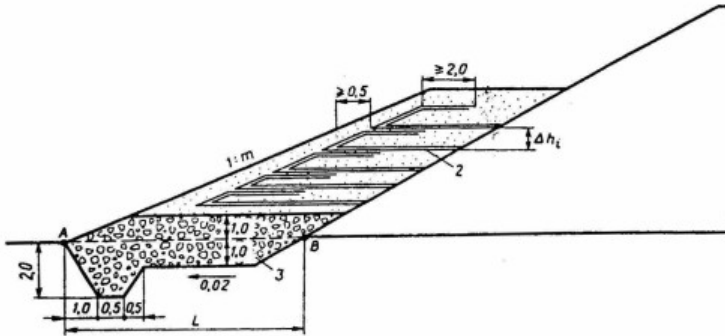


Рис. 3. Армований контрбанкет

Також перспективною конструкцією, що застосовується для збільшення стійкості земляного полотна є армоґрунтова стіна (рис. 4). ґрунтова стіна представляє собою масив дренованого ґрунту, армованого всередині металевою сіткою або геотекстилем. При проектуванні армованої стіни необхідно враховувати тиск по підшві стіни.

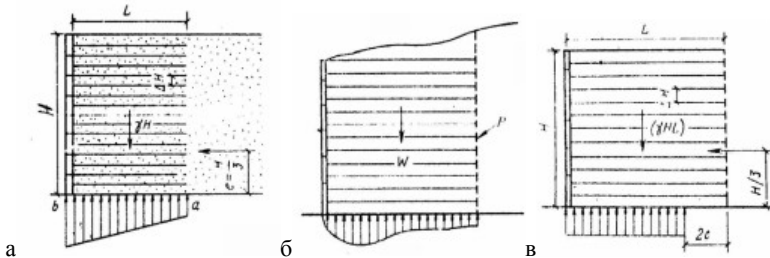


Рис. 4. Розподілення тиску по підшві фундаменту ґрунтової споруди: а – трапецеїдальне; б – ймовірне; в – по Мейєрхофу

Розрахунки армованої ґрунтової споруди ведуться в двох основних напрямках: зовнішній аналіз (загальна стійкість) та внутрішній аналіз (локальна стійкість). Методи оцінки внутрішньої стійкості поділяються: методи, в яких розглядається загальна стійкість блоків та призм ґрунту та методи, в яких розглядається локальна стійкість ґрунту поблизу окремого елемента арматури. Методи розрахунку внутрішньої стійкості армованих споруд засновані на класичних методах граничної рівноваги.

При розгляданні поверхні ковзання по методу клина Кулона, сума розтя-

гуючих зусиль в армуючих елементах виражається формулою:

$$\sum T = \sqrt{\frac{(F - tg\beta' \cdot tg\varphi')}{(ctg\beta' \cdot tg\varphi' + 1)}} \cdot \gamma \cdot H^2, \quad (1)$$

де φ' – кут внутрішнього тертя ґрунту по арматурі;

F – коефіцієнт запасу;

H – повна висота армованої споруди;

β' – кут нахилу потенційної площі руйнування до вертикалі.

Якщо розглядати рівновагу моментів всіх сил (по Кулону) викликаних тиском ґрунту і зусиллями в арматурі, то максимальне розтягуючі зусилля в нижньому шарі арматури розраховуються за виразом:

$$T_{\max} = \left[\frac{n^2}{(n^2 - 1)} \right] \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H \cdot \Delta H, \quad (2)$$

де K_a – коефіцієнт активного тиску ґрунту;

H – висота земляного полотна;

ΔH – відстань між армуючими прошарками;

n – число ефективних шарів армуючих елементів.

Загальний коефіцієнт запасу, виведений з рівноваги сил, визначається за формулою:

$$F_S = \frac{4 \cdot B \cdot \mu \cdot \Delta H}{K_a \cdot H^2} \sum_{i=N}^n i \cdot [L - (n - i) \cdot \Delta H \cdot tg(45 - \varphi' / 2)] \quad (3)$$

де B – ширина елемента арматури;

L – довжина елемента арматури.

При розгляді рівноваги моментів щодо підшви стіни:

$$F_S = \frac{12 \cdot B \cdot \mu \cdot H^2}{K_a \cdot H^3} \sum_{i=N}^n (n - i) \cdot i \cdot [L - (n - i) \cdot \Delta H \cdot tg(45 - \varphi' / 2)] \quad (4)$$

При однорідному розподілі нормальних напружень (теорія Ренкіна):

$$F_S = 2 \frac{B \cdot L \cdot \mu}{K_a \cdot \Delta H} \quad (5)$$

Максимальна сила зв'язності на елемент арматури:

$$T = 2B \int_{L-L_r}^L \mu^* \sigma_v \cdot dL, \quad (6)$$

де μ^* – коефіцієнт зв'язності між арматурою і ґрунтом:

$\mu^* = \mu_0 [1 - (h / h_0)] + h / h_0 \cdot tg\varphi$ для $h \leq h_0 = 6$ м;

$\mu^* = tg\varphi$ для $h > h_0 = 6$ м

Для шершавої арматури коефіцієнт μ_0 визначається емпірично $\mu_0 = 1,2 + \lg C_u$, для гладкої – $\mu_0 = 0,4$ (C_u – коефіцієнт неоднорідності).

Методи розрахунку споруд з армованого ґрунту розвиваються в даний

час в трьох основних напрямках [6]:

– армогрунт розглядається як анізотропна середа з узагальненими деформативними характеристиками, розрахунок якої ведеться звичайними методами теорії пружності і пластичності;

– роздільно враховується робота армуючих елементів, що сприймають розтягуючі зусилля, і ґрунту, працюючого на стискаючі і зсувні навантаження;

– армований шар ґрунту являє собою деякий несучий елемент, включений у пружно-пластичної півпростір, характеристики якого визначаються з урахуванням спільної роботи арматури і приєднаної маси ґрунту.

Висновки.

1. Треба продовжувати наукові дослідження впливу армуючих матеріалів на стійкість ґрунтових транспортних споруд, а також вплив армування на взаємодію транспортних засобів та земляного полотна.

2. Необхідно в подальшому вивчати властивості геоматеріалів та розроблювати нові їх типи, з ціллю більш раціонального їх підбору для заданих умов будівництва та експлуатації.

Список использованных источников

1. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта; [Пер. с англ. В.С. Зававина] / К.Д. Джоунс. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
2. Рекомендации по совершенствованию методов конструирования и технологии повышения общей устойчивости конусов и откосов земляного полотна (для опытного применения) // Гипродорнии. – М.: ЦБТНИ Минавтодора РСФСР, 1987. – 67 с.
3. ВСН 205-87. Ведомственные строительные нормы. Проектирование земляного полотна железных дорог из глинистых грунтов с применением геотекстиля. – М.: ЦНИИС, 1987. – 140 с.
4. Технические указания по применению нетканых материалов для усиления земляного полотна: ЦП-4591 / МПС СССР, Главное управление пути. — М.: Транспорт, 1989. – 47 с.
5. Бизман О. Устройство сооружений из армированного грунта: дисс. ... канд. техн. наук / Бизман Огюстен. – Минск, 1984. – 155 с.
6. Тимофеева Л.М. Армированные грунты. Теория и практика применения. / Тимофеева Л.М. – Пермь. Перм. политехн. институт. – 1991. – 478 с.
7. Свинцов Е.С., Шмелев В.А. Армогрунтовые конструкции на октябрьской дороге // Путь и путевое хозяйство – 2004. – №3. – С. 32-33.
8. Менейлюк А.И. Результаты экспериментальных исследований устойчивости земляных откосов, армированных геотекстилем ТУРАР SF / А.И. Менейлюк, А.В. Федорук // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСА, 2006. – Вып. 37. – С. 300-304.
9. Федорашко И.Я. Геосинтетические материалы в дорожном и гидротехническом строительстве / Федорашко И.Я. – К.: Евроизол ООО, 2002. – 42 с.