

УДК 625.725

**КОРОЛЬКОВ Р.О., к.т.н.,**  
*Донецька академія автомобільного транспорту*

## **ОБГРУНТУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ ПРОШАРКІВ ДЛЯ АРМУВАННЯ УКОСІВ НАСИПІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

*Розглянуто розрахунок необхідного армування укосів насипів автомобільних доріг геосинтетичними матеріалами. Розрахунок ведеться з урахуванням взаємодії армуючого прошарку з ґрунтом насипу та зміни напружено-деформованого стану насипу під час спорудження.*

**Ключові слова:** армування, геосинтетичний матеріал, ґрунт, насип, напружено-деформований стан.

### **Постановка проблеми**

За останні роки армоґрунтові конструкції із застосуванням геосинтетичних матеріалів набули широкого розповсюдження у всіх країнах світу, а також широко застосовуються в дорожньому та цивільному будівництві України. Використання армування ґрунтів дозволило отримати нові конструкції з високою несучою здатністю до статичних та динамічних напружень, які отримали широке розповсюдження при підвищенні стійкості ґрунтових масивів.

Використовуючи армоґрунт, можна досягти значної економії в затратах на будівництво, наприклад, внаслідок скорочення обсягів земляних робіт, звуження смуги відведення, зменшення довжини водопропускних труб, використання місцевих некондиційних ґрунтів. Армоґрунт є композитним матеріалом, міцнісні характеристики якого залежать від ступеня взаємодії армуючого прошарку і ґрунту насипу. Геосинтетик сприймає тиск і розподіляє його на підстильний ґрунт. У дорожній галузі основними ґрунтовими спорудами є насипи. Першочергове значення при їх облаштуванні має стійкість таких споруд, особливо, їх укосів. На автомобільних дорогах загального користування України, найбільша кількість насипів розташована на дорогах II категорії в діапазоні висот від 6 м до 10 м. Як показує аналіз стану цих насипів, середній відсоток деформацій на них становить 31,1 %. Основний вид деформацій (понад 70 %) – це деформації узбіч, розмиви і зсуви укосів насипів. Тому забезпечення стійкості укосів насипів за допомогою застосування геосинтетичних матеріалів є актуальною задачею. Як свідчить практика, існують випадки руйнування армоґрунтових конструкцій. Це пов'язано з недостатнім вивченням процесів взаємодії ґрунту насипу та армуючого прошарку.

Теоретично, втрата стійкості армованого укосу може виникнути в двох випадках: при втраті міцності армуючого прошарку через граничні розтягуючі зусилля (розрив прошарку) або внаслідок недостатнього зчеплення ґрунту з армуючим прошарком (проковзування прошарку по ґрунту).

### **Аналіз останніх досліджень за тематикою дослідження**

Вивчення властивостей геосинтетичних матеріалів і їх взаємодії з армуючим середовищем і сьогодні є актуальною темою, незважаючи на велику кількість досліджень вчених різних країн.

Останніми науковими роботами в області армування ґрунтових масивів в Україні є у 2004 році дисертації О.Ю. Усиченко і Р.К. Ковальського, у 2005 році монографія О.А. Рубана і у 2006 році дисертація А.В. Федорука.

Робота Р.К. Ковальського присвячена армуванню основ споруд, тому не стосується нашої тематики. Робота О.А. Рубана є досить цікавою, але питання більше присвячені стійкості насипів залізничних доріг із їх специфікою та передумовою розрахунків є деформована основа.

Усиченко О.Ю. у своїй роботі розробила метод розрахунку внутрішньої стійкості підпірних конструкцій різних типів, армованих геосинтетиками. Обґрунтувала та розробила методику визначення розтягуючого зусилля в геосинтетичному армуванні при двох моделях роботи армогрунтової підпірної стінки з урахуванням додаткового навантаження на поверхні ґрунтової засипки та методику визначення довжини закладення прошарку в нерухому частину ґрунтового масиву і довжини закладення геосинтетичних обойм.

Робота є досить змістовною, але стосується підпірних стін з врахуванням специфіки їх роботи і не враховує технологічних особливостей спорудження армованого насипу.

Однією з останніх наукових робіт, що присвячені застосуванню геосинтетичних матеріалів при армуванні укосів насипів, а також у якій зроблена спроба врахування технологічних параметрів є робота Федорука А.В.

У роботі на моделях в лабораторних умовах отримані наступні залежності:

- впливу параметрів армування укосів геотекстилем Турар SF на величину навантаження, що відповідає втраті стійкості укосу;
- впливу параметрів армування укосу геотекстилем Руно на навантаження, що відповідає втраті стійкості укосу.

У якості технологічних факторів розглядалися: довжина заведення геоматеріалу за криву ковзання, висота армованого шару і кількість армованих шарів.

На нашу думку, виконані дослідження мають інтерес тільки для попередніх розрахунків, оскільки в одному із висновків по роботі зазначено: «Встановлено можливість збільшення показників стійкості укосів у розглянутих межах зміни технологічних параметрів:

- в 1,08-1,94 рази при зміні довжини заведення армуючого полотна за криву ковзання від 0 до 200 мм;
- в 1,005-1,92 рази при зміні вертикального кроку армування від 70 мм до 50 мм;
- в 1,08-2,06 рази при зміні кількості армованих шарів від 5 до 1».

### Мета статті

Отримання залежностей для розрахунку необхідного армування укосів насипів автомобільних доріг, з урахуванням характеру взаємодії прошарку з ґрунтом та зміну напруженого стану земляного полотна під час спорудження насипу.

### Основна частина

Для знаходження необхідної кількості армуючих геосинтетичних прошарків потрібно вибрати вид матеріалу для армування. За рекомендаціями [1] це повинні бути геотекстилі тканинні та геограти (для первинного армування) з міцністю на розтяг від 20 кН/м з поліестерових, поліпропіленових чи арамідних волокон.

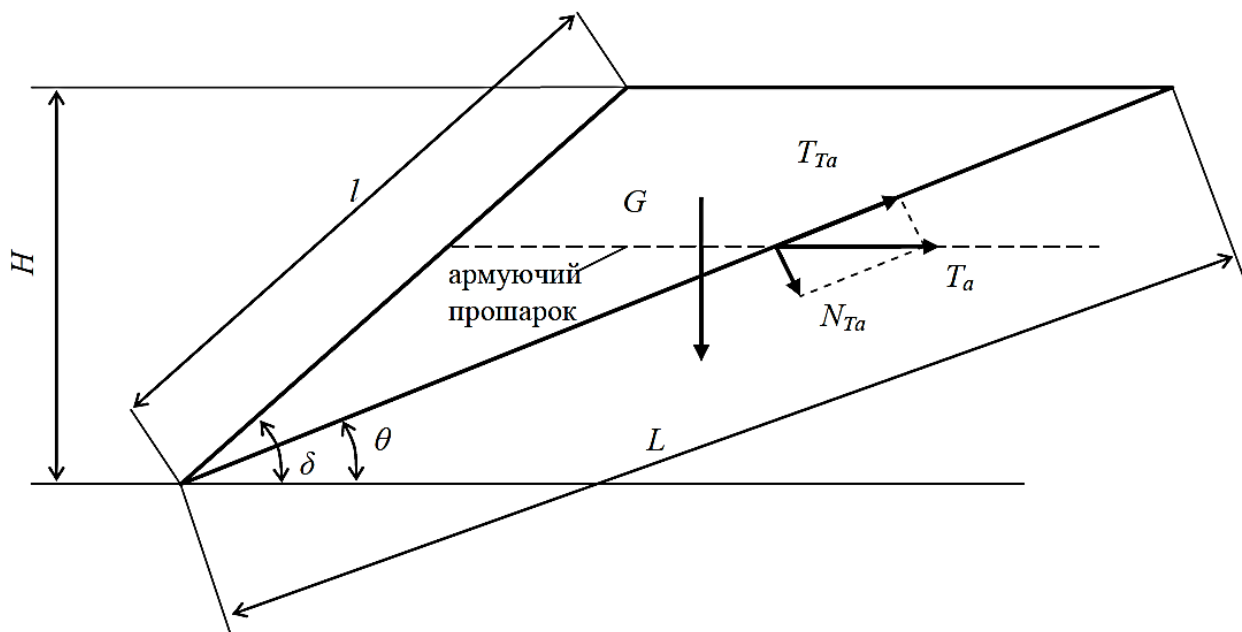
Визначившись з видом геосинтетика, приймають його довготривалу міцність.

Формула для знаходження необхідної кількості армуючих геосинтетичних прошарків має вигляд:

$$N_{\text{арм}} = \frac{T_a}{T_d}, \quad (1)$$

де  $T_a$  – загальне зусилля, що виникає в армуванні (див. рис. 1);

$T_d$  – розрахункова міцність геосинтетика для первинного армування.



**Рис. 1. Схема до визначення реакції геосинтетичного прошарку**

Припускаємо, що укіс знаходиться в стані граничної рівноваги.

Знаходимо  $T_a$  виходячи з того, що рівновага по елементарній площині зсуву визначається рівністю сил утримуючих і зсуваючих по поверхні ковзання.

$$T_a = \frac{\gamma \cdot H^2 \cos \theta \cdot \sin \theta (1 - \operatorname{ctg} \delta \cdot \operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta + \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{ctg} \delta)}{2 \cdot \sin \theta (\cos \theta + f_{ds} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \theta)}, \quad (2)$$

де  $\gamma$  - щільність ґрунту;

$H$  - висота насипу;

$\varphi$  - кут внутрішнього тертя ґрунту;

$\theta$  - кут нахилу поверхні ковзання;

$\delta$  - кут закладання укосу;

$f_{ds}$  - коефіцієнт проковзування ґрунту насипу по геосинтетичному матеріалу.

Відстань між армуючими прошарками знайдемо, виходячи із висоти насипу  $H$ :

$$d_a = \frac{H}{N_{\text{арм}}} \quad (3)$$

Достатню кількість армуючих прошарків з умови забезпечення відсутності проковзування ґрунту між армуючими елементами в активній зоні насипу знайдемо із умови, вихідні дані якої наведені на рис. 2.

Опір зсуваючим зусиллям буде:

$$\tau_{\text{зсув}} = \sigma_z^* f_{ds} \operatorname{tg} \varphi, \quad (4)$$

де  $\sigma_z^*$  - нормальне напруження на рівні армування.

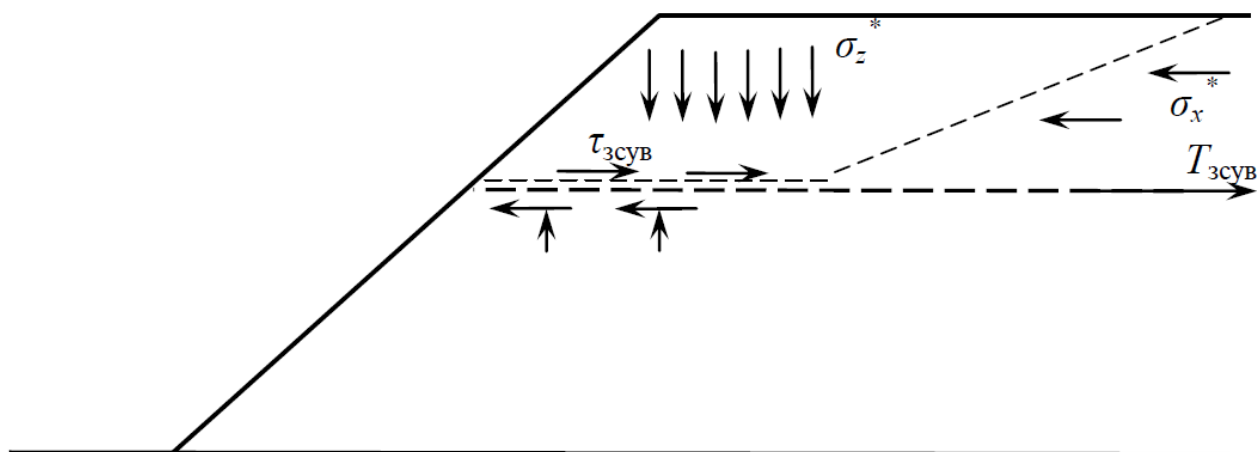


Рис. 2. Схема до визначення опору зсуваючим зусиллям із умови проковзування ґрунту по геосинтетичному прошарку

Сила опору армуючих прошарків із умови проковзування ґрунту над або між ними

$$T_{зсув} = L_{пр.обв} \cdot B_{пр.обв} \cdot \tau_{зсув}, \quad (5)$$

де  $L_{пр.обв}$ ,  $B_{пр.обв}$  – відповідно довжина та ширина геосинтетичного прошарку у призмі обвалення на рівні його закладання.

Для насипів [2] пропонується наступна залежність для знаходження коефіцієнта активного бокового тиску:

$$k'_{акт} = \frac{[tg(90 - j + \beta') - tg(90 - j)] \cdot \sin(j - \beta' - \phi')}{\sin(\beta' + \phi')} \quad (6)$$

де  $j$ ,  $\beta'$ ,  $\phi'$  – кути наведені на рис. 3;

$\phi'$  – кут внутрішнього тертя ґрунту.

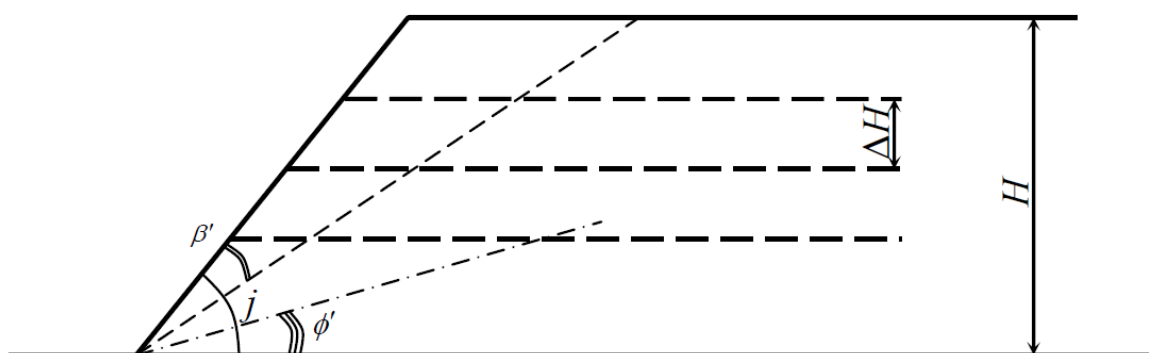


Рис. 3. Схема до розрахунку коефіцієнта активного бокового тиску з врахуванням кута закладання укосу

Або знаючи кут нахилу поверхні ковзання –  $\theta$  (див. рис. 1), коефіцієнт активного бокового тиску для насипу з кутом закладання укосу  $\delta$  буде:

$$k'_{акт} = \frac{[tg(90 - \theta) - tg(90 - \delta)] \cdot \sin(\theta - \phi)}{\sin(\delta - \theta + \phi)} \quad (7)$$

Забезпечення необхідної кількості армуючих прошарків за умови виключення проковзування ґрунту над (під) або між армуючими елементами в активній зоні насипу буде:

$$T_{\text{зсув}} > k'_{\text{акт}} \cdot d_a \cdot \sigma_z^* \quad (8)$$

### Висновки

Таким чином, при розрахунку кількості армуючих прошарків, необхідно враховувати не тільки зусилля які виникають в геосинтетичному матеріалі, але і характер взаємодії прошарку з ґрунтом (враховується крефіцієнтом  $f_{ds}$ ) та зміну напруженого стану земляного полотна під час спорудження насипу ( $\sigma_z^*$ ).

### Список літератури

1. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008. – К.: Укравтодор, 2008. – 126 с.
2. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта: Пер. с англ. В.С. Забавина; под ред. В.Г. Мельника / К.Д. Джоунс – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.

**Корольков Р.А. Обоснование количества геосинтетических прослоек для армирования откосов насыпей автомобильных дорог**

*Аннотация.* Рассмотрен расчет необходимого армирования откосов насыпей автомобильных дорог геосинтетическими материалами. Расчет ведется с учетом взаимодействия армирующей прослойки с грунтом насыпи и изменения напряженно-деформированного состояния насыпи при ее возведении.

**Ключевые слова:** армирование, геосинтетический материал, грунт, насыпь, напряженно-деформированное состояние

**Korolkov R.A. Regulates quantity justification geosynthetic layers for reinforcing of slopes of embankments of highways**

*Abstract.* Calculation of necessary reinforcing of slopes of embankments of highways is considered by geosynthetic materials. Calculation is conducted taking into account interaction of a reinforcing layer with soil of an embankment and change intense the deformed condition of an embankment at its construction.

**Keywords:** reinforcing, geosynthetic material, soil, an embankment, intense the deformed state

Стаття надійшла до редакції 06.09.2013 р.