

**ВПЛИВ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА СТІЙКІСТЬ АРМОГРУНТОВИХ СТІН ДО ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ**

**THE INFLUENCE OF GEOSYNTHETIC MATERIALS ON THE RESISTANCE OF REINFORCED SOIL WALLS TO HORIZONTAL MOVEMENTS**



*Фоменко Олена Олександрівна, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, асистент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: [lensanfom@ukr.net](mailto:lensanfom@ukr.net), тел. +380501070802,*

<https://orcid.org/0000-0002-4429-1706>



*Седов Андрій Віталійович, кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: [avs.1708@ukr.net](mailto:avs.1708@ukr.net), тел. +380503011475,*

<https://orcid.org/0000-0002-7879-6614>

**Анотація.** У статті розглянуті конструкції армогрунтових стін з використанням різних типів армуючих елементів. Визначено, що геосинтетичні матеріали більш стійкі до вологості і агресивності середовища, проте вони чутливі до зміни температури і мають здатність деформуватися під навантаженням. Один з механізмів руйнування армогрунтових стін пов'язаний з недостатньою довжиною армуючого елемента. Аналіз досліджень показав, що залежно від властивостей геосинтетичних матеріалів змінюється і величина розподілу переміщень. Вони можуть супроводжуватися утворенням на верху стіни тріщин відриву та нерівномірними по висоті, горизонтальними переміщеннями лицьової частини армогрунтової стіни. В роботі проаналізовані результати оцінки деформації в залежності від фізико-механічних характеристик матеріалів, що застосовуються в конструкції армогрунтових стін, які показали, що найбільший вплив на величину горизонтальних переміщень лицьової частини оказує кут внутрішнього тертя ґрунту заповнювача і осьова жорсткість геосинтетичного матеріалу. Застосування в конструкції армогрунтових стін георешіток з еліптичною формою осередків істотно впливає на величину напруги висмокування.

**Ключові слова:** армогрунтова стіна, геосинтетичні матеріали, руйнування, горизонтальне переміщення, кут внутрішнього тертя.

**Вступ.**

На стійкість земляного полотна впливає багато чинників. Одним з основних, а в більшості випадків головним фактором є вода, вплив якої змінює стан ґрунту та його характеристики міцності [1].

Зі збільшенням висоти насипу підвищується ймовірність її деформації. Так близько 30 % довгостроково експлуатованих насипів заввишки 10-12 м нестійкі, а насипи аввишки понад більше

12 м майже всі зазнавали деформацій [1]. Причому деформації на високих насипах періодично повторюються [1, 2].

В якості противодеформаційних заходів, які спрямовані на стабілізацію та посилення насипів, найбільшого поширення набули армогрунтові підпірні стіни. До переваг їх використання можна віднести наступне [3, 4]:

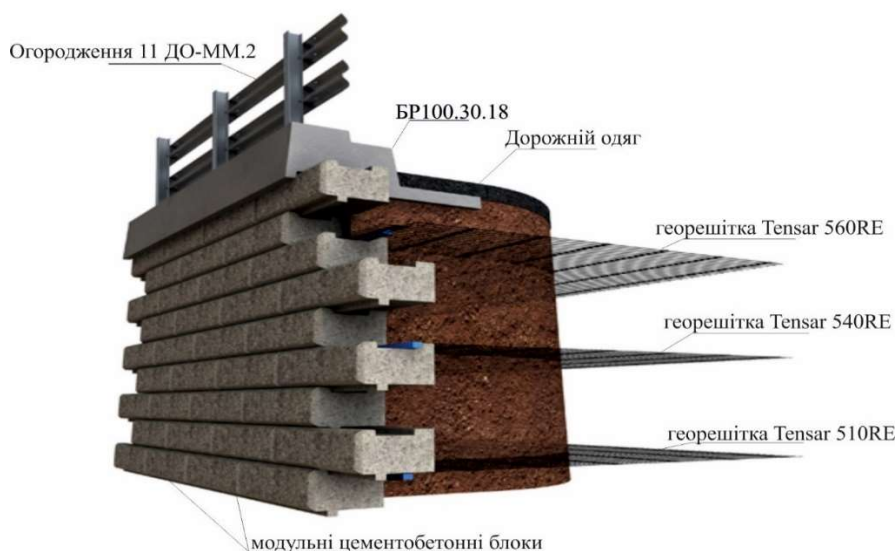
- скорочення кількості дренажного ґрунту, оскільки відпадає необхідність відсипання укосу;
- при посиленні земляного полотна у зоні водопропускних труб різко скорочуються обсяги їх збільшення;
- можливість влаштування стіни в обмежених умовах, у тому числі без перенесення розташованих поруч із земляним полотном об'єктів комунікацій та інфраструктури;
- зниження площі займаної землі, необхідної при влаштуванні споруди, особливо це актуально при розташуванні дороги у великих містах;
- при спорудженні не потрібна спеціальна техніка, використовуються ті самі машини та механізми, що й при спорудженні контрбанкетів.

В даний час в умовах ринкової економіки всі ці переваги стають все більш актуальними, що робить армогрунтові стіни все більш затребуваними.

#### Виклад основного матеріалу.

У конструкції армогрунтових стін використовуються різні типи армуючих елементів та облицювання, які комбінуються між собою. Армуючі елементи можна розділити на дві основні групи:

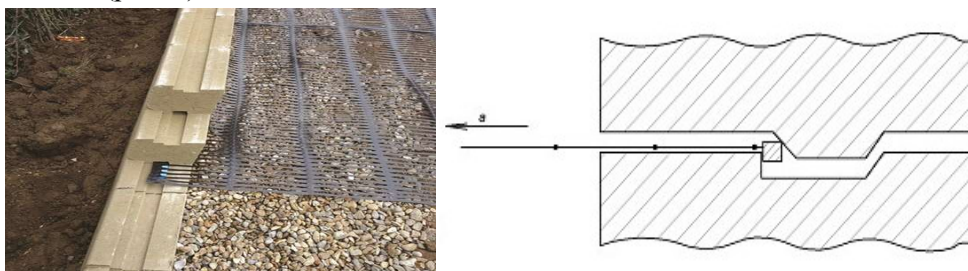
- металеві смуги та сітки;
- геосинтетичні матеріали: геосітки, георешітки, геотекстильні матеріали (рис.1).



**Рисунок 1** – Конструкція підпорної стінки з армованого ґрунту  
**Figure 1** – Construction of a retaining wall made of reinforced soil

У групах є свої переваги та недоліки. Так металеві армуючі матеріали мають здатність до корозії, що різко може скоротити термін служби споруди. Але вони мало деформуються під навантаженням, тобто, не подовжуються. Геосинтетичні матеріали більш стійкі до вологості і

агресивності середовища, проте вони чутливі до зміни температури і мають здатність деформуватися під навантаженням (рис. 2).



**Рисунок 2 – З'єднання блоків облицювання з геосинтетичним армуючим матеріалом**  
**Figure 2 – Connection of facing blocks with geosynthetic reinforcing material**

Так щоб уникнути великих деформацій застосовуються геосинтетичні матеріали, у яких подовження при розриві становить не більше 15 %.

Нині геосинтетичні армуючі матеріали повністю витіснили металеві. В якості ґрунту заповнювача армоґрунтових стін на дорогах поки використовують тільки дрінуючі ґрунти: піски і піщано-гравійні суміші.

Один із механізмів руйнування армоґрунтових стін пов'язаний з недостатньою довжиною армуючого елемента та відсутністю дренажу [4].

На основі аналізу досліджень [5] механізм руйнування армоґрунтової стіни, армованої геосинтетичними матеріалами можна представити наступним чином: через недостатню довжину армування, у верхній її частині утворюються тріщини відриву, потім на лицьовій частині стіни відбуваються горизонтальні переміщення за рахунок видавлювання облицювання. У зоні максимальних горизонтальних переміщень, під дією активного тиску ґрунту, видавлюється один із блоків, а потім всі інші (рис. 3).

Аналіз досліджень показав, що залежно від жорсткості облицювання змінюється і величина розподілу переміщень за висотою [5]. Інтенсивні деформації армоґрунтових стін відбуваються в основному в період будівництва та в початковий період експлуатації, а потім відзначається тенденція до їх загасання. Найбільш критичними є горизонтальні деформації. На характер і величину розподілу горизонтальних деформацій в армоґрунтовій стіні впливає [6, 7]:

- жорсткість армуючого елемента;
- довжина армування, тобто, ширина стіни;
- фізико-механічні властивості ґрунту заповнювача;
- тип облицювання.

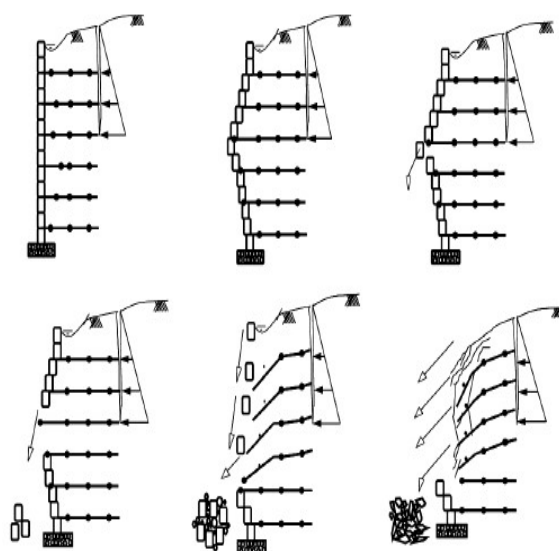
При висмикуванні георешіток із ґрунту виділяють три основні механізми взаємодії [7]:

- тертя частинок ґрунту по поверхнях георешітки;
- тертя та заклинювання частинок ґрунту в осередках георешітки;
- пасивний опір передньої частини поперечних ребер георешітки.

Що стосується геотекстилю, то для нього характерний лише один механізм – це тертя частинок ґрунту по плоскій поверхні матеріалу.

Перша група факторів, що визначається параметрами зразка ґрунт – геосинтетичний матеріал, описується в роботах Jewell [9], Palmeira і Milligan [8], Dyer [10], Moraci N., Meyer [11] до неї відносяться:

- форма та геометричні характеристики геосинтетичного матеріалу (площа поверхні, розмір осередків, товщина, форма та жорсткість поперечних ребер);
- здатність геосинтетичного матеріалу подовжуватися під навантаженням;
- вологість, щільність ґрунту та середній розмір його частинок.

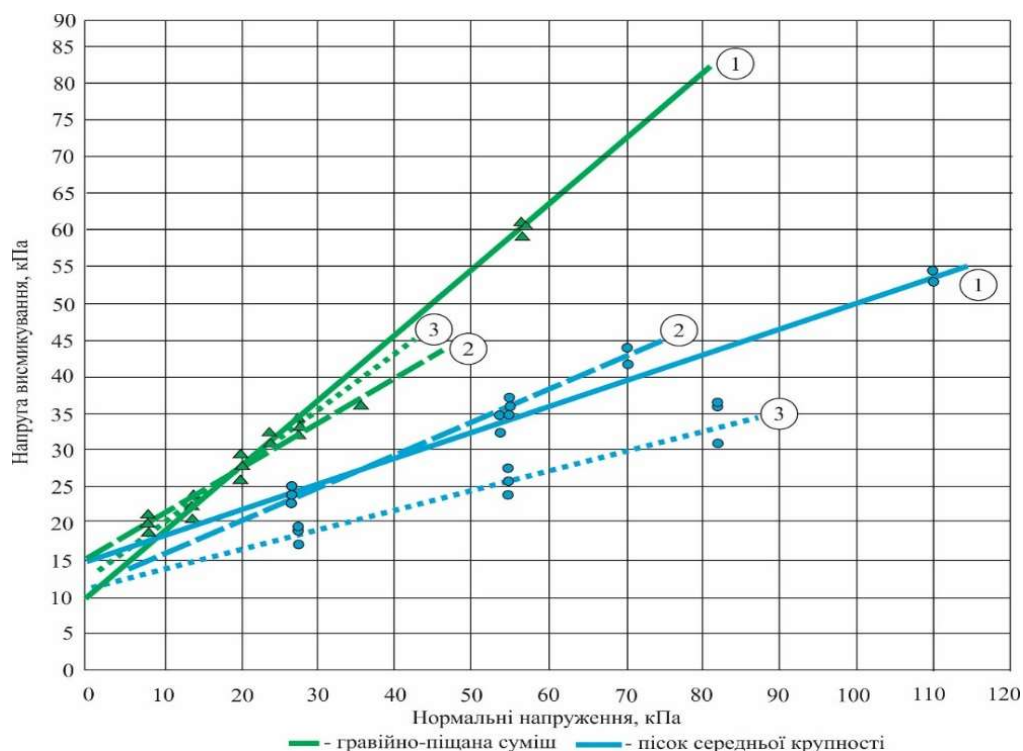


*Рисунок 3* – Етапи руйнування армоґрунтової стіни з блоків, армованої геосинтетичними матеріалами [6]

*Figure 3* – Stages of destruction of a reinforced soil wall made of blocks, reinforced with geosynthetic materials [6]

Зі збільшенням щільності ґрунту збільшується і коефіцієнт взаємодії при висмикуванні, незалежно від характеристик геосинтетичного матеріалу.

До другої групи належить величина зовнішнього навантаження – вертикального тиску, що впливає на зразок ґрунт – геосинтетичний матеріал, що впливає на напружено-деформований стан (рис. 4).



1 – одновісні георешітки з поліетилену високої щільності з еліптичною формою осередків; 2 – двовісні ткані георешітки з квадратною формою осередків із високоміцних ниток із захисним полімерним покриттям; 3 – геотекстиль тканий із високоміцних поліефірних ниток

**Рисунок 4** – Залежність напруг висмикування, від нормальних напружень, що діють на поверхні ґрунт – геосинтетичний матеріал

**Figure 4** – Dependence of pullout stresses on normal stresses acting on the surface of the soil - geosynthetic material

При висмикуванні георешітки на поверхнях матеріалу відбувається зсув ґрунту по ґрунту в осередках і зсув ґрунту по поверхні георешітки.

Застосування конструкції армоґрунтових стін георешіток як із еліптичної, і квадратної формою осередків (з розмірами отворів трохи більше 220 мм) істотно впливає на величину напруги висмоктування.

### Висновки.

Аналіз причин та їх комбінацій, дали можливість віднести до основних, що призводять до втрати стійкості або значних деформацій армоґрунтових стін, такі: недостатня міцність ґрунту заповнювача; недостатня міцність та жорсткість геосинтетичного армуючого матеріалу; недостатня довжина армування та ширина стіни; відсутність чи неефективність роботи дренажної системи. Інтенсивні деформації армоґрунтових стін відбуваються в основному в період будівництва та в початковий період експлуатації, а потім відзначається тенденція до їх загасання. Найбільш критичними є горизонтальні деформації. Вони можуть супроводжуватися утворенням на верху стіни тріщин відриву та нерівномірними по висоті, горизонтальними переміщеннями лицьової частини армоґрунтової стіни. Проведений аналіз результатів оцінки деформації в залежності від фізико-



механічних характеристик матеріалів, що застосовуються в конструкції армогрунтових стін, показав, що найбільший вплив на величину горизонтальних переміщень лицьової частини оказує кут внутрішнього тертя ґрунту заповнювача і осьова жорсткість геосинтетичного матеріалу.

#### **Перелік посилань**

1. Гуртіна Л.Г., Хлапук М.М., Шумінський В.Д. Застосування армування ґрунтових споруд в гідротехнічному та цивільному будівництві. Гідроенергетика України, 1—2/2019. С.72-75
2. Усиченко О.Ю., Харін П.Л. Використання армогрунтових конструкцій тенсар на слабких перезволожених ґрунтах. URL: [http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi\\_i\\_stroitelstvo/95/096-103.pdf](http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/096-103.pdf) (дата звернення: 18.09.2023).
3. ГБН В.2.3-218-548:2010 Споруди транспорту. Армогрунтові підпірні стінки для автомобільних доріг. [Чинний від 2011-04-01] Від. офіц. Київ 2010. 38 с.
4. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги. [Чинний від 2015-05-01] Від. офіц. Київ, 2014. 147 с.
5. Усиченко О.Ю. Визначення зусиль в геосинтетичних полотнах при армуванні зворотної засипки армогрунтових підпірних стін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2003. – Вип. 67 - С. 147-154.
6. Петрович В.В. Розробка математичної моделі розрахунку армованих ґрунтових підпірних стінок і укосів. URL: [https://eprints.kname.edu.ua/3901/1/217-224\\_%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/3901/1/217-224_%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf) (дата звернення: 18.10.2023).
7. Усиченко О.Ю. Огляд експериментальних досліджень по вивченню армувального ефекту геосинтетиків у дорожніх одягах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2001. - Вип. 62. – С.66-74.
8. Palmeira E.M. Scale and other factors affecting the results of pull-out tests of grids buried in sand / Palmeira E.M., Milligan G.W.E. // Geotechnique. 1989. № 39(3). – pp. 511-524.
9. Jewell R. A. Reinforcement bond capacity / Jewell R. A. // Geotechnique. 1990. № 40 (3). pp. 513-518.
10. Dyer M.R. Observation of the stress distribution in crushed glass with applications to soil reinforcement: PhD. Thesis, University of Oxford, UK. 1985. 222 p.
11. Meyer N. Influence of confining pressure, soil density and types of geogrids on soil-geogrid interaction coefficient / Meyer N., Nernheim A., Emersleben A. // International e-Conference “Modern Trends in Foundation Engineering: Geotechnical Challenges and Solutions”. 2003. pp. 221-236.

#### **THE INFLUENCE OF GEOSYNTHETIC MATERIALS ON THE RESISTANCE OF REINFORCED SOIL WALLS TO HORIZONTAL MOVEMENTS**

**Olena Fomenko**, Kharkiv National Automobile and Road University, assistant of the department of road construction and operation, e-mail: [lensanfom@ukr.net](mailto:lensanfom@ukr.net), tel. +380501070802, <https://orcid.org/0000-0002-4429-1706>

**Andriy Siedov**, Candidate of Technical Sciences, Kharkiv National Automobile and Road University, Associate Professor of the Department of Highway Construction and Operation, e-mail: [avs.1708@ukr.net](mailto:avs.1708@ukr.net), tel. +380503011475, <https://orcid.org/0000-0002-7879-6614>

**Summary.** The article deals with the construction of reinforced soil walls using various types of reinforcing elements. It was determined that geosynthetic materials are more resistant to moisture and aggressive environments, but they are sensitive to temperature changes and have the ability to deform under load. One of the mechanisms of the destruction of reinforced soil walls is related to the insufficient length of the reinforcing element. The analysis of research showed that depending on the properties of geosynthetic materials, the size of the displacement distribution also changes. They can be accompanied by the formation of cracks at the top of the separation wall and uneven horizontal movements of the front part of the reinforced soil wall. The work analyzed the results of the deformation assessment depending on the physical and mechanical characteristics of the materials used in the construction of reinforced soil walls, which showed that the angle of internal friction of the aggregate soil and the axial stiffness of the geosynthetic material have the greatest influence on the amount of horizontal movements of the front part. The use of geogrids with elliptically shaped cells in the construction of reinforced soil walls has a significant effect on the amount of suction stress.

**Key words:** reinforced soil wall, geosynthetic materials, destruction, horizontal displacement, angle of internal friction.

### References

1. Gurtina L.G., Khlapak M.M., Shuminskyi V.D. Application of reinforcement of earthen structures in hydraulic engineering and civil engineering. *Hydropower of Ukraine*, 1-2/2019. P. 72-75
2. Usychenko O.Yu., Kharin P.L. The use of tensor reinforced soil constructions on weak overmoistened soils. URL: [http://publications.ntu.edu.ua/avtdorogi\\_i\\_stroitelstvo/95/096-103.pdf](http://publications.ntu.edu.ua/avtdorogi_i_stroitelstvo/95/096-103.pdf) (access date: 09/18/2023).
3. GBN V.2.3-218-548:2010 Transport structures. Reinforced soil retaining walls for automobile roads. [Effective from 2011-04-01] From officer Kyiv 2010. 38 p.
4. GBN V.2.3-37641918-544:2014 Motor roads. Application of geosynthetic materials in road structures. Basic requirements. [Effective from 2015-05-01] From officer Kyiv, 2014. 147 p.
5. Usychenko O.Yu. Determination of forces in geosynthetic webs during reinforcement of backfill reinforced soil retaining walls // *Automotive roads and road construction*. – 2003. – Issue 67 - pp. 147-154.
6. Petrovych V.V. Development of a mathematical model for the calculation of reinforced soil retaining walls and slopes. URL: [https://eprints.kname.edu.ua/3901/1/217-224\\_%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/3901/1/217-224_%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf) (access date: 10/18/2023).
7. Usychenko O.Yu. Review of experimental studies on the study of the reinforcing effect of geosynthetics in road clothing // *Automotive roads and road construction*. – 2001. - Issue 62. – P.66-74.
8. Palmeira E.M. Scale and other factors affecting the results of pull-out tests of grids buried in sand / Palmeira E.M., Milligan G.W.E. // *Geotechnique*. 1989. No. 39(3). - pp. 511-524.
9. Jewell R. A. Reinforcement bond capacity / Jewell R. A. // *Geotechnique*. 1990. No. 40 (3). pp. 513-518.
10. Dyer M.R. Observation of the stress distribution in crushed glass with applications to soil reinforcement: PhD. Thesis, University of Oxford, UK. 1985. 222 p.
11. Meyer N. Influence of confining pressure, soil density and types of geogrids on soil-geogrid interaction coefficient / Meyer N., Nernheim A., Emersleben A. // *International e-Conference “Modern Trends in Foundation Engineering: Geotechnical Challenges and Solutions”*. 2003. pp. 221-236.

*Дата надходження до редакції 14.11.2023*