

## АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ГЕОГРАТОК В АРМОГРУНТОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*Усиченко О.Ю.* кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, fbbk@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7482-8420

*Плутус Р.М.* Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, rostmuh@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7319-4094

## ANALYSIS OF STRENGTH PARAMETERS OF POLYMER GEOGRIDS IN REINFORCED SOIL STRUCTURES OF ROADS AND HIGHWAYS

*Usychenko O.Y.* Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, fbbk@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7482-8420

*Plytus R.M.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine, rostmuh@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7319-4094

**Постановка проблеми.** З розвитком науково-технічного прогресу з'являються нові технології та матеріали, які широко застосовуються в будівництві армогрунтових підпірних стін. Одним із варіантів таких технологій є будівництво армогрунтових конструкцій з використанням геосинтетичних матеріалів у якості армування. Основним завданням таких конструкцій є забезпечення стійкості масиву ґрунту. Як правило в якості армуючих прошарків в проектах інженерами пропонуються геогратки різних орієнтацій та різної міцності.

На даний момент на ринку України геограток, що пропонується різними виробниками. Їх механічні характеристики суттєво відрізняється залежно від матеріалів з яких вони виготовлені та способу виробництва. Зважаючи на велику кількість різновидів геограток доцільно проаналізувати їх властивості та механізм роботи залежно від сировини та технології виготовлення.

Відомими вченими та інженерами в галузі геосинтетичних матеріалів Д. Джоунсом [1], Д. Кувано [2], Майком Добі [3] та іншими дослідниками було доведено, що ґрунт, підсилений геогратками утворює новий композитний матеріал, який при значних статичних навантаженнях поводить себе як пластичний матеріал і сприймає напруження без деформацій завдяки сумісній роботі геогратки з ґрунтом. Це забезпечує виконання найважливішої вимоги щодо надійності роботи конструкцій.

Ґрунт має низьку міцність на розтяг, але високу міцність на стиск. Армогрунтова конструкція це композит ґрунту та армуючого прошарку у вигляді геограток різних орієнтацій та міцності. На конструкцію діють навантаження від власної ваги ґрунту та від зовнішніх навантажень на поверхні насипу. Мета армування в конструкції полягає в сприйнятті напружень розтягу та зусиль зсуву, що призводить до зменшення деформацій ґрунту під цією цих сил. Ефект армування подібний до армування бетону металевою арматурою, оскільки поведінка армованого ґрунту під навантаженням аналогічна до композитного матеріалу, що має підвищені міцність на розтяг та опір зсуву.

Армогрунтові підпірні конструкції розраховують різними методами, в основі всіх методів – перевірка на внутрішню та зовнішню стійкість. Співвідношенням утримуючих та зсувних зусиль розраховують коефіцієнт стійкості. Значення коефіцієнта стійкості повинне бути забезпечене в усіх розрахунках не менше, ніж 1,00. Для армуючих прошарків у вигляді геограток, які взаємодіють з ґрунтом та фіксуються в тілі облицювання, значення міцності на розрив є основним до розрахунку на внутрішню стійкість. Проте враховуючи терміни служби транспортних споруд слід враховувати особливості поведінки армуючого матеріалу в довгостроковій перспективі.

Враховуючи вищенаведене, постає питання про довгострокову міцність геограток, оскільки зміна міцності може мати критичний вплив та стійкість всієї конструкції, особливо в складних проектах із значними навантаженнями. Предметом аналізу цієї роботи є порівняння геосинтетичних матеріалів – геограток різних типів, що мають однакові значення міцності на розрив і відрізняються технологією виготовлення, структурою, сировинним матеріалом тощо. Метою даної статті є порівняльний аналіз основної характеристики геограток – значення міцності на розрив порівняно з їх довгостроковою міцністю та поправочних коефіцієнтів, які враховують зміну міцності з плином часу при певних умовах.

**Вирішення проблеми.** Фактор міцності на розрив – значення яке використовують при розрахунках різними методиками для перевірки на внутрішню стійкість армоґрунтових конструкцій. В довгостроковій перспективі зміна міцності залежить від матеріалу сировини та технології виготовлення.

Ткані геосинтетичні матеріали складаються із волокон, які є вразливими до дії таких факторів як рН, гранулометричний склад ґрунту, температура, вологість, наявності кисню та мікроорганізмів. Тканий матеріал з часом швидко втрачає свої механічні властивості та має високі значення відносного видовження при навантаженні. Від типу полімеру з якого виготовлена георатка та кислотності або лужності ґрунту залежить ступінь хімічного руйнування (розривання ланцюгів полімерів, руйнування тканих вузлів полімерів, набухання, втрата складових полімерного з'єднання). Зниження міцності поліестеру та поліефіру за рахунок лужного гідролізу за значення рН більше 10, отже тривалість експлуатації матеріалів з такої сировини підлягає обмеженню. Також через свою ткану основу георатки швидко втрачають свої механічні властивості в агресивному середовищі, тому з ціллю збільшення їх довговічності їх обробляють додатковими захисними матеріалами, що в свою чергу призводить до їх значного удорожчання як виробу. На відміну від Tensar RE 540, який є однорідним виробом та який ніяким чином не піддається хімічному та біологічному впливу.

Вітчизняні нормативні документи [5] регламентують застосування термінів «міцність геосинтетика на розтяг  $R_p$ » та «міцність повзучості при розтягуванні  $R_{cr}$ », причому показник міцності  $R_p$  слід використовувати при розрахунках конструкцій в яких геосинтетики виконують визначені функції на короткотривалій термін або в тимчасових спорудах. В іншому випадку, при розрахунках на довгостроковий термін служби слід використовувати показник міцності  $R_{cr}$ . Для зручності та більшої інформативності в тексті статі пропонується користуватися відповідними термінами «короткотривала» та «довгострокова» міцність на розрив. Значення довгострокової міцності георатки будуть тим більші, чим матеріал більш стійкий до дії таких факторів як ультрафіолетове опромінення, пошкодження під час монтажу, дія хімічного та біологічного впливів. Довгострокова міцність відповідно до [5] визначається або експериментально [6], або шляхом урахування часткових коефіцієнтів запасу по матеріалу, а саме – повзучості матеріалу, пошкодження при влаштуванні, способу з'єднання та впливу зовнішнього середовища ( $A_1, A_2, A_3$  та  $A_4$ , відповідно). Сукупність цих часткових коефіцієнтів це загальний коефіцієнт запасу по матеріалу  $\gamma_3'$  та  $\gamma_3''$ . Їх значення для різних сировинних матеріалів наведено в таблиці 5.13 [5]. Значення коефіцієнтів надається для двох випадків, перший коли розрахункова довгострокова міцність визначається відносно короткотривалої, другий відносно експериментальної довгострокової. Таким чином при відсутності експериментальних даних розрахункова довгострокова міцність геосинтетичного матеріалу визначається шляхом урахування коефіцієнтів з таблиці 5.13 [5], проте якщо експериментальні дані є їх визначають тим самим шляхом тільки з використанням інших коефіцієнтів з таблиці яка була згадана вище. Розрахункову довгострокову міцність геораток визначають за залежностями:

- для отримання розрахункових значень довгострокової міцності при відсутності експериментальних досліджень

$$R_{c1} = \frac{R_p}{\gamma_3'} \quad (1)$$

- для отримання розрахункових значень довгострокової міцності при наявності експериментальних значень номінальної довгострокової міцності:

$$R_{c2} = \frac{R_{cr}}{\gamma_3''} \quad (2)$$

де  $R_p$  – короткотривала міцність георатки на розрив, кН/м;  $\gamma_3'$  – загальний коефіцієнт запасу по матеріалу для приведення короткотривалої міцності до розрахункової довгострокової міцності георатки;  $\gamma_3''$  – загальний коефіцієнт запасу по матеріалу для приведення номінального значення довгострокової міцності, що отримана експериментально, до розрахункової довгострокової міцності георатки.

Для з'ясування співвідношення між експериментальними та розрахованими відповідно до [5] значеннями довготривалої міцності геораток авторами були проаналізовані результати випробувань

за даними сертифікатів британського офіційного органу сертифікації матеріалів та виробів British Board of Agrément (BBA) [4] ряду геораток різних виробників. До порівняння були прийняті георатки Tensar RE540, Heusker Fortrac 55/30-20, Tencate Miragrid GX55/30 та Bonar Enkagrid G55/30 які мають однакове значення короткострокової міцності на розрив. Матеріалом сировини для Tensar RE540 є поліетилен високої щільності, Tencate Miragrid та Bonar Enkagrid виготовлені з поліефірних ниток а Heusker Fortrac з поліестеру. В таблиці 1 наведено їх основні характеристики.

Таблиця 1 – Характеристика та властивості геораток, які аналізувалися  
Table 1 – Characteristics and properties of the analyzed geogrids

№ з/п	Характеристика георатки
1	<p><b>Bonar Enkagrid G55/30</b> – тканина георатка, матеріал: високоміцні полефірні нитки, покриття: полівініл хлорид. Має ткану основу, зниження довготривалої міцності через вплив ультрафіолету на волокна. Знижена стійкість поліестеру до пошкоджень при монтажі. Суттєвий хімічний та біологічний вплив оскільки спосіб виготовлення – тканий.</p>
2	<p><b>Tencate Miragrid GX55/30</b> – тканина георатка, матеріал: високоміцні полефірні нитки, покриття: полімерне. Має ткану основу, зниження довготривалої міцності через вплив ультрафіолету на волокна. Має тонкі ребра висока пошкоджуваність при монтажі. Суттєвий хімічний та біологічний вплив оскільки спосіб виготовлення – тканий.</p>
3	<p><b>Heusker Fortrac 55/30-20</b> – тканина георатка, матеріал: поліестер, покриття: полімерне. Захищена від ультрафіолетового випромінювання вмістом сажі (2%). Суттєва стійкість до деформацій та руйнувань при монтажі. Значна стійкість до хімічного та біологічного впливів завдяки наявності полімерного покриття.</p>
4	<p><b>Tensar RE540</b> – нетканна георатка, матеріал: поліетилен високої щільності, покриття: полімерне. Георатка захищена від ультрафіолетового випромінювання вмістом сажі (2%). Повна стійкість поліетилену високої щільності до деформацій та руйнувань при монтажі – жорсткі ребра та вузли. Виключна стійкість від хімічного та біологічного впливу у зв'язку з однорідністю виробу.</p>

Випробування матеріалів проводились BBA за стандартизованою методикою [6] яка полягає в оцінці ключових основних механічних характеристик геораток, а саме взаємодія з ґрунтом, механічні властивості (короткострокова та довготривала міцність) та розрахункові значення довготривалої міцності на розтяг. Також було проаналізовано подібні методики випробувань згідно [7] та [8]. Показники міцності, що отримані в результаті експериментальних досліджень відповідно до сертифікатів BBA (із розрахунку на 60 років служби, та при температурі 20 °C) наведені, в таблиці 2.

В таблиці прийняті такі позначення:  $R_p$  – короткотривала міцність георатки на розрив;  $R_{cr}$  – номінальна довгострокова міцність на розрив визначена експериментальним шляхом з урахуванням повзучості при заданому розрахунковому строку служби і розрахунковій температурі; чотири часткові коефіцієнти запасу на матеріал – по сировині виготовлення ( $RF_s$ ), погодних умов (включаючи вплив ультрафіолетового опромінення,  $RF_w$ ), пошкодження при влаштуванні та монтажі ( $RF_{ID}$ ), хімічного та біологічного впливу ( $RF_{ch}$ );  $R_{c3}$  – розрахункова довгострокова міцність георатки на розрив з урахуванням коефіцієнтів запасу на матеріал.

Коефіцієнти запасу на матеріал  $RF_s$ ,  $RF_w$ ,  $RF_{ID}$ ,  $RF_{ch}$  були визначені в результаті експериментальних випробувань та підтверджені відповідними сертифікатами BBA [4]. Для кожного виробу значення коефіцієнтів є різними оскільки матеріали в процесі випробувань піддають критичним температурам відповідно до методики [6] ступінчастим ізотермічним методом (суперпозиції).

Таблиця 2 – Значення короткотривалої ( $R_p$ ), експериментальної довгострокової ( $R_{cr}$ ), та розрахункової довгострокової міцності ( $R_{c3}$ ) аналізованих геораток різних виробників за результатами експериментальних випробувань [6]

Table 2 – Values of short-term ( $R_p$ ), experimental long-term ( $R_{cr}$ ), and design long-term strength ( $R_{c3}$ ) of the analyzed geogrids of different manufacturers based on the results of experimental tests [6]

Георатки	$R_p$ , кН/м	$R_{cr}$ , кН/м	$RF_s$	$RF_w$	$RF_{ID}$	$RF_{ch}$	$R_{c3}$ , кН/м
Tensar RE540	55,00	31,20	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>31,20</b>
Heusker Fortrac 55/30-20	55,00	35,20	1,05	1,00	1,06	1,03	<b>30,51</b>
Tencate Miragrid GX55/30	55,00	35,80	1,01	1,25	1,12	1,09	<b>21,49</b>
Bonar Enkagrid G55/30	55,00	34,80	1,07	1,25	1,07	1,07	<b>21,01</b>

Випробування геораток проводять задля детальної оцінки ключових факторів які впливають на георатку. Накладення часу і температури є добре прийнятим методом прискорення для оцінювання поведінки полімерних матеріалів під час повзучості, а ступінчастий ізотермічний метод розробили в останні дванадцять років переважно для скорочення часу випробувань і мінімізації невизначеності, пов'язаної з мінливістю, притаманною випробуванням із кількома зразками. Випробування ступінчастим ізотермічним методом зазвичай проводиться з використанням одного ребра георатки з кроком температури 14 градусів Цельсієм і часом витримки 10 000 секунд. Умови при яких випробовують георатку наведені в таблиці 4.

Разом з тим, авторами були виконані розрахунки значень довготривалої міцності наведених вище матеріалів відповідно до вимог [5] за залежностями (1) та (2). Таблиця 5.13 [5] містить значення часткових коефіцієнтів для поліетилену та поліефіру. Оскільки сировиною для Tensar RE540 є поліетилен високої щільності, значення часткових коефіцієнтів по матеріалу для Tensar RE540 були взяті як для поліетилену. Георатка Huskers Fortrac 55/30-20 виготовлена з поліестеру який є одним із видів поліефіру. Отже, для Heusker Fortrac 55/30-20, Tencate Miragrid GX55/30 і Bonar Enkagrid G55/30 значення часткових коефіцієнтів по матеріалу виявилися однаковими. Відповідно загальний коефіцієнт запасу по матеріалу  $\gamma_3'$  для Tensar RE540 складає 20, для інших матеріалів – 10. Різниця значень загального коефіцієнта запасу у два рази отримана за рахунок значення  $A_1$  – часткового коефіцієнта запасу повзучості матеріалу, який в свою чергу значно знижує реальне значення міцності виробу з поліетилену. Аналогічно було визначено значення загального коефіцієнту запасу по матеріалу  $\gamma_3''$ , який для Tensar RE540 склав 3,40, а для інших матеріалів – 2,21. Різницю значень розрахункової довгострокової міцності геораток наведено в таблиці 3, 9ій та 10ій колонках.

Для зручності порівняння отриманих результатів розрахунків сформовано порівняльну таблицю 3.

Аналізуючи отримані дані приходимо до висновку про значні розбіжності отриманих значень розрахункової довготривалої міцності геораток  $R_{c1}$ ,  $R_{c2}$  та  $R_{c3}$ . Зниження розрахованих за [5] значень становить від 1,33 до 11,35 разів порівняно з розрахунковими значеннями, що встановлені експериментально. Найбільш значний вплив на такі результати має високе для поліетилену значення часткового коефіцієнта запасу повзучості  $A_1$ , що значно понижує розрахункові значення для георатки Tensar RE540. Разом з тим, аналізуючи зниження розрахункових значень довготривалої міцності  $R_{c3}$ , що отримані експериментально, по відношенню до короткострокової  $R_p$  приходимо до висновку що для матеріалів Tensar RE540 та Heusker Fortrac 55/30-20 таке зниження є найменшим незважаючи на різницю в матеріалі сировини (поліетилен високої щільності та поліестер, відповідно).

Експериментальні дані міцнісних характеристик геораток які були аналізовані в цій статті наведені на 60 років служби. Аналогічно результати можуть бути отримані і на 120 років (строк служби поліетилен). Враховуючи наведені в таблиці 2 значення часткових коефіцієнтів запасу на матеріал при потенційному розрахунку на 120 років служби в георатках Tensar втрати міцності не буде, а для інших геораток втрата буде експоненціальною.

При розрахунках внутрішньої стійкості армогрунтових конструкцій розрахункове значення довготривалої міцності впливає на вибір інтервалу армування що, в свою чергу, визначає кількість шарів армування. Зниження розрахункових значень довготривалої міцності призводить до збільшення в проєкті кількості шарів армування, а в результаті – до перевитрати матеріалу, збільшення трудомісткості робіт по укладанню армуючих прошарків та збільшення загальної вартості армогрунтової споруди. Враховуючи вищенаведене при проєктуванні конструкцій з використанням геораток в якості армуючих прошарків, слід використовувати розрахункові значення довготривалої

міцності, що отримані в результаті експериментальних досліджень та підтверджені відповідними сертифікатами. З огляду на відсутність в Україні сертифікованих лабораторій з відповідними можливостями випробувань геосинтетичних матеріалів постачальникам, які насичують ринок України матеріалами з інших країн, доцільно було б надавати сертифіковані результати випробувань пропонуваніх матеріалів.

Таблиця 3 – Зведена порівняльна таблиця отриманих розрахункових значень короткотривалої та довгострокової міцності геораток за [5] та [6]

Table 3 – Summary comparative table of the design values of short-term and long-term strength of geogrids according to [5] and [6]

Георатки	Короткострокова міцність георатки, $R_p$ , кН/м	Загальний коефіцієнт запасу по матеріалу $\gamma'_3$ для приведення, $R_p$ до $R_{c1}$	Розрахункова довготривала міцність георатки $R_{c1}$ кН/м, за формулою (1)	Номінальна довготривала міцність георатки отримана експериментально за [4], $R_{cr}$ , кН/м	Загальний коефіцієнт запасу по матеріалу $\gamma''_3$ для приведення, $R_{cr}$ до $R_{c2}$	Розрахункова довготривала міцність георатки $R_{c2}$ кН/м, за формулою (2)	Розрахункова довготривала міцність георатки визначена експериментально за [4], $R_{c3}$ , кН/м	Співвідношення розрахункової довготривалої міцності $R_{c1}$ та $R_{c3}$	Співвідношення розрахункової довгострокової міцності $R_{c2}$ та $R_{c3}$	Зниження розрахункових значень довготривалої міцності $R_{c3}$ по відношенню до короткострокової міцності георатки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tensar RE540	55,00	20,00	2,75	31,20	3,40	9,18	31,20	11,35	3,40	43,27%
Heusker Fortrac 55/30-20	55,00	10,00	5,50	35,20	2,21	15,93	30,51	5,55	1,92	44,53%
Tencate Miragrid GX55/30	55,00	10,00	5,50	35,80	2,21	16,20	21,49	3,91	1,33	60,92%
Bonar Enkagrid G55/30	55,00	10,00	5,50	34,80	2,21	15,75	21,01	3,82	1,33	61,80%

Таблиця 4 – Умови перевірки геораток на короткострокову та довготривалу міцність

Table 4 – Conditions for testing geogrids for short-term and long-term durability

Фактор	Короткострокова міцність	Довготривала міцність	Довготривала міцність з урахуванням коефіцієнтів
Тривалість випробування	< 1 хвилини	> 10 000 годин	Немає даних розрахунку
Результати випробування	Руйнування/розрив георатки	Руйнування георатки при довготривалому випробуванні на повзучість	Зменшення значення шляхом включення поправочних коефіцієнтів $R_{cr}$
Мета проведення випробування	Перевірка якості виготовлення	Поведінка матеріалу в довгостроковій перспективі	Можливість проектування конструкції на довгострокову перспективу відповідно до вимог нормативних документів

В подальших дослідженнях планується проведення аналізу економічної складової щодо доцільності використання саме більш точних розрахункових значень довготривалої міцності геосинтетичних геораток  $R_{c3}$  при розрахунках армогрунтових конструкцій для більш предметного відображення можливої перевитрати матеріалу та ймовірного збільшення вартості конструкції.

#### **Висновки.**

1. Міцність геораток на розрив та довгострокова міцність можуть суттєво відрізнятись залежно від матеріалу сировини георатки, технології її виробництва; структури, форми вічок, товщини ребер тощо.

2. При проектуванні армогрунтових конструкцій значної висоти та в обмежених або ускладнених умовах в розрахунках на внутрішню стійкість слід використовувати значення розрахункової довгострокової міцності  $R_{c3}$  з урахуванням запасу на матеріал.

3. При використанні нормативних значень часткових коефіцієнтів запасу на матеріал спостерігається необґрунтоване заниження розрахункових значень довгострокової міцності геосинтетичного матеріалу від 1,33 до 11,35 разів.

4. При проектуванні армогрунтових конструкцій для отримання оптимальних параметрів армування необхідно використовувати результати сертифікованих лабораторій щодо розрахункових значень міцнісних характеристик геосинтетичних армуючих матеріалів.

5. В проектах слід виконувати техніко-економічне порівняння варіантів з різними матеріалами, оскільки саме значення розрахункової довготривалої міцності є визначальною при призначенні кроку армування та витрати матеріалів, що впливає на вартість та трудомісткість виконання робіт.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Colin J. F. P. Jones. Earth Reinforcement and Soil Structures. Butterworths Advanced Series in Geotechnical Engineering, first published 1985, revised reprint 1988;

2. Aung Aung Soe, Shinya Tachibana and Jiro Kuwano. Influences of geogrid stiffness and its aperture shape on load-settlement behavior and surface deformation of reinforced sand. Journal of Geosynthetics, Volume 30 (2015.12), [in English];

3. Michael Dobie. Internal stability of reinforced soil structures using a two-part wedge method. December 2011, Volume: 1, [in English];

4. The BBA certificates for grids that were discovered in this article link. URL: <https://www.bbacerts.co.uk/search/>

5. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.

6. ISO/TR 20432:2007 Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement.

7. ДСТУ 8693:2016 Геосинтетичні матеріали для армування ґрунту. Настанови щодо визначення тривалої міцності геосинтетичних матеріалів для армування ґрунту.

8. ДСТУ 8607:2015 Матеріали геосинтетичні дорожні. Методи випробування.

#### **REFERENCES**

1. Colin J. F. P. Jones. Earth Reinforcement and Soil Structures. Butterworths Advanced Series in Geotechnical Engineering, first published 1985, revised reprint 1988;

2. Aung Aung Soe, Shinya Tachibana and Jiro Kuwano. Influences of geogrid stiffness and its aperture shape on load-settlement behavior and surface deformation of reinforced sand. Journal of Geosynthetics, Volume 30 (2015.12), [in English];

3. Michael Dobie. Internal stability of reinforced soil structures using a two-part wedge method. December 2011, Volume: 1, [in English];

4. The BBA certificates for grids that were discovered in this article link. URL: <https://www.bbacerts.co.uk/search/>.

5. GBN B.2.3-37641918-544: 2014 Roads. Application of geosynthetic materials in road structures. Basic requirements.

6. ISO/TR 20432:2007 Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement.

7. DSTU 8693: 2016 Geosynthetic materials for soil reinforcement. Guidelines for determining the long-term strength of geosynthetic materials for soil reinforcement;
8. DSTU 8607:2015 Geosynthetic road materials. Test methods.

#### РЕФЕРАТ

Усиченко О.Ю. Аналіз показників міцності полімерних георіток в армоґрунтових конструкціях автомобільних доріг / О.Ю. Усиченко, Р.М. Плитус // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 3 (53).

Метою запропонованої статті є оцінка значень міцності на розрив та довготривалої міцності з урахуванням повзучості полімерних георіток в армоґрунтових конструкціях, їх подальший аналіз в довгостроковій перспективі на об'єктах транспортної інфраструктури з обмеженими умовами будівництва. Авторами виконано порівняльний аналіз ряду георіток різних типів, які широко застосовуються в армоґрунтових конструкціях, мають однакові значення міцності на розрив, проте відрізняються технологією виготовлення, структурою та матеріалом сировини. Наведено порівняльні таблиці зміни значень довгострокової міцності георіток у довгостроковій перспективі. Проаналізовано величину зниження номінальної та розрахункової довготривалої міцності георіток.

Достатній попередній досвід проектування ґрунтових конструкцій з геосинтетичним армуванням георітками дає можливість до більш детального розуміння механіки роботи та методів розрахунку таких конструкцій. Авторами доведено, що застосування при проектуванні саме розрахункової довготривалої міцності георітки із урахуванням часткового коефіцієнту запасу на матеріал дозволяє виконати більш точний розрахунок конструкцій високого класу відповідальності, які проектуються в обмежених та ускладнених умовах. Такий підхід зменшує перевитрату георіток в армоґрунтових конструкціях, та оптимізує проектні параметри а саме крок армування та довжину закладання армуючого прошарку, що впливає на вартість проекту та трудомісткість виконання робіт.

Проведений аналіз дозволив визначити фактор для гармонізації вітчизняного нормативного документу із європейським аналогом який є рекомендаційним. А саме – приведення номінальної довготривалої міцності до розрахункової шляхом введення коефіцієнту запасу на матеріал який включає в себе урахування коефіцієнтів повзучості матеріалу, пошкодження при влаштуванні, способу з'єднання, та впливу зовнішнього середовища.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АРМОґРУНТОВІ КОНСТРУКЦІЇ, ГЕОІРІТКИ, ГЕОСИНТЕТИЧНІ МАТЕРІАЛИ, НОМІНАЛЬНА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ДОВГОСТРОКОВА МІЦНІСТЬ, РОЗРАХУНКОВА ДОВГОСТРОКОВА МІЦНІСТЬ.

#### ABSTRACT

Usychenko O.Y., Plytus R.M. Current assets management at a modern enterprise. Visnyk National Transport University. Series «Technical Sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 3 (53).

The purpose of the proposed article is to evaluate the tensile strength and long-term strength values, taking into account the creep of polymer geogrids in reinforced soil structures, their further long-term analysis at transport infrastructure facilities with limited construction conditions. The authors have performed a comparative analysis of polymeric geogrids with different types and orientations, which are widely used in reinforced soil structures, have the same tensile strength values depending on the manufacturing technology, structure and raw material. Comparative tables with all changes of a long-term strength those geogrids are given. The value of reduction and nominal long-term strength of geogrids is analyzed.

Sufficient previous experience in the design of soil structures with geosynthetic reinforcement with geogrids provides an opportunity for a more detailed understanding of the mechanics, operation and calculation methods of such structures. The authors have proved that the use of the long-term strength value of the geogrid in the design, taking into account the partial safety factor for the material, allows for a more accurate calculation of structures with high responsibility class, which are designed in limited and difficult conditions. This approach reduces the overconsumption of geogrids in reinforced soil structures, and optimizes the design parameters, namely the reinforcement step and the length of the reinforcing layer, which affects the projects cost and the labor intensity of the work.

The analysis made it possible to determine a factor that is of a recommendatory nature for a harmonization of the national regulatory document with the European analogue. Namely – bringing the nominal long-term strength to the design long-term value of durability by introducing a safety factor for the material, which includes consideration of materials creep and coefficients like, damage during installation, the connection method, and the external environment influence.

**KEYWORDS:** REINFORCED SOIL STRUCTURES, GEOGRIDS, GEOSYNTHETIC MATERIALS, NOMINAL EXPERIMENTAL LONG-TERM STRENGTH, DESIGN LONG-TERM STRENGTH.

**АВТОРИ:**

Усиченко Олена Юріївна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, e-mail: fbbk@ukr.net, тел. +380503114182, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 218, orcid.org/0000-0002-7482-8420

Плитус Ростислав Михайлович, аспірант, Національний транспортний університет, e-mail: rostmuh@gmail.com, тел. +380683023326, Україна, 01042, м. Київ, вул. Джона Маккейна, 32, orcid.org/0000-0001-7319-4094

**AUTHORS:**

Usychenko Olena Y., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, e-mail: fbbk@ukr.net, tel. +380503114182, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Omelyanovycha-Pavlenka str., bldg. 218, orcid.org/0000-0002-7482-8420

Plytus Rostyslav M., postgraduate student, National Transport University, e-mail: rostmuh@gmail.com, tel. +380683023326, Ukraine, 01042, Kyiv, 32, John McCain Str., orcid.org/0000-0001-7319-4094

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Рутковська Інесса Анатоліївна – кандидат технічних наук, професор, завідувача аспірантурою та докторантурою НТУ, Київ, Україна.

Хлапук Микола Миколайович, Директор навчально-наукового інституту водного господарства та природооблаштування Національного університету водного господарства та природокористування, Рівне, Україна.

**REVIEWER:**

Rutkovska Inessa A., Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of Postgraduate and Doctoral Studies, NTU, Kyiv, Ukraine.

Khlapuk Mykola M., Director of the Educational and Research Institute of Water and Environmental Management, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine.