

Усиченко О.Ю., канд. техн. наук, Харін П.Л

## ВИКОРИСТАННЯ АРМОГРУНТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕНСАР НА СЛАБКИХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕНИХ ГРУНТАХ

**Анотація.** У статті наведено досвід використання системи Тенсар TWI для армування ґрунту підірних стінок - розглянуто технологію спорудження армогрунтових підірних стін, етапи проектування та розрахунків армогрунтової конструкції. Описані конструктивні елементи системи Тенсар TWI.

**Ключові слова.** Армований ґрунт, підпірна стінка, геосинтетичні матеріали, слабка основа, облицювальний блок, полімерні з'єднувачі.

**Аннотация.** В статье приведен опыт использования системы Тенсар TWI для армирования ґрунта подпорных стенок - рассмотрена технология сооружения армогрунтовых подпорных стен, этапы проектирования и расчетов армогрунтовой конструкции. Описаны конструктивные элементы системы Тенсар TWI.

**Ключевые слова.** Армированный ґрунт, подпорная стенка, геосинтетические материалы, слабое основание, облицовочный блок, полимерные соединители.

**Abstract** The article presents the experience with the use of Tensar TWI for reinforced soil retaining walls - the technology of construction of ground reinforced retaining walls, the design and calculation of ground reinforced structures. Described structural elements of the system Tensar TWI.

**Keywords.** Reinforced soil, retaining wall, geosynthetics, weak base, facing block, connectors, polymer.

## **Вступ**

На сьогоднішній день в транспортній галузі пріоритетним завданням є ефективне використання матеріальних ресурсів. Швидке якісне будівництво та реконструкція автомобільних доріг з найменшими витратами.

На допомогу будівельникам – дорожникам у вирішенні поставлених завдань прийшли геосинтетичні матеріали, що знайшли широке застосування в багатьох інженерних рішеннях.

Зміцнення слабких основ, будівництво насипів з укосами підвищеної крутизни, стабілізація стійкості укосів, запобігання утворення тріщин у дорожньому покритті, збільшення терміну служби автомобільної дороги - завдання, вирішення яких знайдено з допомогою геосинтетиків.

Геосинтетичні матеріали покращують технічні характеристики дорожніх конструкцій завдяки своїм властивостям: високої міцності на розтягнення і розрив при малих деформаціях, високої адгезії з ґрунтом і асфальтобетоном, довговічності, а також стійкості до впливу хімічно агресивних середовищ. В залежності від виду конструкцій автомобільних доріг, характеристик ґрунтів і різних навантажень застосовують ті чи інші геосинтетичні матеріали.

Для оптимального підбору геосинтетичних матеріалів з найбільш вигідними характеристиками, а також вирішення складних інженерних завдань важливу роль відіграє розвиток і удосконалення наукових методик.

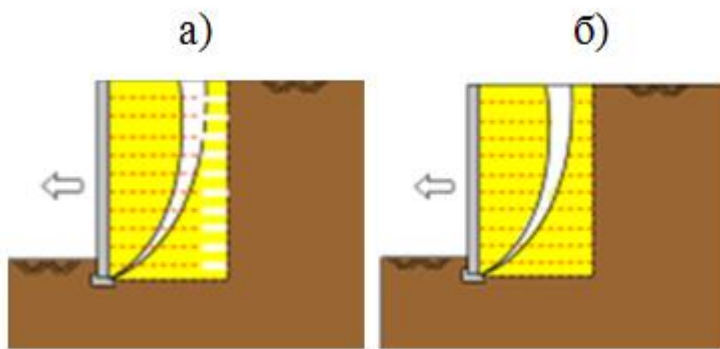
### **Застосування системи тенсар twi для армування ґрунту підпірних стінок**

У період червня – серпня 2015 року на ділянці реконструкції автомобільної дороги М – 03 Київ – Харків – Довжанський км 286 + 600, Полтавська обл. було збудовано армоґрунтову підпірну стіну. Згідно технічного завдання були запроєктовані підходи до шляхопроводу та підпірні стіни на слабкій перезволоженій основі.

Максимальна висота армоґрунтової підпірної стіни досягає 7 метрів. Складність проектування і розрахунків полягала в тому, що на армоґрунтову конструкцію діяли горизонтальні, вертикальні навантаження від тіла насипу і динамічних навантажень від автомобільного транспорту, а також високий рівень ґрунтових вод та низька несуча здатність основи.

Споруда з армованого ґрунту з вертикальною стінкою проектувалась у відповідності з принципами механіки ґрунтів. Аналіз виконувався в двох аспектах.

Внутрішній аналіз охоплює всі питання, пов'язані з механізмом внутрішнього стану: визначення напружень в споруді, розташування арматури, надійність арматури і властивості зворотної засипки (рис. 1).



а) Міцність анкерування, б) Міцність армоелемента

**Рисунок 1** – Розрахунок внутрішньої стійкості

Розрахунок зовнішньої стійкості пов'язаний із загальною стійкістю споруди з армованого ґрунту як цілого, включаючи руйнування від зрушення самої споруди. Механізми руйнування такого характеру показано на рис. 2.



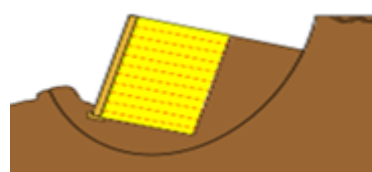
Зсув

Перекидання

Несуча здатність

**Рисунок 2** – Механізми руйнування армоґрунтової споруди

Крім того, були враховані напруження, що виникають у споруді з армованого ґрунту при дії особливих зовнішніх умов, таких, як зсув у ґрунті основи (рис. 3).



Загальна стійкість

**Рисунок 3.** Механізм зсуву у ґрунті споруди

Зважаючи на низьку несучу здатність ґрунтів основи армоґрунтової конструкції, були виконані розрахунки по її підсиленню та стабілізації за допомогою механічно стабілізованого шару (МСШ) із жорстких тривісних георешіток Тенсар.

Розрахунок передбачав визначення стійкості армоґрунтової підпірної стіни.

Мета розрахунків:

- визначення зусилля, що виникає в армуючому прошарку геосинтетического матеріалу, підбір типу геосинтетика з умови довготривалої міцності;
- визначення необхідної довжини армування геосинтетического матеріалу;
- вибір оптимального кроку армування.

В результаті розрахунків в данному проекті був підібраний оптимальний армуючий матеріал – одноосна георешітка Тенсар RE з однорідним розподілом армуючих елементів. При збільшенні висоти споруди довжина арматури зменшувалась, що в повному обсязі забезпечувало умову стійкості.

**Система Тенсар TWI для армування ґрунту підпірних стінок та стоянів мостів включає:**

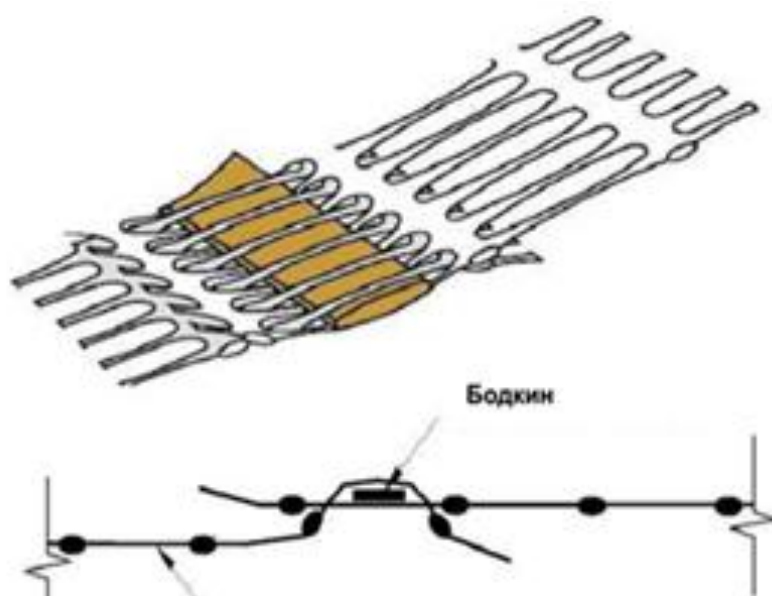
- георешітки одноосна Тенсар RE
- модульний облицювальний бетонний блок TWI
- полімерні з'єднувачі
- заповнювач

### **Георешітки одноосні Тенсар RE**

Технологія виробництва георешіток Тенсар RE передбачає перфорування суцільного листа поліпропілену або поліетилену з подальшим розтягуванням у поздовжньому і поперечному напрямках під впливом високої (понад 120 °C) температури. При цьому хаотично орієнтовані молекули витягуються в упорядкований стан і створюють міцні зв'язки. Цей технологічний процес істотно підвищує жорсткість георешітки. Поліпропілен високої міцності або поліетилен, використовуваний для виробництва георешітки Тенсар RE, забезпечує:

- неохильність впливу водних розчинів кислот, лугів і солей, також дизельного палива і бензину;
- несприйнятливність до гідролізу і розтріскування під впливом навколишнього середовища, до біологічного руйнування;
- полімери є матеріалом, стійким до ультрафіолетового випромінювання.

Одноосні георешітки Тенсар можна легко поєднувати з іншими конструктивними елементами полімерними елементами боджинами Тенсар (рис. 4).



**Рисунок 4** – Одноосна георешітка та полімерний елемент бодкин Тенсар

Шарнірне з'єднання забезпечує такий зв'язок, що при проектуванні не потрібно використовувати спеціальний понижуючий коефіцієнт при розрахунку міцності з'єднувального вузла.

Цей універсальний з'єднувальний елемент може використовуватися:

- для з'єднання армоелементів укороченими вставками;
- для мінімізації відходів шляхом з'єднання частин армоелемента;

Для натягу полотна одноосної георешітки Тенсар RE використовують відповідний важіль для натягу (граблі) та усунення хвиль або провисань в місцях з'єднання безпосередньо перед розподілом ґрунту засипки.

Стійкість конструкції досягається завдяки взаємодії і замиканню частинок ґрунту з геосинтетиком і завдяки з'єднанню георешітки Тенсар RE з облицювальними елементами.

## Модульний облицовальний бетонний блок TW1

Для попередження механічного пошкодження геосинтетичних матеріалів та осипання ґрунту використовується системи з модульними бетонними облицовальними блоками Tensar TW 1 (рис.5). Облицовальні блоки не виконують функцію несучих елементів, а виконують лише захисну та декоративну функцію.

Облицовальні блоки формують передню грань з кутом нахилу  $86^\circ$ , укладання здійснюється на суху, без застосування в'язучого та підйомних механізмів. Вага блоку дозволяє здійснювати його установку вручну.



Рисунок 5 – Бетонний облицовальний блок Tensar TW 1

З'єднання облицовальних блоків з армованим шаром здійснюється з допомогою закладної деталі — Тенсар коннектора (рис. 6), що надійно фіксує георешітку в пазі нижнього ряду блоків.



Рисунок 6 – Тенсар коннектор

## **Полімерні з'єднувачі**

З'єднання облицювання з армованим шаром здійснюється за допомогою закладної деталі — Тенсар коннектора (рис. 6), що надійно фіксує георешітку в пазі нижнього ряду блоків. Даний варіант з'єднання не послаблює монтажний вузол.

Для захисту облицювальних блоків від агресивної дії ґрунтових вод запроектован пристінний щебеневий дренаж.

В період будівництва проводився моніторинг конструкції, який підтвердив точність розрахунків на стійкість за всіма показниками. Таким чином, на даному об'єкті отриманий позитивний досвід будівництва армоґрунтових стін із застосуванням георешіток Тенсар і облицювальних блоків. Крім цього, багатий досвід застосування георешіток Тенсар при будівництві армоґрунтових стін в Україні та в багатьох країнах світу дозволяє говорити про доцільність їх використання при будівництві інших об'єктів.

## **Висновки**

Основними перевагами ґрунтових споруд є їх принципова простота, легкість зведення, зниження вартості будівництва. Визнанню і поширенню конструкцій з армованого ґрунту сприяли технічний і комерційний успіх їх практичного використання. Застосування різних матеріалів пов'язане з вдосконаленням ґрунтових споруд.

Армоґрунт — це композитний матеріал, в якому арматура перерозподіляє зусилля розтягування-стиснення на ґрунтовий блок і знижує його деформативність

Останнім часом одержали широке поширення споруди з армованого ґрунту, такі як стояни мостів і підпірні стіни.

Підпірні стіни з армованого ґрунту характеризуються економічністю і простотою зведення, причому ефективність їх зростає зі збільшенням висоти. Армґрунтові стіни являють собою відносно жорстку структуру, що робить їх менш чутливими до осідання основи.

Такі підпірні стіни краще пристосовані до нерівномірних осідань, краще компенсують температурні і усадкові напруги, відмінно справляються з різними видами динамічних навантажень.

Є різні технології і матеріали для зведення підпірних стін та устоїв мостів. Найбільш ефективною з них є армогрунтова система Тенсар TW1.

Технологія Tensar полягає в армуванні ґрунту і створення механічно стабілізованого шару (МСШ) з використанням жорстких георешіток. Армогрунтова система Тенсар TW1 — це конструктивне рішення для зведення підпірних стін. Дана система з успіхом застосовується в усьому світі і дозволяє економити до 50 % вартості споруди порівняно з традиційними методами будівництва залізобетонних конструкцій.

### **Література**

1. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
2. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги. - Київ, 2014.
3. ГБН В.2.3-218-548:2010 Споруди транспорту. Армогрунтові підпірні стінки для автомобільних доріг. - Київ 2010.
4. Применение геотекстиля и геопластиков в дорожном строительстве : тр. СоюздорНИИ / Гос. всесоюз. дор. НИИ ; Редкол.: А. Г. Полуновский (отв. ред.) и др. – М. : Союздорнии, 1990. – 126 с.
5. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве/ В.Д.Казарновский, А.Г.Полуновский, В.И.Рувинский и др. / Под ред. В.Д.Казарновского. – М.: Транспорт, 1984. – 159 с.
6. ВБН В.2.3-218-171-2002 Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг.
7. Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes: Design and Construction Guidelines (1996), Federal Highway Administration (FHWA) (Механічно стабілізовані ґрунтові стіни та армовані ґрунтові укоси: рекомендації з проектування та будівництва).

### **Рецензенти**

Братчун В.І., д-р техн. наук, ДонНАБА (Краматорськ)

Кірічек Ю.О., д-р техн. наук, ПДАБА (Дніпропетровськ)

### **Reviewers**

Bratchun V.I., Dr.Tech.Sci., DonNACEA (Kramatorsk)

Kirichek Yu.O., Dr.Tech.Sci., PSACEA (Dnipropetrovsk)