

Л.В. ПЕЛИК

Львівська комерційна академія

О.В. КИРИЧЕНКО

Полтавський університет економіки і торгівлі

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНИХ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ У ЯКОСТІ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО ШАРУ

У статті розглянуто процес фільтрації геотекстильними нетканими матеріалами під час їх застосування у різних конструкціях. З'ясовано, що однією із причин зниження здатності до фільтрації є кольматування матеріалів дрібними частинками ґрунту. За співвідношеннями діаметру фільтраційного ходу та максимальним діаметром частинок ґрунту визначено можливість використання геотекстильних нетканих матеріалів у дренажно-фільтраційних системах, під час армування укосів тощо. Для більш повного дослідження геотекстильних нетканих матеріалів необхідно також враховувати інші гідравлічні характеристики полотна, параметри ґрунту, потоку води, конкретної сфери застосування.

Ключові слова: геотекстильні неткані матеріали, фільтрація, діаметр фільтраційного ходу, діаметр частинок ґрунту, кольматація, гідравлічні характеристики.

L. V. PELYK

Lviv Commercial Academy

O. V. KYRYCHENKO

Poltava University of Economics and Trade

FEATURES APPLICATION OF NONWOVEN GEOTEXTILE AS A LAYER FOR FILTERING

In the article, the process of filtration the nonwoven geotextile is considered during their application in different constructions. It was found, that one of reasons of decline of capacity for filtration there is mudding of materials by the shallow particles of soil. After correlations of diameter of the filtration channel and maximal diameter of particles of soil, possibility of the use of the nonwoven geotextile is certain in the drainage-lauter systems, during re-enforcement of hay-crops and others like that. For more complete research of the nonwoven geotextile it is necessary also to take into account other hydraulic descriptions of linen, parameters of soil, stream of water, concrete application domain.

Keywords: nonwoven geotextile, filtration, diameter of the filtration channel, diameter of particles of soil, mudding, hydraulic descriptions.

Вступ

Геосинтетичні матеріали у процесі експлуатації постійно перебувають у конструкціях, де вони контактують із ґрунтом, водою, окремими наповнювачами (пісок, щебінь, галька) тощо. Для земляного полотна є характерними процеси інтенсивного вологонакопичення, капілярного підйому ґрунтових вод, випаровування вологи. Нетканий геотекстиль є пористим водопроникним матеріалом, що завдяки структурі полотна пропускає воду, затримуючи інші частки на поверхні. Застосування геотекстильних нетканих матеріалів для розділення шарів, що характеризуються різними розмірами, формою, упорядкуванням структури, можливістю внутрішнього руху частинок під дією навантаження, дає можливість протягом тривалого часу забезпечувати розмежування різнорідних матеріалів.

Разом з функцією розділення, не менш важливою є функція фільтрування. Адже, саме геотекстильні неткані матеріали (ГНМ) найчастіше використовуються в якості фільтрів у різноманітних об'єктах будівництва. Для забезпечення виконання ГНМ своїх функцій та збереження строку служби потрібно враховувати процес кольматації, в результаті якого зменшується пористість як ґрунту, так і геотекстилю. Дрібні частинки, заповнюючи отвори матеріалу, можуть сильно знизити здатність до фільтрації ГНМ. Не менш важливою також виступає така функція ГНМ як захист дренажних конструкцій [1].

Таким чином, виконуючи декілька функцій одразу, геотекстиль повинен мати комплекс властивостей, що задовольнятимуть усі потреби споживачів, спеціалістів з ландшафтної архітектури, будівництва, садівництва та інших напрямів. Для правильного вибору ГНМ потрібно враховувати гранулометричний склад ґрунту, тип потоку води (стаціонарний, циклічний, динамічний, пульсуючий), гідравлічний градієнт тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, фільтрація води у ґрунтових масивах підпорядковується закону ламінарної фільтрації Дарсі, який також можна застосувати до системи геосинтетичний матеріал – ґрунт [2]. Оруджова О. Н. для характеристики гідравлічних властивостей геотекстильних матеріалів пропонує виокремлювати параметри геокомпозиційної системи прошарок – ґрунт – ґрунтові води [3]. При цьому ГНМ і ґрунт розглядаються зі сторони пористих тіл, а тому на перший план виступають капілярні явища (капілярний тиск, висота та швидкість капілярного підйому) та фактори, що на них впливають (розмір пор, отворів, температура, ступінь мінералізації води). А водопроникність перпендикулярна площині нетканого матеріалу є фактором, що приймається до уваги при виборі геотекстилю для спорудження дренажів та фільтрів, захисту

гідроізоляції конструкцій, розділення та армування шарів ґрунту. ГНМ є своєрідним фільтром, що забезпечує рух води, не порушуючи при цьому структуру ґрунтового шару. Геотекстиль повинен затримувати частинки ґрунту, забезпечувати вільне протікання води, залишатися пористим, бути стійким до руйнування під дією впливів різної природи.

Для опису та з'ясування механізму фільтрації розроблені численні математичні моделі. Так, Олійник О. Я. пропонує розглядати процес з урахуванням як зовнішнього, так у внутрішнього, кольматування дрібними частинками [4]. Дана модель характеризується двостадійністю. Спочатку проходить кольматація внаслідок відкладення частинок меншого діаметру у відкритих порах фільтрувального матеріалу. Далі розпочинається друга стадія, коли на поверхні фільтру осідають частинки більшого діаметру та формують шар у прифільтровій зоні. При цьому внутрішня кольматація також триває. Виділяють наступні особливості під час проектування фільтраційних шарів із геотекстилю [5]:

- розмір найбільшої пори матеріалу повинен бути меншим, ніж великі частинки ґрунту. У результаті дотримання цієї умови утвориться фільтраційний міст, що буде затримувати інші частинки ґрунту;

- ймовірність “засліплення” фільтру у разі проходження частинок ґрунту крізь найменші отвори та їх поступове засмічення;

- геотекстиль повинен мати пори різного діаметру, щоб забезпечувати водопроникність протягом тривалого часу, незважаючи на кольматацію.

Відомі різні співвідношення між діаметром частинок ґрунту та діаметром фільтраційного ходу для розрахунку можливості застосування геотекстильних матеріалів у якості фільтруючого шару. Таким чином, діаметр фільтраційного ходу є важливою характеристикою ГНМ і розраховується за формулою 1:

$$d_u = 2 \cdot d_p \left(\frac{1}{\sqrt{1-n}} - \frac{1}{\sqrt{p}} \right), \quad (1)$$

де d_p – діаметр волокна;

n – пористість.

Пористість геотекстилю, що забезпечує ефективну роботу даного матеріалу, за різними джерелами повинна бути більшою 50%. За ВБН для оцінки гідравлічних характеристик застосовують критерії утримання ґрунту, водопроникності фільтру, не забивання фільтру, міцності та стійкості. Щодо умов утримання ґрунту, то для дорожнього будівництва через геотекстиль повинно проходити не більше 10% частинок ґрунту, для використання у дренажах та фільтрах цей показник встановлюється на рівні не більше 5%. Для вибору ГНМ з необхідним розміром отворів потрібно мати інформацію про тип ґрунту, його густину, коефіцієнт однорідності, гранулометричний склад.

У випадку, коли дані характеристики ґрунту не визначено, використовують розрахункове значення діаметру фільтраційного ходу матеріалу.

За даними наукових досліджень встановлено, що максимальний діаметр частинок, які переміщуються у матеріалі під час кольматації, приймається за $d_{ci}^{\max} \leq 0,05$ мм. Використовуючи критерії Абрамса, що застосовуються під час буріння свердловин для видобування нафти, розраховують фракційний склад кольматанту та розмір частинок, що потрібний для початку кольматації. Діаметр частинок повинен бути рівним або більшим, ніж 1/3 середнього розміру пор пласту. Враховуючи дану залежність, можна зробити висновок, що кольматації геотекстилю можна частково уникнути, коли забезпечується наступне співвідношення (2) між діаметром фільтраційного ходу d_u та діаметром суфозійних частинок d_{ci} [9]:

$$d_{ci}^{\max} \leq \frac{d_u}{3} \quad (2)$$

Також використовують наступне співвідношення (3), дотримання якого дає можливість прогнозувати протікання процесу кольматації ГНМ під час армування насипів:

$$d_u \geq (3,3 \dots 4,4) d_{ci}^{\max} \quad (3)$$

Підставивши значення діаметру суфозійних частинок (0,05 мм), отримуємо інтервал, у якому повинен знаходитися діаметр фільтраційного ходу ГНМ (4):

$$0,165 \leq d_u \leq 0,220 \quad (4)$$

Однак, для захисно-фільтрувальних матеріалів повинна виконуватися наступна умова при значенні $d_c^{\max} \leq 0,05$ мм (5):

$$\frac{d_u}{d_c^{\max}} \geq 2,5 \quad (5)$$

Таким чином, відсутній єдиний підхід у визначенні оптимальних характеристик геотекстильних

нетканних матеріалів, що використовуються для виконання функцій фільтрування, захисту, армування та розділення у різних конструкціях.

Постановка завдання

Метою дослідження є з'ясування необхідних гідравлічних характеристик геотекстильних нетканних матеріалів для запобігання їх кольматації у дренажно-фільтраційних системах, під час розділення шарів ґрунту тощо.

Об'єктами дослідження виступали зразки геотекстильних нетканних матеріалів, що отримані шляхом голкопробивання без додаткової обробки (зразки 1, 2, 8) та з подальшою термофіксацією (зразки 3–7, 9), просочуванням (зразки 4, 5, 7). Полотна виготовлені із поліефірних (зразки 1, 3–7, 9) та поліпропіленових (зразки 1, 2, 8) волокон.

Результати дослідження

Для геотекстильних нетканних матеріалів, крім високих показників фізико-механічних властивостей, важливим є збереження гідравлічних характеристик протягом тривалого часу експлуатації. Зниження фільтраційної здатності спричиняє часткове або повне кольматування матеріалу часточками ґрунту. Враховуючи умови застосування геотекстильних нетканних матеріалів та відомі співвідношення, можна прогнозувати протікання процесу кольматації шляхом розрахунку діаметр фільтраційного ходу.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних геотекстильних нетканних матеріалів

Зразок	Поверхнева густина, г/м ²	Товщина, мм	Об'ємна густина, г/м ³
1	100	1,14	0,09
2	96	0,95	0,10
3	125	0,78	0,16
4	118	0,70	0,17
5	162	0,87	0,19
6	200	1,06	0,19
7	194	1,14	0,17
8	170	1,89	0,09
9	311	1,48	0,21

Як видно із табл. 1, зразки геотекстильних нетканних матеріалів, що досліджувалися, характеризуються різною поверхневою густиною (100–300 г/м²), товщиною (0,70–1,89 мм) та об'ємною густиною.

Використовуючи формули 1, 2 та 5, було розраховано основні характеристики матеріалу та ґрунту, що враховуються при кольматації. Результати дослідження наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункові значення діаметрів фільтраційного ходу та суфозійних частинок ґрунту

Зразок	Пористість, %	Розрахункове значення діаметру фільтраційного ходу, мм	Значення $\frac{d_u}{d_c}$, (співвідношення 5)	Максимальний діаметр суфозійних частинок, мм (співвідношення 2)
1	93	0,263	5,26	0,088
2	89	0,296	5,93	0,099
3	88	0,184	3,68	0,061
4	88	0,184	3,68	0,061
5	86	0,171	3,42	0,057
6	86	0,171	3,42	0,057
7	88	0,184	3,68	0,061
8	90	0,308	6,17	0,103
9	85	0,160	3,20	0,053

Враховуючи співвідношення 4, за даними табл. 2 зразки 1, 2, 8, 9 мають діаметр фільтраційного ходу, що виходить за рамки оптимального інтервалу, тобто є схильними до кольматації під час використання у розділенні шарів та армуванні укосів. За показником пористості всі зразки можуть використовуватися у конструкціях, де однією із умов є контакт із водою та водонепроникність матеріалу.

У дренажно-фільтрувальних системах, як захисно-фільтрувальні матеріали, можуть застосовуватися усі досліджувані зразки, оскільки відношення діаметру фільтраційного ходу до максимального діаметру частинок ґрунту більше значення 2,5. У разі дотримання умови, що діаметр 85–90% частинок ґрунту буде

менше 0,05 мм, зразки геотекстильних нетканих матеріалів не піддаватимуться кольматації при некритичних умовах використання.

Як видно з табл. 2, максимальні діаметри частинок, що вільно проходять крізь геотекстильні неткані матеріали, для усіх зразків різні, а тому для правильного вибору матеріалу потрібно визначати гранулометричний склад ґрунту.

Висновки

Отже, дослідження пористості та діаметру фільтраційного ходу геотекстильних нетканих матеріалів дає можливість вибрати зразки, що менше піддаватимуться кольматації під час контакту із ґрунтом та проходження води у системі геотекстильний нетканий матеріал – ґрунт. Для застосування у дренажно-фільтраційних системах придатними є усі зразки, однак, в умовах паралельного виконання інших функцій, досліджувані зразки 1, 2, 8, 9 можуть вкладатися в ґрунт лише після аналізу його гранулометричного складу.

Література

1. Щербина Е. В. Геосинтетические материалы в строительстве / Щербина Е. В. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 111 с.
2. Оруджова О. Н. Особенности гидравлических характеристик геотекстильных материалов, применяемых в конструкциях лесовозных дорог / О. Н. Оруджова // Лесн. журн. – 2010. – № 3. – С. 72–76. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Олійник О. Я. Моделювання фільтрування неоднорідної суспензії з утворенням шару осаду / О. Я. Олійник, С. М. Сорокін // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : наук.-техн. зб. – К., 2006. – Вип. 6. – С. 34–38.
4. Окунцев А. С. Использование геосинтетических материалов в качестве дренажных и фильтрационных систем / А. С. Окунцев, В. Г. Офрихтер // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, 2014. – № 1. – С. 134–151.

Рецензія/Peer review : 18.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 11.2.2016 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Семак Б.Д.