

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

УДК 625.731.1

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Журба Г.В., Тітов О.А., Шатило Т.В.

МЕТОД ВИЗНАЧАННЯ ОПОРУ ПРОБИВАННЮ СТЕРЖНЕМ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Пропонується новий експрес-метод визначення стійкості до пробивання стержнем геосинтетичних матеріалів, який моделює ударне навантаження на матеріал при контакті з щебенем (розвантаження матеріалу з кузова автомобіля).

Ключові слова: автомобільна дорога, геосинтетичний матеріал, експрес-метод, щебінь.

Аннотация. Предлагается новый экспресс-метод определения устойчивости к пробиванию стержнем геосинтетических материалов, который моделирует ударную нагрузку на материал при контакте с щебнем (разгрузки материала с кузова автомобиля).

Ключевые слова: автомобильная дорога геосинтетических материалов, экспресс-метод, щебень.

Abstract. A new rapid method for determining the resistance to punching rod geosynthetics, which simulates the impact loading on the material in contact with gravel (unloading material from the body of the car).

Keywords: road, geosynthetics, rapid method rubble.

Вступ

Неткані геотекстильні матеріали (ГМ), виготовлені з термоскріплених штапельних волокон, отримали широке застосування в дорожньому будівництві. Дані матеріали мають високі показники міцності і достатню фільтруючі властивості та виконують функцію розділення шарів і перерозподілу напружень, що дозволяє зберегти первинну товщину засипки, перешкоджає руйнуванню основи, збільшує несучу здатність і забезпечує значну стійкість при сильному вібраційному навантаженні [1].

Для визначення придатності до використання і прогнозування довговічності вибирають методи лабораторних випробувань механічних властивостей ГМ, такі що найкраще моделюють навантаження та дії під час будівництва та експлуатації дорожнього одягу [2-3].

- деформація і руйнування при контакті зернистий матеріал (щебінь) – ГМ під час укочування котком шарів основи;

- одновісне та багатовісне розтягування, циклічне розтягування, незворотні деформації (повзучість) при експлуатації дорожнього одягу при проїзді автомобільного транспорту.

Методи визначення механічних характеристик при різних способах навантаження ГМ регламентовані національними та міжнародними стандартами [3 – 9]. У табл. 1 наведено коротке порівняння діючих методів визначення механічних характеристик ГМ.

Відповідно до нормативної документації для визначення характеристик міцності геотекстильних матеріалів передбачено відбір п'яти зразків за шириною та довжиною з подальшим поширенням отриманих середніх результатів вимірювань на всю партію полотна. Таким чином, оцінка якості проводиться за усередненими показниками результатів вимірювань.

Постановка проблеми

Ще десятиліття тому основним показником, який приймався до уваги при прийнятті проектних рішень була поверхнева густина геосинтетичних матеріалів (ГМ). З часом провідні фірми за рахунок нових технологій добилися значного зменшення розходу матеріалу і відповідно зменшилась поверхнева густина. Зараз до уваги беруться різні показники механічних властивостей.

Механічні властивості – характеризують поведінку матеріалу в різних режимах навантаження (розтяг, продавлювання, повзучість, пошкодження при вкладанні). Вказані методи потребують достатньо складного обладнання та трудомісткі. Крім того, кореляція між результатами випробувань за різними методами на сьогоднішній день часто не встановлена.

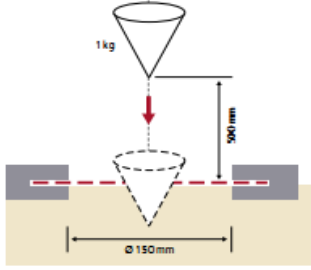
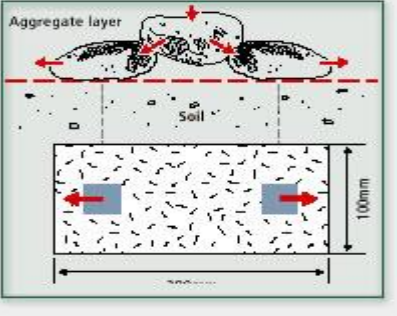
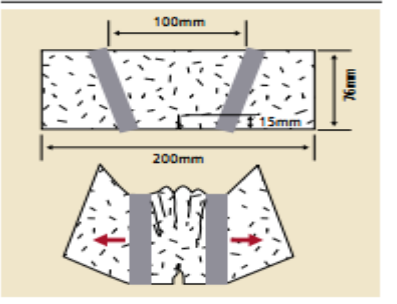
Таким чином, для контролю якості на виробництві необхідна розробка експрес-методу випробувань ГМ, яка дозволить отримати об'єктивну оцінку якості матеріалів.

Мета роботи є розроблення експрес-методу визначання міцності геосинтетичних матеріалів, що застосовуються у дорожньому будівництві, який дозволить скоротити час проведення випробувань та оперативно визначити придатність матеріалів до застосування.

Об'єкт дослідження. Продукція, що випробується: геосинтетичний нетканий термоскріплений матеріал GYPAR різних марок (відповідно ГТ 1-ГТ 5). Виробник компанія «DuPont de Nemours (Luxembourg) S.a.r.l.», Люксембург. Випробуваний матеріал є типовим представником асортименту геотекстильних матеріалів, що використовуються в дорожньому будівництві. У табл. 2 наведено технічні характеристики термоскріпленого геотекстилю за даними виробника.

Таблиця 1 – Порівняння методів визначення механічних властивостей ГМ

	<p>Міцність на розтяг [4-5] характеризує роботу ГМ на розтяг в конструктивних шарах дорожнього одягу при дії навантаження від коліс транспортних засобів. Ці випробування виконуються для всіх типів геосинтетиків і георіток на зразках 200 мм шириною і 100 мм довжиною. Поздовжнє зусилля прикладається до зразка до моменту його розриву. При цьому заміряються видовження зразка.</p>
	<p>Випробування на статичне продавлювання (СВR) [6] характеризує здатність ГМ обмежувати і утримувати крупнозернистий матеріал засипки в шарах основи дорожнього одягу. Стальний плунжер (50 мм в діаметрі) тисне з постійною швидкістю в центр зразка, який зажатий між двома стальними кільцями (150 мм в діаметрі). Заміряються максимальне зусилля тиску і переміщення при максимальному зусиллі.</p>

	<p>Динамічне пробивання конусом [7]. Конус із нержавіючої сталі падає в центр зразка затиснутого між двома стальними кільцями. Висота падіння конуса 500 мм. Ступінь проникнення вимірюється здатністю створювати отвір гострим кінцем конуса.</p>
	<p>Грейферна міцність [8]. Постійно зростаюче навантаження прикладається в поздовжньому напрямку до моменту розриву. Заміряються величина грейферної міцності і видовження зразка. Це випробування моделює напруження розтягу, які виникають в геотекстилю в результаті вертикального тиску внаслідок якого кам'яний матеріал намагається зміститись в бік.</p>
	<p>Міцність на роздирання [9]. Метод використовується для вимірювання сили, необхідної для подовження або роздиру тканого або нетканого геотекстиля у формі трапеції. Метод може використовуватися для контролю якості та приймального контролю, однак не забезпечує всю необхідну інформацію для повного застосування виробу і вимагає використання інших методів випробування.</p>

Таблиця 2 – Технічні характеристики термоскріпленого геотекстилю

ВЛАСТИВОСТІ	Стандарт	Од. вимір.	ГТ 1	ГТ 2	ГТ 3	ГТ 4	ГТ 5
Поверхнева густина	EN 965	г/м ²	68	110	136	190	260
Границя міцності на розтяг	EN ISO 10319	кН/м	3,4	7,3	9	13,1	20
Граничне видовження	EN ISO 10319	%	35	52	52	55	55
Міцність при 5% видовженні	EN ISO 10319	кН/м	1,8	3,3	4	5,7	8,2
Статичне проколювання	EN ISO 12236	Н	500	1100	1375	2000	3000
Занурення конуса, мм	EN 918	мм	50	36	30	23	21
Грейферна міцність	ASTM D4632	Н	300	625	750	1100	1680
Міцність на роздирання	ASTM D4533	Н	150	290	370	475	550

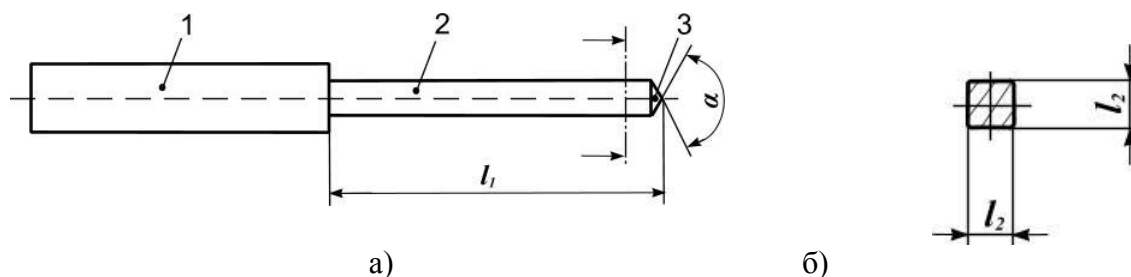
Метод визначення стійкості до пробивання стержнем ГМ поширюється на геосинтетичні матеріали, які застосовуються у дорожньому будівництві та установлює метод визначання міцності геосинтетичних матеріалів. Міцність визначають величиною максимального зусилля, необхідного для того, щоб пробити стрижнем з певною швидкістю пробу матеріалу.

Відбір проб здійснюють за ГОСТ 18321 [10] методом випадкового відбору. Від партії продукції відбирається не менше трьох точкових проб довжиною не менше 15 см за всією шириною полотна. З відібраних точкових проб рівномірно за всією шириною вирізають по три елементарні проби діаметром (72 ± 1) мм. Підготовлені проби витримують в умовах за ГОСТ 10681 24 години. В тих же умовах проводять випробування.

Метод випробування. Для проведення випробувань використовують машину для випробування на розтяг за ГОСТ 28840 з відносною похибкою вимірювання зусилля $\pm 1\%$ і абсолютною похибкою показників видовження ± 1 мм.

Машина повинна забезпечувати: можливість вертикальних рухів з амплітудою не менше ніж 150 мм; постійну швидкість руху (700 ± 10) мм/хв.

Стержень повинен бути виготовлений із сталі твердістю не менше ніж 60 HRC. Розміри і форму стрижня зазначено на рис. 1 (розміри в міліметрах).



l_1 – довжина стрижня від $(20 \div 50)$ мм; l_2 – ширина стрижня $(3,1 \pm 0,1)$ мм; r – радіус кутів стрижня $(0,5 \pm 0,05)^\circ$; α – включно кут наконечника $(120 \pm 2)^\circ$;

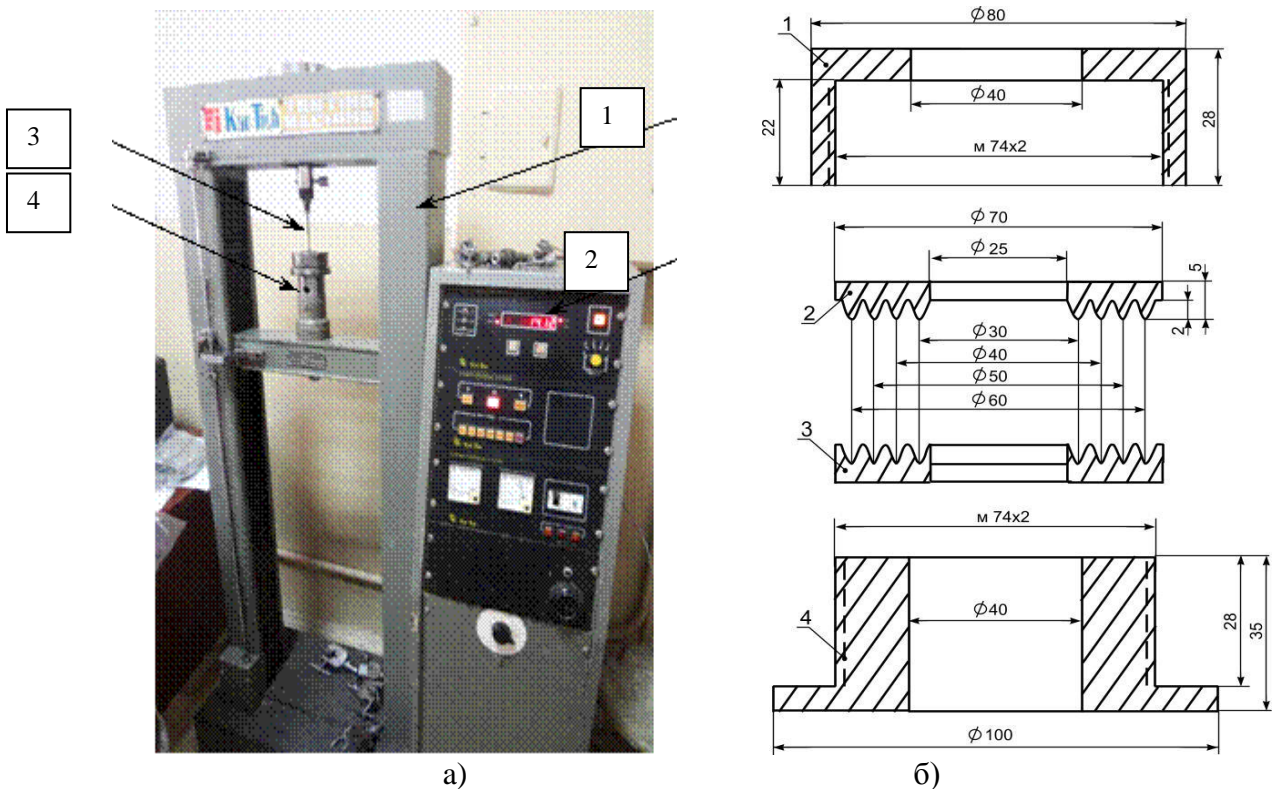
1 – закріплювана частина стрижня; 2 – стрижень квадратного перерізу; 3 – пірамідально заточений наконечник

Рисунок 1 – Стержень: а – вигляд збоку; б – поперечний переріз наконечника

Лінійні розміри стрижня необхідно перевіряти методом оптичного збільшення після здійснення 500 випробувань, але не рідше одного разу на рік. Підчас випробування матеріалів, що сильно зношують стрижень,

перевіряння його лінійних розмірів необхідно проводити частіше. Якщо під час перевіряння виявиться, що розміри стрижня не відповідають зазначеним на рис. 1, стрижень необхідно замінити.

Затискач повинен запобігати зсувові проби та її пошкодженню під час випробування. Він складається з корпусу, затискного кільця з внутрішньою різьбою та двох сталевих пластин із зубчатими надсічками. Товщина кожної пластини становить не менше ніж 4 мм, діаметр отвору для пробивання проби відповідно ($25 \pm 0,5$) мм (рис. 2).



1 - машина для випробування на розтяг; 2 - шкала навантажень; 3 - затискач з пробою; 4 - стрижень

1 - затискне кільце з внутрішньою різьбою; 2 - верхня затискна пластина із зубчатою надсічкою; 3 - нижня затискна пластина із зубчатою надсічкою, 4 - корпус

Рисунок 2 – Загальний вигляд випробування а) та типовий затискач для закріплення проби б)

Методика проведення випробування. Затискач з пробою, яку закріплюють зовнішньою стороною в напрямі стрижня, розміщують в машині для випробування на розтяг. Включають машину і з швидкістю (700 ± 10) мм/хв пробивають стрижнем пробу матеріалу. Реєструють зусилля в Ньютонах в момент пробивання проби стрижнем. Умови проведення випробувань: ГОСТ

10681-75: температура, 20,8-22,0 °С, відносна вологість - 60%. Випробувальне обладнання - розривна машина КТ-7010AZ (рис. 2а).

Результати випробувань та їх аналіз. Оброблення результатів. Обчислюють середнє арифметичне значення отриманих показників зусилля в Ньютонах момент пробивання проб. Отримане середнє значення округлюють до цілого числа.

Звіт про проведення випробування повинен містити такі дані:

- номер партії геосинтетичного матеріалу;
- дату проведення випробування;
- дані, необхідні для ідентифікації зразків;
- результати випробування кожної проби;
- середнє значення показників зусилля пробивання стрижнем (Н)

зразка геосинтетичного матеріалу. У табл. 3 наведено результати визначення опору пробиванню стержнем для термоскріпленого геотекстилю.

Таблиця 3 – Результати визначення опору пробиванню стержнем для термоскріпленого геотекстилю

№ п/п	ГТ 1	ГТ 2	ГТ 3	ГТ 4	ГТ 5
	Опір пробиванню, Н				
1	2,07	8,32	10,31	13,31	15,76
2	4,02	7,4	8,35	13,76	17,26
3	4,41	10,63	9,08	13,10	19,38
4	3,54	7,92	8,94	13,19	19,07
5	4,11	5,96	9,71	13,51	19,05
6	4,1	7,49	8,06	16,33	18,42
7	3,84	6,11	9,76	12,28	20,78
8	3,74	8,68	10,5	13,02	19,57
9	3,64	7,46	10,08	14,88	17,05
10	2,95	8,68	8,95	13,10	17,16
Середнє	3,642	7,865	9,374	13,648	18,35
Стандарт	0,681	1,350	0,826	1,151	1,508
Коефіцієнт варіації	18,69	17,17	8,81	8,44	8,22
Відношення	0,93	0,93	0,96	0,96	1,09

Результати у вигляді залежностей між опором пробиванню стержнем, поверхневою густиною та механічними характеристиками геотекстилю наведено на рис. 3, 4.

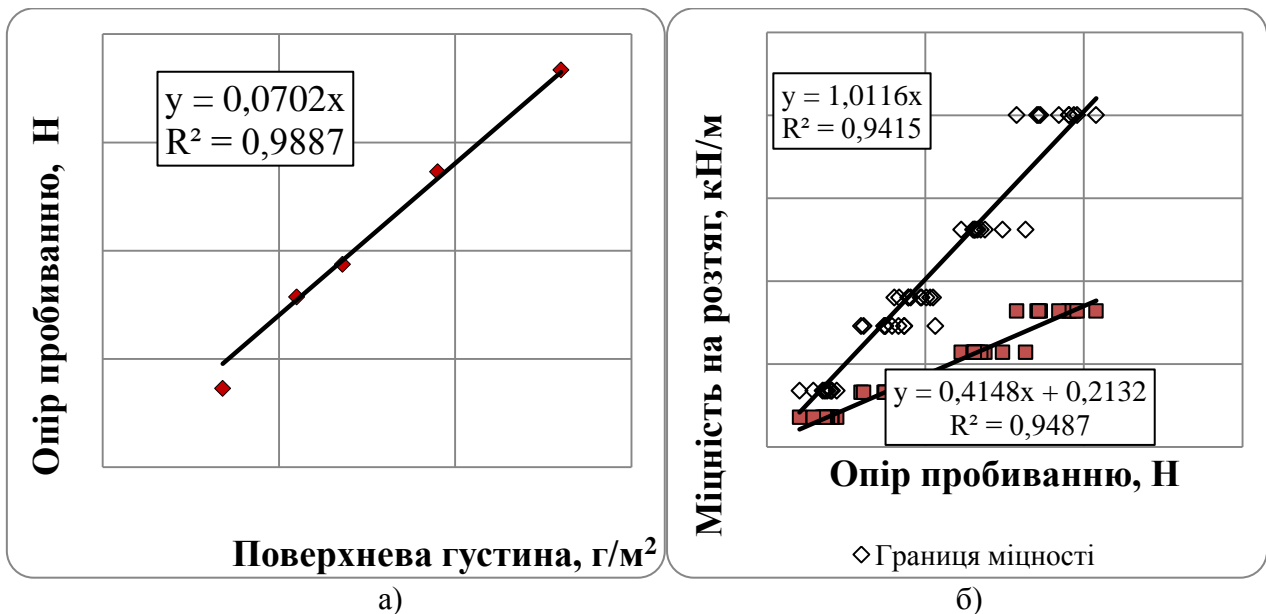


Рисунок 3 - Кореляційна залежність між: а) поверхневою густиною та опором та б) граничною міцністю на розтяг [5] та опором пробиванню стержнем

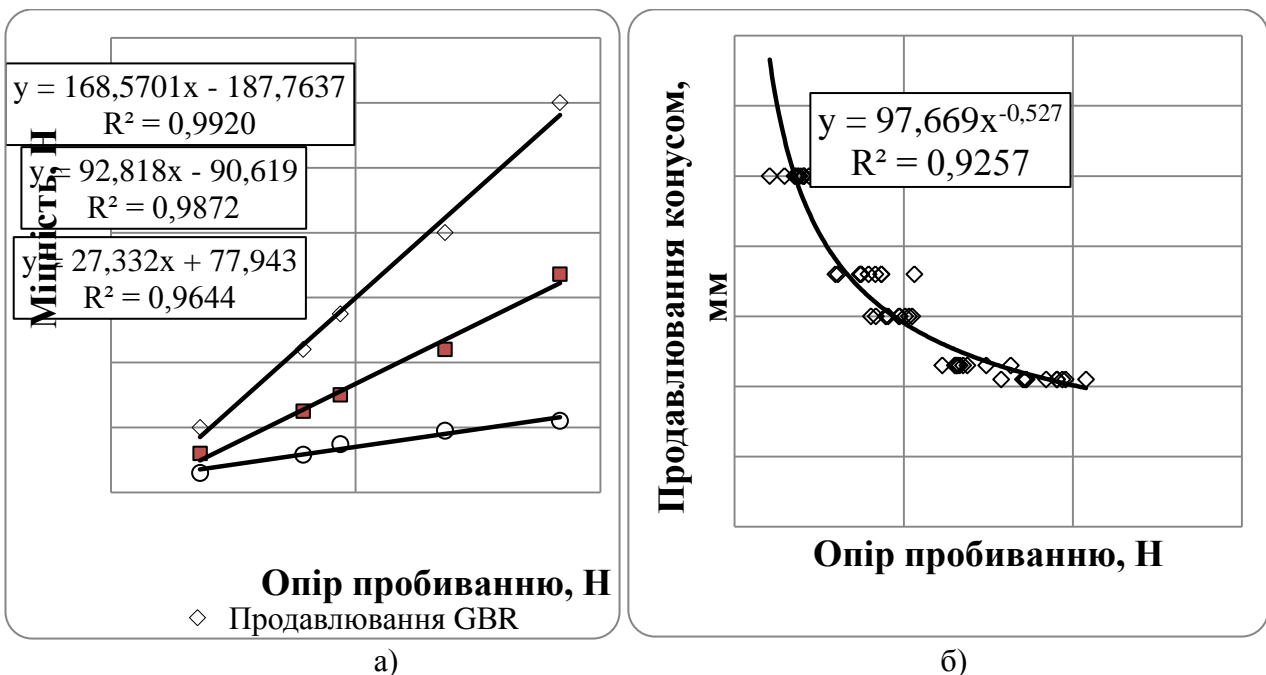


Рисунок 4 - Кореляційна залежність між: а) опором пробиванню стержнем та міцністю на продавлювання (CBR) і грейферною міцністю; б) опором пробиванню стержнем та глибиною занурення конуса

Висновки

У результаті проведених досліджень розроблено новий експрес-метод визначення стійкості до пробивання стержнем ГМ, який моделює ударне навантаження на матеріал при контакті з щебенем (розвантаження матеріалу з кузова автомобіля), укочення, динамічне навантаження при проїзді транспортних засобів по покриттю з нерівностями.

Аналіз результатів порівняльних випробувань вказує на тісний кореляційний зв'язок у вигляді лінійної залежності між пропонованим методом та механічними показниками властивостей геотекстилю (міцністю на розтяг, продавлюванням (CBR), грейферною міцністю та міцністю на роздир). Коефіцієнт кореляції між даними випробувань становить 0,98 – 0,99).

Кореляційна залежність між опором пробиванню та глибиною зануренням конуса за результатами експериментальних досліджень описується степеневу залежністю.

Переваги розробленого методу у порівнянні з стандартними є: моделює міцність ГМ при контакті з щебенем, скорочує час випробувань зразків, дозволяє проводити експрес – оцінку якості ГМ на етапі виробництва, дозволяє обирати матеріал для конкретних умов експлуатації та не потребує спеціального обладнання.

Даний метод, поряд із поверхневою щільністю, може бути рекомендований при статистичному контролі якості випуску продукції та операційному контролі якості поступлення термос кріплених геосинтетичних матеріалів на будівельну ділянку.

Література

1. Koerner R.M. Designing with Geosynthetics. 5th Edition, New Jersey, USA, 2005. – 580 p.
2. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Райковський В.Ф., Якименко Я.М. Надійність конструкцій дорожнього одягу. - Навч. посібник. К.: НТУ. – 2012. – 206 с.
3. ГБН В.2.3-37641918-544: 2014 Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. – К.: Укравтодор, 2014. – 144 с.
4. СОУ 45.2-00018112-025: 2007 Матеріали геосинтетичні. Методи випробувань. Введено вперше. Чинні від 01.03.2008.- К.: Укравтодор, 2007. - 109 с.
5. ДСТУ EN ISO 10319:2007 Геотекстиль. Метод випробування на розтягнення широкою смугою (EN ISO 10319:1996, IDT).
6. ДСТУ EN ISO 12236-2006 Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Статичне випробування на проколювання (CBR-випробування).
7. ISO 13433:2006 Geosynthetics – Dynamic perforation test (cone drop test) (Геосинтетики – Випробування на динамічне пробивання (випробування падаючим конусом)).
8. ASTM D 4632 Standard Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles (Стандартний метод випробувань на грейферну міцність і видовження геотекстилів).
9. ASTM D 4533 Standard Test Method for Trapezoid Tearing Strength of Geotextiles. Стандартний метод визначення міцності на роздирання геотекстильного матеріалу у формі трапеції.
10. ГОСТ 10681–75 Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения.