УДК 677.076.4

О.В. КИРИЧЕНКО
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
Л.В. ПЕЛИК
Львівський торговельно-економічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ГЕОТЕКСТИЛЬНИХ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ

У роботі висвітлено визначення проникності геотекстильних нетканих матеріалів, що використовуються для фільтрування у об'єктах будівництва. За результатами дослідження з'ясовано залежність повітропроникності від структурних показників, зокрема, поверхневої щільності, товщини, пористості та виду оброблення полотен.

Ключові слова: повітропроникність, геотекстильні неткані матеріали, пористість, поверхнева щільність, товщина.

O.V. KYRYCHENKO
Poltava University of Economics and Trade
L.V. PELYK
Lviv University of Trade and Economics

RESEARCH OF AIR PERMEABILITY OF NONWOVEN GEOTEXTILE

The purpose of the article is to determine the air permeability of geotextile nonwoven materials and its dependence on structural indicators. Geotextiles are considered from two positions: first, the ability to pass water, which is determined by the indicator of permeability, and secondly, to hold on the surface of the soil particle with the formation of a natural filter without full clogging of the material. This indicator characterizes the overall permeability and can be used as an additional parameter when selecting materials to perform filtering functions in construction sites. The research carried out 9 variants of specimens of geotextile needle nonwoven materials made of polypropylene and polyester fibers, the sheets have different processing (without additional processing, thermofixed, calendared, impregnated). The investigated samples differ in mass per unit area and thickness. With an increase in surface density and thickness, the air permeability for untreated samples is reduced by 24%, thermofixed, calendared – by 67%, and thermofixed, calendared, impregnated – by 36%. Samples without treatment are characterized by high air permeability due to high porosity and low volume density. The thermally fixed, calendared materials have the lowest air permeability, due to the surface sealing of the fibers as a result of the high temperatures during processing. Natural tests were conducted by stacking samples 3 and 8 in soil for 12 months, samples 6-8 for 24 months. During the specified terms of operation, the samples was in contact with soil layer, with water that came along with precipitation and maintained in the upper layers, serving as separation, filtration and drainage. The samples had different degrees of colmatation. Air permeability after 12 and 24 months of field testing is reduced, but geotextile nonwoven materials do not lose permeability. The air permeability of geotextile nonwoven materials are influenced by mass per unit area, thickness, type of treatment.

Keywords: air permeability, nonwoven geotextile, porosity, mass per unit area, thickness.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Геотекстильні неткані матеріали (ГНМ) використовується у сучасному будівництві з метою розділення шарів матеріалів, армування нестабільних ґрунтів і конструкцій, а також як фільтрувальний шар у дренажах та інших гідротехнічних конструкціях. Під час вибору ГНМ для фільтрування головними критеріями є характеристика основи об'єкта будівництва (кількість шарів, вид і розміри франції наповнювача тощо), розташування ґрунтових вод, процеси вологонакопичення і випаровування, величини проникності ґрунту та будівельних матеріалів. Крім цього, геотекстиль розглядається з двох позицій: по-перше, здатності пропускати воду, що визначається показником водопроникності, по-друге, затримувати на поверхні частинки ґрунту з утворенням природного фільтру без повного кольматування матеріалу.

Поводження геотекстилю у реальних конструкціях залежить від розмірів отворів як власне нетканого полотна, так і ґрунтового шару. Відомо, що неткані полотна є пористими і водопроникними за рахунок власної структури, хаотичного розташування волокон, складної системи пор. Ці особливості формуються у процесі виробництва під час формування настилу, скріплення волокон у полотні, додаткових термічних оброблень. Розміри отворів ГНМ повинні бути не надто малими, щоб забезпечувати фільтрування, і не надто великими, щоб мати можливість затримувати частинки ґрунту на поверхні [1].

Таким чином, визначення показників проникності є необхідним для прогнозування роботи геотекстильних нетканих матеріалів як фільтрувального шару. Процес проходження або затримання частинок ґрунту крізь полотно залежить від гранулометричного складу, розмірів отворів, пористості матеріалів.

Аналіз останніх досліджень чи публікацій

Використання геотекстилю як фільтрувального шару передбачає дотримання балансу між проникністю і затриманням ґрунту. Неткані полотна завдяки неорієнтованому розташуванню волокон розглядають як матеріали з пористою структурою, у яких відсутні як такі капіляри. Характер розміщення і розміри пор важко визначити експериментально, оскільки виділення конкретної пори серед інших не можливе [2]. Однак, розмір пор і пористість впливають на повітропроникність [3]. Термічне оброблення нетканих голкопробивних матеріалів, зокрема каландрування, має на меті отримання полотен з високою

міцністю, компактним розташуванням волокон за рахунок їх часткового додаткового зчеплення, при чому утворена структура практично не змінюється під час експлуатації [4, 5]. Разом з цим, у результаті каландрування зменшуються розміри отворів і водопроникність [6].

Формулювання цілей статті

Метою статті є визначення повітропроникності геотекстильних нетканих матеріалів та її залежності від структурних показників, що характеризує у загальному проникність та може використовуватися як додатковий параметр під час вибору полотен для виконання функції фільтрування у відповідних конструкціях.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Для дослідження було обрано 9 варіантів геотекстильних нетканих матеріалів. Усі зразки отримані голкопробивним способом. Вар. 2, вар. 8 у складі мають волокна поліпропілену, вар. 1, вар. 3-7, вар. 9 – волокна поліестеру. Полотна вар. 1, вар. 2, вар. 8 без додаткових оброблень, вар. 3, вар. 6, вар. 9 – термофіксовані, каландровані, вар. 4, вар. 5, вар. 7 – термофіксовані, каландровані, просочені. Досліджувані зразки відрізняються поверхневою щільністю від 96 г/м^2 до 311 г/м^2, товщиною 0,7-1,89 мм. Результати дослідження геотекстильних нетканих матеріалів представлені у табл. 1, залежності показника повітропроникності від структури і оброблення проілюстровані на рис. 1.

Таблиця 1

Характеристика показників структури геотекстильних нетканих матеріалів та повітропроникності

Вар. зразка	Об'ємна щільність, г/м^3	Пористість, %	Повітропроникність, дм^3/(м^{2}с)
1	0,09	93,64	1938
2	0,10	88,77	1836
3	0,16	88,39	1317
4	0,17	87,79	1692
5	0,19	86,51	1447
6	0,19	86,33	811
7	0,17	87,67	1088
8	0,09	90,01	1388
9	0,21	84,77	438

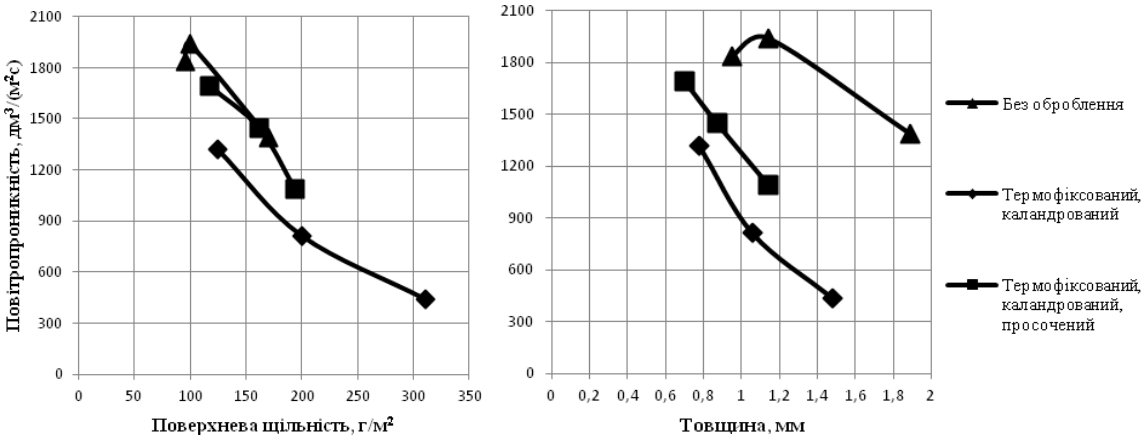

Рис. 1. Залежність повітропроникності від показників структури і оброблення

Як видно з табл. 1, досліджувані зразки характеризуються різною повітропроникністю. Найвище значення 1938 дм^3/(м^{2}с) зафіксовано у вар. 1 при найменшій об'ємній щільності 0,09 г/м^3 і найбільшій пористості 93,64%. Об'ємну щільність 0,21 г/м^3 і пористість 84,77% має вар. 9 з найменшою повітропроникністю 438 дм^3/(м^{2}с). У вар. 2-3, вар. 4, вар. 7 та вар. 5-6, у яких близькі значення пористості, на показник повітропроникності, значення якого відрізняється, впливає співвідношення поверхневої щільності і товщини, а також оброблення. Із збільшенням поверхневої щільності і товщини повітропроникність для необроблених зразків зменшується на 24%, термофіксованих, каландрованих – на 67%, а термофіксованих, каландрованих, просочених – на 36%. Зразки без оброблення характеризуються високою повітропроникністю за рахунок великої пористості та малої об'ємної щільності. Термофіксовані, каландровані полотна мають найнижчі значення повітропроникності, що пояснюється поверхневим ущільненням волокон у результаті дії високих температур під час оброблення.

Оскільки геотекстильні неткані матеріали під час використання піддаються впливу стискаючих, розтягуючих зусиль, потоку рідин, температури тощо, то значення показників властивостей змінюються залежно від умов зовнішнього середовища та вихідних характеристик полотен. Для з'ясування відмінностей були проведені натурні випробування шляхом укладання у ґрунт вар. 3 і вар. 8 на 12 місяців, вар. 6-8 на 24

місяці. Протягом заданих термінів експлуатації полотна контактували з ґрунтовим шаром, з водою, що надходила разом з опадами та утримувалася у верхніх шарах, виконуючи функцію розділення, фільтрування та дренажу. Порівняння ГНМ проводили за поверхневою щільністю, товщиною і повітропроникністю з попереднім оцінюванням зовнішнього вигляду, фіксацією пошкоджень. Досліджувані зразки мали різні ступені закольматованості, повного засліплення не спостерігалося. Частинки ґрунту, що укривали поверхню матеріалів, перед дослідженнями були видалені. Результати визначення показників після 12 місяців натурних випробувань представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Зміна показників геотекстильних нетканих матеріалів після натурних випробувань протягом 12 місяців

Варіант зразка	До закопування			Після закопування		
	поверхнева щільність, г/м^2	товщина, мм	повітропроникність, дм^3/(м^{2}с)	поверхнева щільність, г/м^2	товщина, мм	повітропроникність, дм^3/(м^{2}с)
3	125,0	0,78	1317	138,8	0,88	835
8	170,0	1,89	1388	184,6	1,47	795

Аналізуючи дані табл. 2, можна стверджувати, що за рахунок накопичення у порах матеріалу частинок ґрунту збільшується поверхнева щільність. У вар. 3 товщина збільшилася до 0,88 мм, що пояснюється заповненням пустот у зв'язку з кольматацією на фоні закріплення положення волокон полотна під час оброблення. У вар. 8 навпаки зафіксували зменшення товщини до 1,47 мм, оскільки структура не фіксована, більше піддається стисканню. Повітропроникність обох зразків зменшилася, при чому вар. 3 характеризується більшим значенням показника – 835 дм^3/(м^{2}с), за рахунок меншої зміни товщини та впливу оброблення. Дані дослідження зразків після закопування на 24 місяці згруповані у табл. 3.

Таблиця 3

Зміна показників геотекстильних нетканих матеріалів після натурних випробувань протягом 24 місяців

Варіант зразка	До закопування			Після закопування		
	поверхнева щільність, г/м^2	товщина, мм	повітропроникність, дм^3/(м^{2}с)	поверхнева щільність, г/м^2	товщина, мм	повітропроникність, дм^3/(м^{2}с)
6	200,0	1,06	811	277,8	1,34	346
7	194,0	1,14	1088	373,1	1,38	117
8	170,0	1,89	1388	237,0	1,39	795

Після 24 місяців натурних випробувань також спостерігається збільшення поверхневої щільності і товщини у зв'язку із значною закольматованістю, товщина вар. 8 зменшилася до 1,39 мм, що свідчить про деформування матеріалу під впливом зовнішніх факторів та відсутність фіксованої структури. Разом з тим, повітропроникність даного зразка не змінилася і залишилася на рівні 795 дм^3/(м^{2}с). У решти зразків повітропроникність зменшилася, при чому значення показника вар. 7 становить 117 дм^3/(м^{2}с), що пояснюється значним заповненням пор частинками ґрунту. Таким чином, зміна значень показників (рис. 2) залежить від ступеня закольматованості, структури матеріалів та їх оброблення.

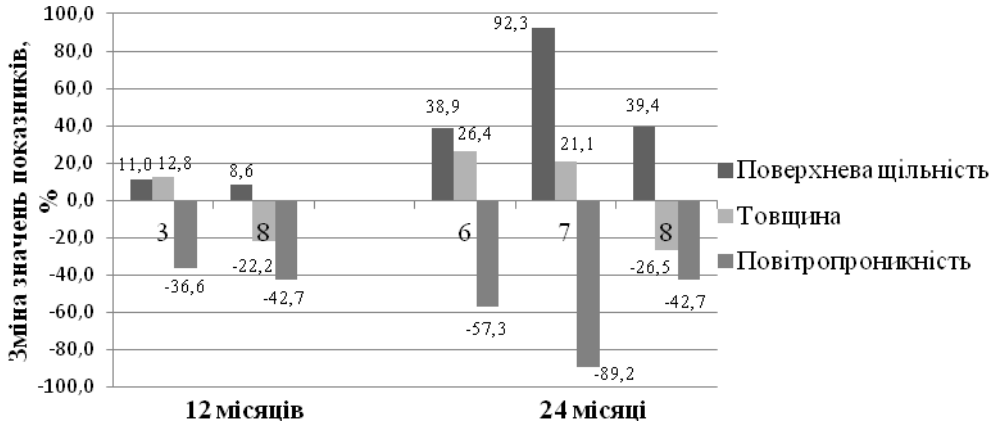

Рис. 2. Співвідношення значень показників зразків після і до натурних випробувань

Так, після 12 місяців натурних випробувань поверхнева щільність змінюється не суттєво на 11,0% і 8,6% для вар. 3 і вар. 8, на відміну від значень показника після 24 місяців. Повітропроникність протягом обох термінів продовжує знижуватися, однак геотекстильні неткані матеріали не втрачають проникність.

Найбільші зміни характерні для вар. 7 – зменшення повітропроникності на 89,2%, однак це пояснюється зростанням поверхневої щільності на 92,3%. У зразків термофіксованих, каландрованих спостерігається поступове зниження повітропроникності на 36,6% після 12 місяців і на 57,3% після 24 місяців. Ураховуючи зміни показників після натурних випробувань, можна зробити висновок, що найстабільнішими за структурними характеристиками залишаються термофіксовані, каландровані (вар. 3, вар. 6), хоча і спостерігається зменшення повітропроникності.

Висновки

Повітропроникність геотекстильних нетканих матеріалів залежить від поверхневої щільності, товщини, виду оброблення полотна, об'ємної щільності та пористості. Найвища повітропроникність 1938 дм^3/(м^{2}с) у вар. 1, що характеризується найменшою об'ємною щільністю 0,09 г/м^3 і найбільшою пористістю 93,64%. Найменша повітропроникність 438 дм^3/(м^{2}с) у вар. 9 з об'ємною щільністю 0,21 г/м^3 і пористістю 84,77%. Повітропроникність зменшується із збільшенням поверхневої щільності і товщини для необроблених зразків на 24%, термофіксованих, каландрованих – на 67%, а термофіксованих, каландрованих, просочених – на 36%. Після натурних випробувань протягом 12 і 24 місяців повітропроникність геотекстильних нетканих матеріалів зменшується у зв'язку з збільшенням поверхневої щільності, товщини і з зменшенням пористості, але полотна не втрачають проникність.

Література

1. Giroud J. P. Development of criteria for geotextile and granular filters. 9th International Conference on Geosynthetics, Guaruja, Brazil, May 2010, 20 p.

2. Трещалин М. Ю. Исследование процесса капиллярного подъема жидкости в нетканых матеріалах / М. Ю. Трещалин, В. С. Мандрон, Г. К. Мухамеджанов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 4. – С. 24–26.

3. Мухамеджанов Г. К. Исследование характеристик воздухопроницаемости, размера пор и пористости нетканого полотна Airlaid / Г. К. Мухамеджанов, С. Ф. Кузьмин, Ю. А. Ростиславина // Технический текстиль. – 2004. – № 10. – С. 9–12.

4. Kopitar D., Skenderi Z., Rukavina T. Impact of calendering process on nonwoven geotextiles hydraulic properties. Textile Research Journal, 2014, 84(1), p. 66–77. DOI: 10.1177/0040517513485627.

5. Karaguzel Kayaoglu B. Characterization of air permeability behavior of needle-punched nonwoven fabrics, Tekstil, 2012. Vol. 61 (1-6), p. 33–40.

6. Bezuijen A., Pilarczyk K. W. Geosynthetics in hydraulic and coastal engineering (The use of geotextiles in coastal and hydraulic engineering: filters, revetments and sand filled structures), EUROGEO 5, Educational session, Technical Report, 2012, 24 p.

References

1. J. P. Giroud. Development of criteria for geotextile and granular filters. 9th International Conference on Geosynthetics, Guaruja, Brazil, May 2010, 20 p.

2. Treschalin M. Yu. Issledovanie protsessa kapillyarnogo pod'ema zhidkosti v netkanyih materialah / M. Yu. Treschalin, V. S. Mandron, G. K. Muhamedzhanov // Izvestiya VUZov. Tehnologiya tekstilnoy promyishlennosti. – 2009. – № 4. – S. 24-26.

3. Muhamedzhanov G. K. Issledovanie harakteristik vozduhopronitsaemosti, razmera por i poristosti netkanogo polotna Airlaid / G. K. Muhamedzhanov, S. F. Kuzmin, Yu. A. Rostislavina // Tehnicheskiy tekstil. – 2004. – № 10. – S. 9-12.

4. D. Kopitar, Z. Skenderi, T. Rukavina. Impact of calendering process on nonwoven geotextiles hydraulic properties. Textile Research Journal, 2014, 84(1), pp. 66-77. DOI: 10.1177/0040517513485627.

5. B. Karaguzel Kayaoglu. Characterization of air permeability behavior of needle-punched nonwoven fabrics, Tekstil, 2012. Vol. 61 (1-6), pp. 33-40.

6. A. Bezuijen, K. W. Pilarczyk. Geosynthetics in hydraulic and coastal engineering (The use of geotextiles in coastal and hydraulic engineering: filters, revetments and sand filled structures), EUROGEO 5, Educational session, Technical Report, 2012, 24 p.

Рецензія/Peer review : 11.11.2017 р. Надрукована/Printed :08.02.2018 р.
Рецензент: стаття рецензована редакційною колегією