ISSN 2306-5478

УДК 624.138.9 https://doi.org/10.31713/vt2202627

Фрідріхсон В. Л., (1: ORCID: 0000-0003-4001-8646)
к.т.н., с.н.с.
Кривоног О. І., (1: ORCID: 0000-0002-8435-3393)
к.т.н., с.н.с.
Кривоног В. В., (1: ORCID: 0000-0002-3788-6947)
к.т.н., с.н.с.
Фадеічев В.В., (1:)
гол. інж.-гідротехн.
Романенко П.Ю., (1:)
пров. інж.
[1] Інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ

КОЛЬМАТАЦІЯ НЕТКАНИХ ГЕОТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ДІЇ ДОВГОСТРОКОВИХ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

В статті приведено результати експериментальних досліджень механічної кольматації фільтрів з нетканих геотекстильних матеріалів (НГМ) за умов, коли на процес фільтрування впливають динамічні навантаження, параметри яких відповідають впливам на верхню будову автомобільних та залізничних шляхів від транспорту. Було також проведено серію дослідів, коли динамічні навантаження при фільтруванні були відсутні.

Дослідження процесу кольматації НГМ виконувались в лабораторних умовах на ґрунтових моделях методом фізичного моделювання. Досліди проводили в циліндричних фільтраційних приборах типу Дарсі з незв'язним суфозійним ґрунтом, який мав коефіцієнт різнозернистості η = 11.8 і максимальний діаметр суфозійних частинок $d_{ci}^{\max}$ = 0.12 мм. Кількість частинок діаметром < 0.1 мм в ґрунті перевищувала 10% по масі. Процес фільтрування розглядали як фільтрацію малоконцентрованої суспензії крізь волокнисто-пористе середовище.

За результатами досліджень отримано залежність для визначення прогнозованої величини початкової кольматації і експериментальну формулу для її розрахунку. Отримано експериментальну формулу для розрахунку кінцевого значення коефіцієнта фільтрації НГМ в процесі їх кольматації по всій товщі

матеріалу, коли всі його пори розміром $\leq d_u^o$ будуть закольматовані.

Встановлено, що дія динамічних навантажень в процесі кольматації фільтру призводить до зменшення його водопроникності в 2–3 рази в порівнянні з кольматацією при стаціонарній фільтрації.

Ключові слова: **неткані волокнисто-пористі матеріали, порова структура, кольматація.**

Вступ. Неткані геотекстильні матеріали активно використовуються в конструкціях земляного полотна автомобільних і залізничних шляхів. На теперішній час вони є невід'ємним елементом цих конструкцій, як при будівництві, так і при їх реконструкції [1, 2]. В цих конструкціях геотекстиль зазнає поряд з гідродинамічними навантаженнями, які виникають при фільтрації ґрунтових вод, і динамічні навантаження в результаті руху транспортних засобів.

В цих умовах геотекстиль не повинен перешкоджати вільному водообміну всередині конструкції земляного полотна, тобто бути достатньо водопроникний і мати низьку ймовірність кольматації впродовж всього строку експлуатації.

Основним документом, який регламентує застосування геотекстильних матеріалів при будівництві та реконструкції автошляхів в Україні, є ГБН В.2.3-37641918-544:2014 [1].

В конструкціях залізничних шляхів до геотекстиля, крім традиційних, пред'являються і особливі вимоги, а саме – запобігання кольматування продуктами подріблення та стирання щебеню, який лежить над шаром геотекстиля, а також дрібними частинками, що переносяться вітром і утворюються при перевезенні сипучих матеріалів.

В чинних нормативних документах здатність НГМ уникнути частково або повністю кольматації регламентується двома критеріями: критерієм контактної стійкості та критерієм не забивання пор [1]. Визначаючим фактором цих критеріїв є співвідношення діючого (необхідного) діаметра пор фільтра до діаметра твердих частинок [3, 4, 5].

Однак за цими критеріями неможливо спрогнозувати ступінь кольматації фільтра в процесі всього періоду його експлуатації в важких умовах, зокрема при наявності суфозії і динамічних навантажень. Аналіз наукових досліджень на побудованих об'єктах

ISSN 2306-5478

показав, що процес кольматації НГМ суфозійними частинками, в тому числі і тих, які можуть утворюватись в дорожніх конструкціях в результаті динамічних навантажень і переноситись фільтраційним потоком крізь фільтр, невідворотний.

Відомо, що функціональні властивості пористого середовища, а саме водопроникність, контактна стійкість і можливий ступінь кольматації, залежить від деякого діючого діаметра пори і функції розподілу пор по діаметрам [4, 6].

Однак, на теперішній час недостатньо досліджено взаємозв'язок впливу динамічних навантажень і порової структури НГМ на процес їх кольматації. Тому дослідження в цьому напрямку є актуальними з точки зору наукової і практичної значимості для прогнозу можливих змін фільтраційних властивостей фільтрів з геотекстильних матеріалів в умовах переносу фільтраційним потоком суфозійних частинок ґрунту, як при динамічних навантаженнях, так і при стаціонарній фільтрації.

Задачі досліджень. За результатами експериментальних досліджень одержати залежності, що дозволять прогнозувати кольматацію фільтрів, які працюють у важких умовах.

Методика досліджень.

Дослідження процесу кольматації НГМ в умовах дії довгострокових динамічних навантажень були проведені експериментальним шляхом з застосуванням методів фізичного моделювання на грунтових моделях.

Процес кольматації НГМ в земляних конструкціях різних типів дорожнього полотна розглядали як фільтрацію малоконцентрованої суспензії крізь волокнисто-пористе середовище.

Досліди проводили в фільтраційних приборах типу Дарсі, на які передавались вертикальні коливання з частотою 10 Гц і амплітудою 0.1 мм, що відповідає впливу транспортних засобів на дорожнє полотно, при напірній фільтрації в ламінарному режимі зверху вниз при постійній швидкості, яка була в 2–3 рази більше за величину критичної швидкості для ґрунту, який використовувався в дослідах.

В якості ґрунту було використано щебеневий відсів з коефіцієнтом різнозернистості η = 11.8 і діаметром суфозійних частинок $d_{ci}^{\max}$ = 0.12 мм.

В ході досліду фіксували зміну водопроникності фільтру в часі *T*, яка характеризувалась коефіцієнтом фільтрації закольматованого зразка $K_з$. Безперервний в часі експеримент тривав до моменту

стабілізації величини коефіцієнта фільтрації закольматованого зразка.

Результати досліджень.

В табл. 1 наведено вихідні характеристики досліджених зразків і розрахункові параметри їх порової структури [7].

Таблиця 1

Вихідні характеристики і розрахункові параметри порової структури дослідних зразків НГМ

$\frac{N_{зразка}}{N_{досліду}}$	Вихідні характеристики			Розрахункові значення				
	δ, мм	$\gamma_ф$, г/см^3	$d_{е.в.}$, мм	n	d_{50}^o, мм	d_{90}^o, мм	$P_{d_u^o}$	d_u^o, мм
2/1	14.2	0.032	0.040	0.975	0.620	0.970	0.41	0.460
2/2	5.0	0.090	0.040	0.930	0.247	0.390	0.54	0.270
2/3	2.3	0.165	0.040	0.870	0.143	0.224	0.66	0.177
2/4	14.2	0.046	0,040	0,960	0,316	0,496	0,510	0,266
2/5	5.0	0.082	0.040	0.940	0.286	0.450	0.53	0.280
2/6	2.3	0.192	0.040	0.850	0.125	0.197	0.65	0.161
3/1	2.8	0.111	0.026	0.890	0.113	0.177	0.71	0.127
3/2	2.8	0.126	0.026	0.870	0.097	0.153	0.74	0.115
3/3	2.8	0.136	0.026	0.860	0.091	0.143	0.76	0.110
3/4	1.8	0.177	0.026	0.820	0.073	0.114	0.82	0.093
3/5	1.8	0.190	0.026	0.810	0.069	0.109	0.83	0.090
3/6	1.8	0.250	0.026	0.750	0.065	0.102	0.85	0.075
3/7	1.1	0.283	0.026	0.710	0.047	0.075	0.93	0.067
3/8	1.1	0.285	0.026	0.710	0.047	0.075	0.93	0.067
3/9	1.1	0.285	0.026	0.710	0.047	0.075	0.93	0.067
3/10	1.1	0.273	0.026	0.720	0.049	0.077	0.93	0.069
4/1	0.4	0.302	0.050	0.690	0.080	0.126	0.79	0.123
4/2	0.4	0.320	0.050	0.670	0.076	0.119	0.81	0.117
4/3	0.4	0.340	0.050	0.650	0.072	0.113	0.82	0.112
4/4	0.4	0.340	0.050	0.650	0.072	0.113	0.82	0.112
4/5	0.4	0.300	0.050	0.690	0.080	0.126	0.79	0.123

ISSN 2306-5478

В табл. 1: δ – товщина фільтра; $\gamma_ф$ – об'ємна щільність фільтра; $d_{е.в.}$ – діаметр елементарного волокна; n – пористість геотекстильного матеріалу в долях; d^o_{50} – середній діаметр пор менше якого в поровій структурі фільтра 50% пор по площі; d^o_{90} – діаметр пори фільтра, менше якого в поровій структурі фільтра 90% пор по площі; $P_{d^o_u}$ – вірогідність діаметра d^o_u на кривій розподілу пор; d^o_u – умовний розрахунковий діаметр фільтраційного ходу.

По результатам проведених експериментальних досліджень були побудовані графіки залежностей $K_з = f(T)$ для умов з динамічними навантаженнями і при стаціонарній фільтрації, характерні з яких, як приклад, приведено на рис. 1.

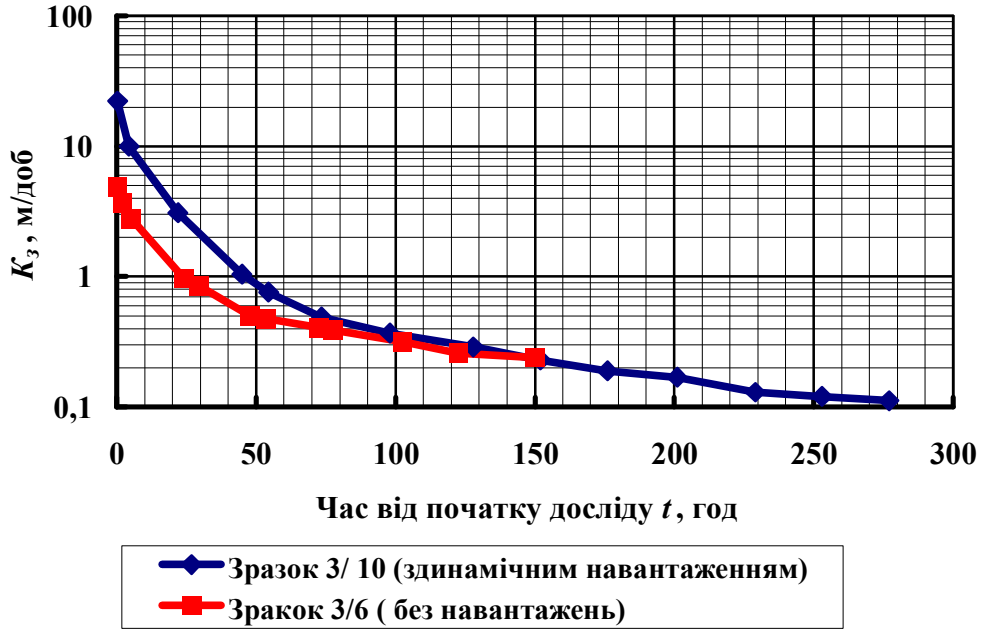


Рис. 1. Зміна коефіцієнтів фільтрації $K_з$ зразків фільтрів в часі

В подальшому, для аналізу отриманих результатів було використано критерій інтенсивності забивання пор $\varphi = f(T)$ [8]:

$$\varphi = \left(1 - \frac{K_з}{K_o}\right)\frac{W_ф}{W}, \qquad (1)$$

де K_o – коефіцієнт фільтрації фільтра до початку його роботи; $K_з$ – коефіцієнт фільтрації фільтра під час його роботи; $W_ф$ – об'єм фільтра; W – об'єм фільтрату, який протікає крізь фільтр за час T.

На рис. 2 для деяких зразків наведено графіки $\varphi = f(T)$, які характеризують процес кольматації НГМ в умовах динамічних наванажень і при стаціонарній фільтрації.

Згідно приведених на рис. 2 графіків, процес кольматації НГМ частинками ґрунту, як при динамічних навантаженнях, так і при стаціонарній фільтрації, можна розглядати як два види кольматації: початкова і завершальна.

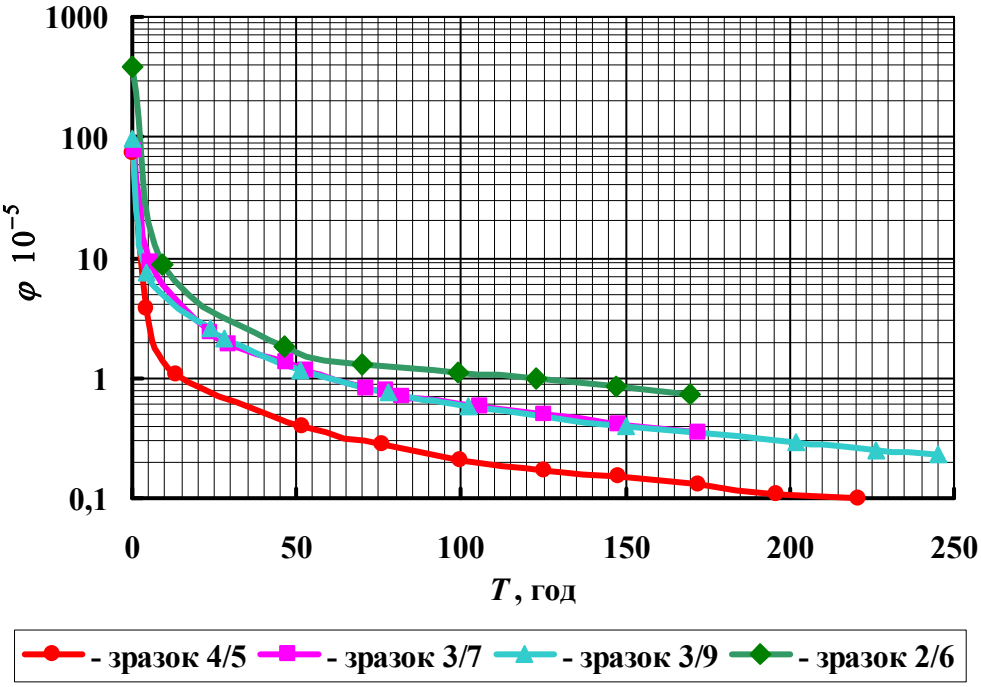


Рис. 2. Критерій інтенсивності забивання пор $\varphi = f(T)$

Для початкової кольматації характерне різке зменшення коефіцієнта фільтрації фільтра $K_{з.п}$ відносно його вихідного значення K_o.

Для умов стаціонарної фільтрації початкова кольматація є результатом забивання поверхневого шару фільтра суфозійними частинками ґрунту і відбувається до моменту завершення процесу утворення (приблизно до 5 годин) контактного шару, який утворюється з волокон поверхневого шару фільтра і суфозійних частинок ґрунту діаметрами від $d_{ci}^{\max}$ до d_{ci}.

ISSN 2306-5478

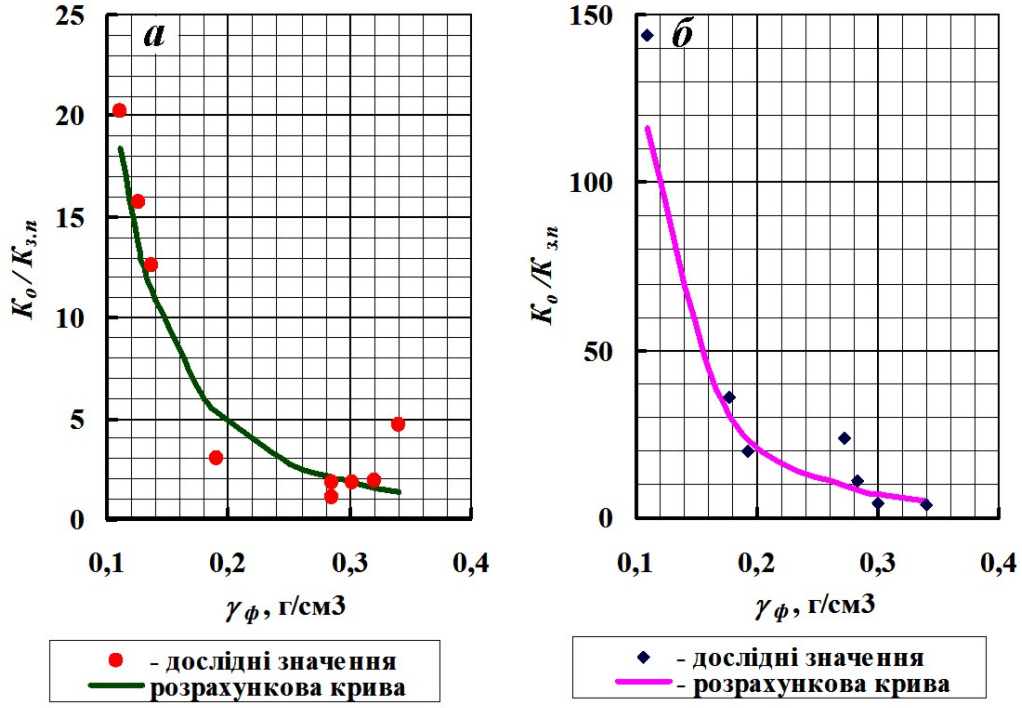


Рис. 3. Визначення початкової кольматації фільтів
а – без навантажень, *б* – з динамічним навантаженням

Завершальна кольматація фільтра відбувається за рахунок виносу фільтраційним потоком суфозійних частинок діаметром $< d_{ci}$ крізь склепіння над порами фільтра безпосередньо в пористе середовище з можливою його кольматацією по всій товщі.

Зафіксоване при цьому подальше зменшення водопроникності фільтра $K_з$ відносно його значення в період початкової кольматації $K_{з.п}$ від 2 до 30 разів залежить від об'ємної щільності НГМ, яка визначає їх пористість та порову структуру.

При динамічних навантаженнях спостерігається більш різке зменшення водопроникнності фільтра в початковий період його кольматації, що наглядно видно з графіків залежностей $K_o/K_{з.п} = f\left(\gamma_ф\right)$, які приведено на рис. 3.

Це пояснюється руйнуванням склепіння над порами внаслідок динамічних навантажень і кольматацією поверхневого шару фільтра суфозійними частинками в усьому діапазоні їх розмірів від $d_{ci}^{\max}$ до $d_{ci}^{\min}$.

Для залежностей (рис. 3), відповідно до умов експлуатації фільтрів, отримано експериментальні формули для розрахунку прогнозованої величини коефіцієнта фільтрації в період початкової кольматації НГМ $K_{з.п.пр}$ на підставі їх вихідних характеристик, а саме: об'ємної щільності $\gamma_ф$ (г/см^3) і вихідного коефіцієнта фільтрації K_o (м/добу).

При динамічних навантаженнях

$$K_{з.п.пр} = 4.2 K_o \gamma_ф^{2.8}. \quad (2)$$

При стаціонарній фільтрації

$$K_{з.п.пр} = 8.3 K_o \gamma_ф^{2.28}. \quad (3)$$

Згідно методики прогнозу можливої кольматації НГМ [7], на базі паспортних характеристик та характерних параметрів порової структури досліджених зразків, було вирахувано прогнозовані кінцеві значення коефіцієнтів фільтрації $K_{з.пр}$ в завершальний період їх кольматації за формулою

$$K_{з.пр} = \frac{K_o n_p}{n}, \quad (4)$$

де K_o – визначається відповідно формул (2) і (3); n_p – робоча пористість фільтру, яка залишається після кольматації всіх його пор розмірами $\le d_u^o$ і вираховується за формулою

$$n_p = n\left(1 - P_{d_u^o}\right), \quad (5)$$

$$d_u^o = 2 d_{е.в.}\left(\frac{1}{\sqrt{1-n}} - \frac{1}{\sqrt{\pi}}\right), \quad (6)$$

$$P_{d_u^o} = 0.63 d_{50}^o \left(\frac{1}{d_{90}^o}\right)^{1.33}, \quad (7)$$

$$d_{50}^o = 0.408\left(\frac{d_{е.в.}}{1-n}\right)^{0.89}, \quad (8)$$

$$d_{90}^o = 1.57 d_{50}^o. \quad (9)$$

Формули (5)–(9) – експериментальні, і було отримано за результатами дослідження порової структури НГМ [8].

Результати розрахунків прогнозованих коефіцієнтів фільтрації закольматованих зразків $K_{з.п.пр}$, які приведено в табл. 2, є досить близькі (одного порядку) до дослідних значень коефіцієнтів фільтрації $K_з$.

ISSN 2306-5478

Таблиця 2

Результати розрахунків прогнозованої кольматації фільтрів при стаціонарній фільтрації і при динамічних навантаженнях

$\frac{N_{зразка}}{N_{досліду}}$	Вихідні характеристики зразка			Кольматація зразка		Розрахункові значення		
	$\gamma_ф$, г/м^3	n	$K_о$, м/добу	$K_{з.п}$, м/добу	$K_з$, м/добу	$K_{з.п.пр}$, м/добу	$n_р$	$K_{з.пр}$, м/добу
Стаціонарна фільтрація								
2/1	0.032	0.975	1549	–	–	–	0.570	905
2/2	0.090	0.93	590	–	226	–	0.430	272
2/3	0.165	0.87	215	–	124	–	0.290	154
3/1	0.110	0.89	340	16.8	4.3	18.4	0.258	4.9
3/2	0.126	0.87	260	16.6	5.5	19.2	0.226	4.3
3/3	0.136	0.86	220	17.5	6.5	19.3	0.206	4.2
3/4	0.177	0.82	109	8.7	5.1	17.4	0.147	1.6
3/5	0.190	0.81	90	30.0	7.8	16.9	0.138	5.1
3/6	0.250	0.75	32	2.8	0.22	11.3	0.111	0.41
3/8	0.285	0.71	18	10.0	1.8	8.5	0.050	0.7
3/9	0.285	0.71	18	17.0	0.5	8.5	0.050	1.2
4/1	0.302	0.69	13.5	7.7	1.8	7.3	0.145	1.6
4/2	0.320	0.67	8.5	4.52	0.25	5.2	0.127	0.86
4/3	0.340	0.65	7.0	1.5	0.15	5.0	0.117	0.27
З динамічними навантаженнями								
2/4	0.046	0.96	1200	–	–	–	0.470	587
2/5	0.082	0.94	700	–	–	–	0.440	328
2/6	0.192	0.81	145	20.0	3.00	6.0	0.270	2.00
3/1	0.110	0.89	340	2.36	2.10	2.93	0.280	0.85
3/4	0.177	0.82	109	3.01	1.65	3.56	0.147	0.64
3/7	0.283	0.71	18.5	1.70	0.14	2.24	0.050	0.16
3/10	0.273	0.72	24.0	3.10	0.10	2.66	0.050	0.18
4/4	0.340	0.65	7.00	1.80	0.15	1.42	0.117	0.26
4/5	0.300	0.69	13.5	3.00	0.12	1.93	0.145	0.40

В табл. 2 приведено значення коефіцієнтів фільтрації фільтрів на чистій воді K_o, коефіцієнтів фільтрації зразків при їх початковій кольматації $K_{з.п.}$, розрахункове значення коефіцієнта фільтрації закольматованого зразка $K_{з.пр}$, і кінцевих значень коефіцієнтів фільтрації закольматованих фільтрів, стабілізація величини яких свідчить про завершення процесу кольматації фільтру.

Для зразків 2/1, 2/2, 2/4 і 2/5 при швидкостях фільтрації, які забезпечували в дослідах перенос суфозійних частинок в ґрунті при фільтрації, як при динамічних навантаженнях, так і при стаціонарній фільтрації, не було зафіксовано кольматації. Це пов'язано з поровою структурою цих зразків, в яких n_p> 0.4, а умовний розрахунковий діаметр пори $d_u^o \geq 3.3 d_{ci}^{\max}$, тобто витримується умова, при якій кольматації фільтра не буде або вона буде незначною.

Для цих зразків, згідно запропонованої методики прогнозу [8], коефіцієнт фільтрації закольматованого фільтра $K_{з.пр.}$ приблизно в 2 рази менший в порівнянні з його вихідними значеннями, але їх величини одного порядку.

Висновки

В результаті дослідження процесу механічної кольматації НГМ в умовах стаціонарної фільтрації і динамічних навантажень встановлено наступне.

1. При контакті з незв'язними суфозійними ґрунтами НГМ будуть кольматуватися піщаними і пилуватими частинками ґрунту, які переносяться фільтраційним потоком. Ступінь кольматації НГМ залежить від порової структури матеріалу і умов фільтраційного процесу. Водопроникність НГМ внаслідок кольматажу може зменшитись від 2 до 100 разів і більше.

2. В процесі кольматації НГМ можна виділити два періоди: перший період – початкова кольматація, яка характеризується різким зменшенням водопроникності НГМ, в порівнянні з їх вихідними значеннями, за рахунок кольматації поверхневого шару матеріалу і утворення контактного шару з волокон фільтру і частинок ґрунту; другий період – кольматація порової структури НГМ по його товщі, яка характеризується поступовим зменшенням коефіцієнта фільтрації матеріла в залежності від тривалості процесу кольматації і може бути описана степеневою функцією $y = ax^{-n}$.

3. Для визначення прогнозованої величини початкової кольматації отримано залежність $K_o / K_{п.з} = f\left(\gamma_ф\right)$ і експериментальну формулу для її розрахунку.

 ISSN 2306-5478

4. Отримано розрахункову формулу для розрахунку кінцевого значення коефіцієнта фільтрації НГМ в процесі їх кольматації по всій товщі матеріалу, коли всі його пори розміром $\leq d_u^o$ будуть закольматовані.

5. Встановлено, що дія динамічних навантажень в процесі кольматації фільтру призводить до зменшення його водопроникності в 2–3 рази в порівнянні з кольматацією при стаціонарній фільтрації.

1. ГБН В.2.3-37641918-544:2014. Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги. Міністерство інфраструктури України. Київ. 2014. 143 с. **2.** ДБН В 2.3-19:2018. Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм. Норми проектування. Мінрегіон України. Київ. 2018. 126 с. **3.** Инструкция по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений. М.-Л. Энергия. 1965. 97 с. **4.** Пивовар Н.Г., Бугай Н.Г., Фридрихсон В.Л., Кривоног А.И., Кривоног В.В.. Дренаж с волокнистыми фильтрами для защиты территорий от подтопления. Изд-во Института гидромеханики НАН Украины. Киев. 2000. 332 с. **5.** Жужиков В.А. Теория и практика разделения суспензий. М. – Химия. 1968. **6.** Р. Коллинз. Течение жидкостей через пористые материалы. М. Мир. 1964. 350 с. **7.** Фрідріхсон В. Л., Кривоног О. І., Кривоног В. В. Дослідження розподілу пор по розмірам нетканих волокнисто-пористих матеріалів. Вісник НУГВП Серія "Технічні науки" Випуск 1(109). Рівне. 2025 р. С. 275-290. URL: https://doi.org/10.31713/vt1202523. **8.** Федоткин И. М., Криль С.И., Борщевская Л. И. Разделение суспензий и гиперфильтрование. Київ. Техніка. 1972. 156 с. **9.** Блажко Л. С., Штыков В. И. Работа геотекстиля в конструкции верхнего строения пути// Наука и транспорт. 2009. С. 60–64.

REFERENCES:

1. GBN V.2.3-37641918-544. Motorways. Application of geosynthetic materials in road structures. Basic requirements. Ministry of Infrastructure of Ukraine. Kyiv. 2014. 143 p. **2.** DBN V 2.3-19:2018. Transport structures. 1520 mm gauge railways. Design standards. Ministry of Regional Development of Ukraine. Kyiv. 2018. 126 p. **3.** Instructions for the design of reverse filters for hydraulic structures. M.-L. Energy. 1965. 97 p. **4.** Pivovar N.G., Bugay N.G., Fridrikhson V.L., Krivonog A.I., Krivonog V.V. Drainage with fibrous filters for protection of territories from flooding. Publishing house of the Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine. K. 2000. 332 p. **5.** Zhuzhikov V.A. Theory and Practice of Separation of Suspensions. Moscow: Chemistry. 1968. **6.** R. Collins. Flow of Liquids through Porous Materials. Moscow: Mir. 1964. 350 p. **7.** Fridrikhson V. L., Kryvonog O. I., Kryvonog V. V. Research on the distribution of pores by size of nonwoven fibrous-porous materials. Bulletin of the National Institute of Industrial and Scientific Research, Series "Technical

Sciences", Issue 1(109). Rivne. 2025. Pp. 275-290. URL: https://doi.org/10.31713/vt1202523. **8.** Fedotkin I. M., Kril S. I., Borshchevskaya L. I. Separation of suspensions and hyperfiltration. Kyiv. Tekhnika. 1972. 156 p. **9.** Blazhko L. S., Shtykov V. I. Work of geotextiles in the construction of the track superstructure// Science and transport. 2009. Pp. 60–64.

Fridrikhson V. L., (1: ORCID: 0000-0003-4001-8646)
Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Researcher Fellow
Kryvonoh O. I., (1: ORCID: 0000-0002-8435-3393)
Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Researcher Fellow
Kryvonoh V. V., (1: ORCID: 0000-0002-3788-6947)
Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Researcher Fellow
Fadeichev V. V., (1:)
Chief hydraulic engineer
Romanenko P. Y., (1:)
Lead engineer
[1] Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

COLMATATION OF NON-WOVEN GEOTEXTILE MATERIALS UNDER LONG-TERM DYNAMIC LOADS

The article presents the results of experimental studies of mechanical colmatation of filters made of non-woven geotextile materials (NGM) under conditions when the filtration process is affected by dynamic loads, the parameters of which correspond to the effects on the superstructure of highways and railways from transport. A series of experiments was also conducted when dynamic loads during filtration were absent.

Studies of the colmatation process of NGM were performed in laboratory conditions on soil models using the physical modeling method. The experiments were carried out in cylindrical filtration devices of the Darcy type with a non-cohesive suffusion soil, which had a coefficient of heterogeneous grain size η = 11.8 and a maximum diameter of suffusion particles $d_{ci}^{\max}$ = 0.12 mm. The number of particles with a diameter of < 0.1 mm in the soil exceeded 10% by mass. The filtration process was considered as filtration of a low-concentration suspension through a fibrous-porous medium.

 ISSN 2306-5478

According to the results of the research, a dependence was obtained for determining the predicted value of the initial clogging and an experimental formula for its calculation. An experimental formula was obtained for calculating the final value of the filtration coefficient of NGM in the process of their clogging throughout the thickness of the material, when all its pores by size $\leq d_u^o$ will be clogged.

It was established that the action of dynamic loads in the process of clogging of the filter leads to a decrease in its water permeability by 2–3 times compared to clogging during stationary filtration.

***Keywords*:** non-woven fibrous-porous materials, porous structure, colmatation

Отримано: 30 березня 2026 року
Прорецензовано: 28 квітня 2026 року
Прийнято до друку: 29 травня 2026 року

© 2026 [Fridrikhson V. L., Kryvonoh O. I., Kryvonoh V. V., Fadeichev V. V., Romanenko P. Y.]. Licensee [NUWEE]. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org).