

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИИ ТРУБОФИЛЬТРОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ПЕСЧАНОМ ЗАПОЛНИТЕЛЕ

В нашей стране накоплен значительный опыт проектирования и строительства дренажей из трубофильтров, изготовленных на гравийном и щебеночном заполнителе. Однако применять такие трубофильтры для дренирования мелкозернистых песков, широко распространенных на территории Белоруссии, можно только с одновременным устройством одно- или двухслойной песчаной обсыпки в виде обратного фильтра, предотвращающей суффозию грунта в дренах [1, 2]. Однако такая конструкция лишена тех основных достоинств, которыми обладают дренажи из трубофильтров. Полностью отказаться от фильтрующих обсыпок в мелкозернистых песках можно, применяя трубофильтры на песчаном заполнителе [3, 4].

Вопросы кольматации пористого бетона на гравийно-щебеночном заполнителе изучены достаточно подробно [1, 5, 6]. Значительно меньше подобных исследований выполнено для пористого бетона на песчаном заполнителе [3, 4]. Основной целью этих работ было определение допустимых границ соотношения начального коэффициента фильтрации пористого бетона ($k_{\text{тр}}^0$) и мелкозернистого песка (k) из условия "оптимальной кольматации фильтра" (т.е. минимальных потерь напора потока на фильтре). Исследования проводились на приборе Дарси. Фильтрационный поток двигался сверху вниз, вызывая равномерную кольматацию всей площади образца.

В реальных условиях фильтрационный поток поступает в трубофильтр через всю его боковую поверхность, кольматация которой происходит неравномерно. Визуальный осмотр поверхности и поперечных срезов всех проработавших в грунте трубофильтров показал, что они имеют неодинаковую по боковой поверхности степень кольматации. Закольматированной оказались верхняя и боковая части поверхности трубофильтров (примерно 2/3 площади) и значительно меньше — нижняя.

Настоящие исследования проводились на опытной установке (рис. 1). В фильтрационный лоток 70 x 50 x 150 см устанавливался исследуемый трубофильтр и засыпался грунт. Вода подавалась в боковые отсеки, соединенные между собой патрубком, постоянный уровень воды в которых поддерживался специальным сливным отверстием.

Принятая методика исследований основывалась на современной теории, которая рассматривает общую кольматацию фильтра, состоящую из:

- 1) внешней (контактной) кольматации — наложение частиц грунта на поверхность трубофильтра и образование вокруг пор устойчивых микросводов;
- 2) внутренней (остаточной) — отложение частиц грунта в порах фильтра и уменьшение его водопроницаемости.

Продолжительность, интенсивность и степень общей кольматации трубофильтров в опытах характеризовались изменением фильтрационного расхода. Сразу после установки трубофильтра и заполнения боковых отсеков водой до постоянной отметки измерялся начальный (максимальный) расход. В те-

чение первых двух часов работы расход измерялся через каждые 10 мин, а в дальнейшем — 1–2 раза в сутки. Опыт продолжался до полной стабилизации расхода, после чего трубофильтр извлекался из грунта. На опытной установке, описанной в [7], измерялся его расчетный (конечный) коэффициент фильтрации ($k_{\text{тр}}^p$). Температура воды в течение опытов была постоянной — 19 °С.

Было проведено две серии опытов. В первой серии изучалась работа трубофильтра, изготовленного на песчаном заполнителе крупностью 2÷3 мм, в отсортированной песчаной обсыпке. Опыты начинались с обсыпкой крупностью 1–2 мм, затем 0,5÷1 и 0,25÷0,5 мм. В конце каждого опыта трубофильтр тщательно промывался (в него подавалась вода под давлением в течение 2–3 ч) и проверялось восстановление начального коэффициента фильтрации.

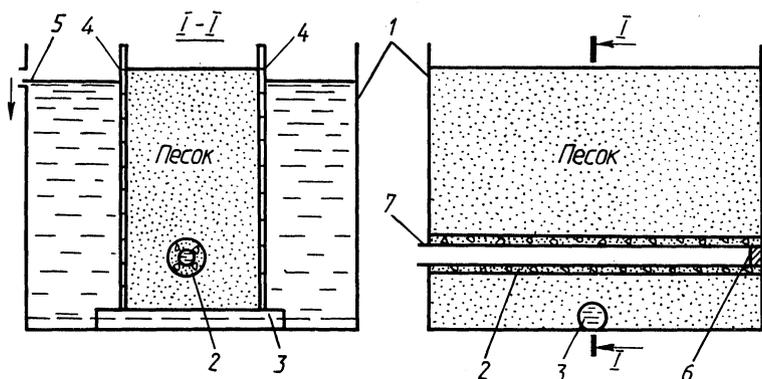


Рис. 1. Схема кольматационной установки:

1 — лоток; 2 — исследуемый трубофильтр; 3 — соединительный патрубок; 4 — водопроницаемые перегородки; 5, 7 — водосливные отверстия; 6 — резиновая пробка.

Во второй серии изучалась работа трубофильтров, изготовленных на песчаном заполнителе фракций 2÷3 мм, 1÷2, 0,5÷1 мм и их смесях, в естественном мелкозернистом песке, гранулометрический состав которого приведен в табл. 1.

В отличие от первой серии, с одним и тем же грунтом поочередно работали все трубофильтры.

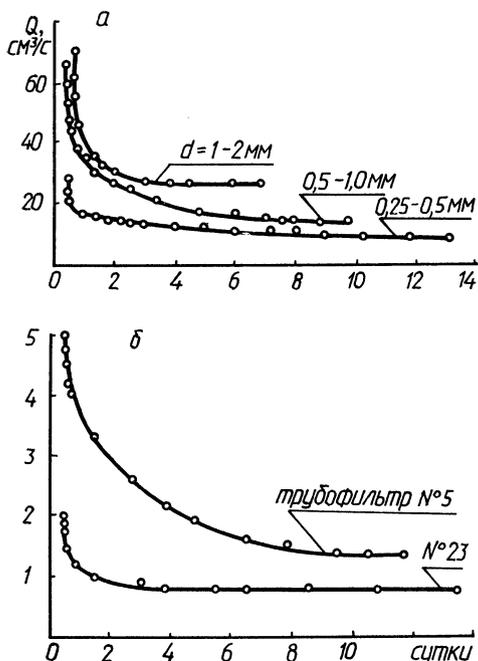
На рис. 2 приведены графики изменения фильтрационного расхода во времени, которые характеризуют общую кольматацию трубофильтров. Качественно этот процесс протекал одинаково и при работе трубофильтров, и в однород-

Т а б л и ц а 1

Гранулометрический состав исследуемого грунта

Диаметр фракций, мм	> 2,0	2÷1	1÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,10	< 0,10
Содержание, %	1,04	4,18	12,4	32,2	46,4	3,78

ной обсыпке, и в естественном грунте. Водопроницаемая способность трубофильтров, максимальная в начальный момент работы, постепенно снижалась до определенного значения и в дальнейшем оставалась неизменной. Наиболее интенсивно процесс кольтматации протекал в течение первого часа работы трубофильтра, когда происходило формирование вокруг его пор микросводов из частиц контактируемого грунта. В дальнейшем процесс кольтматации резко замедлялся, а по истечении нескольких суток вообще прекращался. Максимальная продолжительность его не превышала 10–12 сут.



В результате отложения мелких частиц грунта в порах трубофильтров водопроницаемость их значительно снижалась. В табл.2 приведены результаты измерений расчетного (после кольтматации) коэффициента фильтрации трубофильтров.

В обеих сериях степень внутренней кольтматации возрастала с увеличением соотношения крупности частиц заполнителя и грунта. Но если в первой серии опытов коэффициент фильтрации трубофильтров уменьшался максимально в

Рис. 2. Графики изменения фильтрационного расхода трубофильтров во времени:

а — при работе в однородной песчаной обсыпке; б — в естественном мелкозернистом песке.

5 раз, то во второй, при том же соотношении D_{50}/d_{50} (средних диаметров заполнителя и грунта), — в 10–15 раз. Несмотря на значительное снижение (более чем в 30 раз) водопроницаемости трубофильтров, коэффициент фильтрации их всегда был больше, чем у грунта ($k = 0,0064$ см/с). Минимальное соотношение ограничивалось :

$$k_{\text{тр}}^p/k \geq 5, \quad (1)$$

что соответствовало минимально допустимому соотношению коэффициентов фильтрации дренируемого несвязного грунта и фильтра из сыпучих и структурных материалов [8].

По данным табл. 2 построены графики (рис. 3), по которым, зная начальный коэффициент фильтрации трубофильтра и гранулометрический состав заполнителя и грунта, можно определить значение расчетного коэффициента фильтрации. Оба графика построены по трем опытными точкам и одной теоре-

Результаты кольматационных исследований грубофильтров

Номер серии опытов	Контактирующий грунт	D_{50}/d_{50}	D_{10}/d_{10}	$k_{тр}^o$, см/с	$k_{тр}^p$, см/с	$k_{тр}^o/k_{тр}^p$	Среднее значение $k_{тр}^o/k_{тр}^p$
1	Фракция 1–2 мм	1,67	2,06	0,941	0,5530	1,71	1,71
	0,5 ÷ 1,0 мм	3,33	3,89	0,941	0,2470	3,81	3,81
	0,25 ÷ 0,50 см	6,67	8,08	0,941	0,1820	5,17	5,17
2	Мелкозернистый песок	10,0	18,0	1,430	0,0417	34,3	32,1
		10,0	18,0	1,212	0,0405	29,9	
	"	8,0	10,2	0,802	0,0416	19,3	18,8
		8,0	10,2	0,746	0,0405	18,4	
	"	6,0	5,34	0,380	0,0358	10,6	10,5
		6,0	5,34	0,380	0,0365	10,4	

тической, полученной из анализа граничных условий. Внутренняя кольматация будет равна нулю ($K_{тр}^p = K_{тр}^o$) в том случае, если все частицы грунта больше размера пор фильтра.

Второй границей области применения графиков будет некоторое критическое значение межслойного коэффициента $m = D_{50}/d_{50}$, при котором еще отсутствует механическая суффозия грунта (по данным [5, 6, 9, 10] $m \sim 25$).

С началом суффозии графики должны приобрести уже нисходящий характер, асимптотически приближаясь к значению $k_{тр}^o = k_{тр}^p$, что соответствует полному выносу частиц без отложения их в порах фильтра, т.е. отсутствию внутренней кольматации.

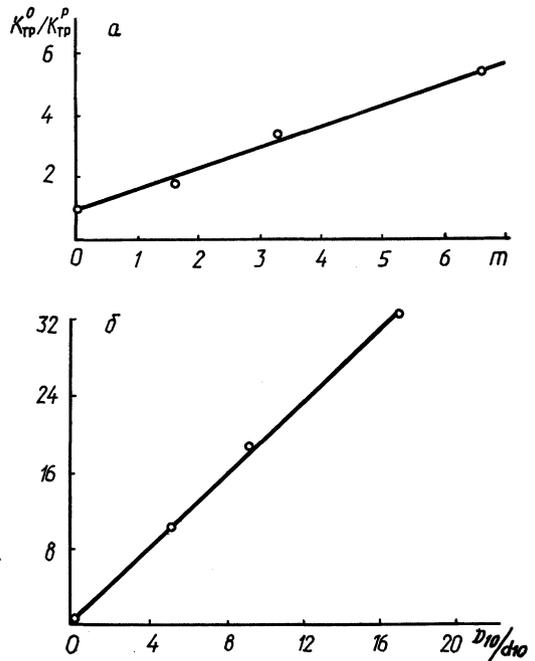


Рис. 3. Графики изменения коэффициента фильтрации трубофильтров вследствие внутренней кольматации: а — при работе в однородной песчаной обсыпке; б — в естественном мелкозернистом песке.

Во всех проведенных опытах не было зафиксировано выноса частиц грунта через поры трубофильтров. Записывая в аналитическом виде уравнения прямых, построенных на рис. 3, и решая их относительно $k_{тр}^p$, получаем зависимости для определения расчетного значения коэффициента фильтрации трубофильтров:

а) при работе в отсортированной песчаной обсыпке

$$k_{тр}^p = \frac{k_{тр}^o}{1 + 0,644m} ; \quad (2)$$

б) при работе в естественных грунтах

$$k_{тр}^p = \frac{k_{тр}^o}{1 + 1,74 \frac{D_{10}}{d_{10}}} . \quad (3)$$

Таким образом, полученные зависимости (1)–(3) позволяют подбирать трубофильтры с достаточной водопримемной способностью, которые могут работать в мелкозернистых песках без дополнительных фильтрующих обсыпок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барекян А.Ш., Челышев А.К., Снегирев И.А. Работоспособность дренажных труб из пористого бетона. – Гидротехника и мелиорация, 1968, № 4, с. 80–86.
2. Дегтярев Б.М., Ляпидевский Б.В. Использование для дренажей трубофильтров из пористого бетона. – Пром. строительство, 1969, № 9, с. 16–17.
3. Жуковский М.П. Исследование пористых труб для устройства горизонтального дренажа в мелиоративном строительстве: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск, 1972. – 16 с.
4. Цветкова Н.А. Фильтры из пористого бетона для оснований из мелких заиленных песков и супесей. – В кн.: Вопросы гидротехники. Ташкент, 1965, вып. 27, с. 87–98.
5. Николодышев И.С. Исследование фильтра из пористого бетона. – Гидротехника и мелиорация, 1953, № 10, с. 36–45.
6. Дренажи и фильтры из пористого бетона/А.Д.Осипов, И.С.Ронжин, В.С.Панфилов, А.П.Вошинин. – М., 1972. – 112 с.
7. Шимко К.И., Круглов Г.Г. К методике определения коэффициента фильтрации мелкопористых трубофильтров. – В кн.: Водное хозяйство Белоруссии. Минск, 1975, вып. 5, с. 3–10.
8. Мурашко А.И., Сапожников Е.Г. О применении деталей-фильтров при строительстве дренажа. – Гидротехника и мелиорация, 1978, № 1, с. 69–73.
9. Михневич Э.И. Фильтрационные свойства пористого бетона как материала крепления откосов. – В кн.: Труды БелНИИМивХ. Минск, 1969, т. XVII, с. 75–84.
10. Опыт эксплуатации вертикального дренажа из пористого бетона на Цимлянском гидроузле/А.П.Вошинин, И.С.Ронжин, С.А.Коткова, М.П.Мальшев. – В кн.: Труды Гидропроекта. М., 1972, сб. 23, с. 107–118.