

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ
МЕЛКОПОРИСТЫХ ТРУБОФИЛЬТРОВ

В последнее время при устройстве дренажей для защиты территорий от затопления и подтопления все более широкое применение находят трубы из пористого бетона (трубофильтры), которые имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с другими конструкциями дренажей [1—4]. Основной характеристикой, по которой осуществляется подбор трубофильтров при проектировании дренажей, является их коэффициент фильтрации; правильное определение последнего является важной задачей.

На рис. 1 представлена схема опытной установки для определения коэффициента фильтрации трубофильтров. В резервуар горизонтально устанавливается исследуемый трубофильтр с торцами, закрытыми резиновыми пробками и промазанными пластилином. В пробках имеются отверстия с металлическими патрубками. Один из них служит для сброса профильтровавшейся воды, расход которой может изменяться при помощи регулирующего крана. Ко второму посредством резинового шланга присоединяется пьезометр для определения давления внутри трубофильтра. Давление в резервуаре измеряется вторым пьезометром. Пьезометры оборудованы шкалой с ценой деления 0,1 мм. Постоянный уровень воды в резервуаре поддерживается с помощью сливного ребра.

Определение коэффициента фильтрации трубофильтров с помощью опытной установки (рис. 1) возможно двумя методами [4,5], отличающимися друг от друга только способами подачи воды.

По первому методу вода подается в резервуар и, профильтровавшись внутрь трубофильтра, сбрасывается через сливной патрубок. При установившемся режиме фильтрации (постоянный уровень воды в резервуаре и постоянный фильтрационный расход) объемным способом измеряется расход профильтровавшейся воды, ее температура и потери напора на стенках трубофильтра (разница между показаниями пьезометров, установленных в резервуаре и торцевом сечении трубофильтра).

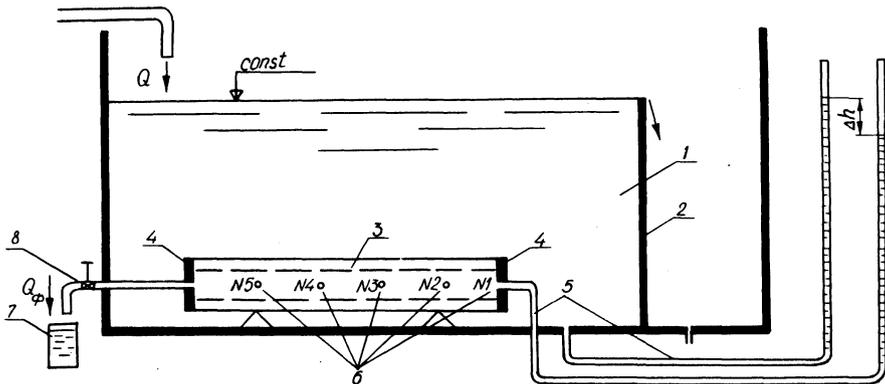


Рис. 1. Схема опытной установки:

1—резервуар; 2—водосливное ребро; 3—исследуемый трубо-
фильтр; 4—резиновые пробки; 5—пьезометры; 6—патрубки
для подключения пьезометров №1—5; 7—мерный сосуд, 8—
сливной патрубков.

По второму методу вода подается по патрубку внутрь тру-
бофильтра, а фильтрационный расход измеряется на сливе с
ребра. Измерения те же, что и в первом случае. Этот метод
менее приемлем, чем первый, так как направление движения
фильтрационного потока не соответствует схеме работы реаль-
ного дренажа и не позволяет исследовать степень кольмата-
ции трубофильтра после его работы в грунте. Кроме того, про-
веденные опыты показали, что при длительной работе опытной
установки, а также при невысокой температуре воды (10—12°С)
происходит выделение на внутренней поверхности трубофильтра
пузырьков воздуха, что резко увеличивает потери напора.

В обоих методах коэффициент фильтрации трубофильтра рас-
считывается по закону Дарси

$$K = \frac{v}{I \delta_t}, \quad (1)$$

контроль за соблюдением которого в опыте осуществляется
построением графика $I/v = f(v)$.

Формула (1), преобразованная для условий эксперимента,
имеет вид

$$K = \frac{Q \Delta}{2 \pi r_{cp} \Delta h \delta_t l}, \quad (2)$$

где Q — фильтрационный расход, $\text{см}^3/\text{с}$; $r_{\text{ср}}$ — средний радиус трубофильтра, см ; l — его длина, см ; Δ — толщина стенок, см ; Δh — потери напора на стенках трубофильтра, см ; $\delta_t = 0,7 + 0,03 T^0$ — температурная поправка.

Эта методика предполагает постоянство по всей длине трубофильтра расчетных параметров — скорости фильтрации и потерь напора Δh , что, однако, соблюдается не всегда. По мере движения по длине трубофильтра от начального сечения к выходному фильтрационный расход нарастает. Так как живое сечение постоянное, то скорость движения воды в трубофилт্রে с увеличением расхода возрастает, а следовательно, гидродинамическое давление внутри трубы будет в том же направлении уменьшаться. Давление в резервуаре остается постоянным, поэтому потери напора Δh возрастают в направлении от начального сечения к выходному.

При подаче воды внутрь трубы расход вследствие раздачи по длине уменьшается от максимального во входном сечении до минимального в конце трубофильтра. Это при постоянном давлении в резервуаре ведет к увеличению потерь напора Δh по длине трубофильтра.

Следовательно, в обоих методах потери напора Δh изменяются по длине исследуемого трубофильтра, и, значит, определение коэффициента фильтрации по формуле (2) приведет к значительной погрешности.

Для проверки этого предположения оборудовали опытную установку по схеме, изображенной на рис. 1. В исследуемых трубофилт্রে (табл. 1) был просверлен ряд отверстий, в которые вставлялись патрубki для подключения пьезометров.

Трубофилт্রে исследовались при нескольких различных значениях расхода, причем для каждого установившегося режима путем последовательного подключения снимались показания всех пьезометров.

В результате обработки опытных данных построены графики (рис. 2) изменения потерь напора по длине трубофильтра

$$\Delta h = f \left(\frac{l}{L} \right),$$

где L — полная длина трубофильтра; l — расстояние от начального сечения до соответствующего пьезометра.

Как и предполагалось, в обоих методах потери напора изменяются по длине трубофильтра. Амплитуда изменения зависит от скорости движения воды внутри трубофильтра (табл. 2),

Таблица 1

Номер трубо- филъ- тра	Основные характеристики						номера устанавли- ваемых пьезомет- ров; расстояние до них от началь- ного сечения, см
	гранулометри- ческий состав заполнителя	D внутр, см	D внеш, см	l, см	тол- щина сте- нок Δ , см		
1	1--2 мм - 50%	2,0	5,2	45,5	1,6	№1--0; №2--10	
	2--3 мм - 50%					№3--20 №4--30 №5--40	
2	0,5--1 мм - 33,3%	2,0	5,2	44,6	1,6	№1--0; №2--11	
	1--2 мм - 33,3%					№3--22	
	2--3 мм - 33,3%					№4--33	
3		3,5	6,8	49,5	1,65	№1--0; №2--10 №3--20	
	2--3 мм - 100%					№4--30 №5--40	
4	0,5--1,0 мм - 33,3%	5,0	7,9	42,5	1,45	№1--0; №2--10	
	1--2 мм - 33,3%					№3--20	
	2--3 мм - 33,3%					№4--30	
						№5--35	

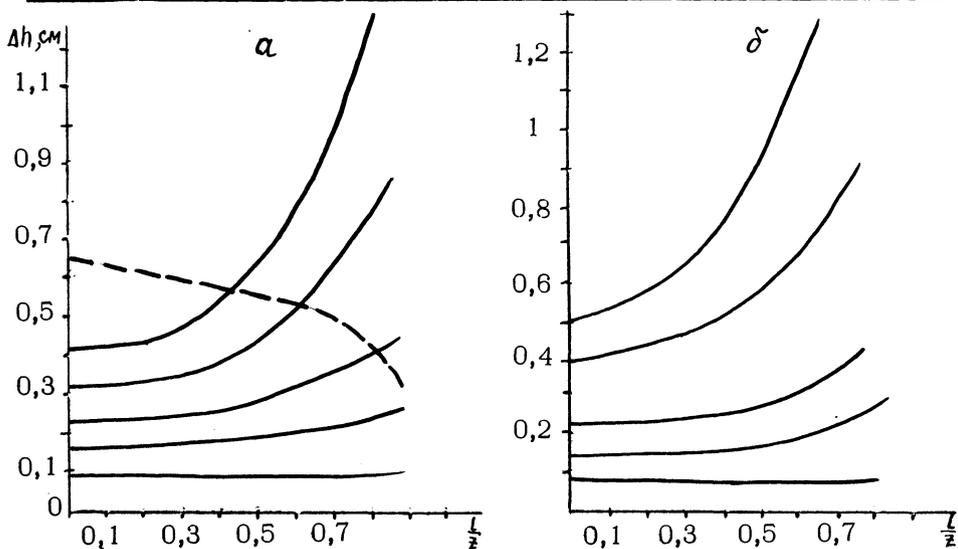


Рис. 2. Графики изменения потерь напора по длине трубофильтров при различных расходах (сплошные линии -- подача воды в резервуар, пунктирные -- внутрь трубофильтра): а-- трубофильтр №1; б-- №2; в-- №3; г-- №4.

Таблица 2

Номер трубо- фильт- ра	Q_3 , см/с	v , см/с	Δh_{\max} - Δh_{\min} , см	Q_3 , см/с	v , см/с	Δh_{\max} - Δh_{\min} , см	Q_3 , см/с	v , см/с	Δh_{\max} - Δh_{\min} , см
1	100	31,9	0,95	44,3	14,1	0,22	14,0	4,46	0,01
2	105,8	33,7	0,99	34,4	10,9	0,13	11,4	3,64	0
3	-	-	-	90,8	9,45	0,06	60	6,24	0
4	-	-	-	100	5,1	0,05	27,8	1,42	0

Примечание. Для трубофильтров №3 и 4 большие значения скорости и потерь напора не получены, так как максимальный расход ограничивался диаметром сливного патрубка.

причем показания крайних пьезометров отличаются друг от друга более чем в три раза при скорости 30—40 см/с и почти не отличаются при скорости 4—6 см/с. Отсутствие разницы в показаниях пьезометров № 1 и 5 соответствовало во всех случаях потерям напора $\Delta h = 0,08 - 0,1$ см (рис. 2).

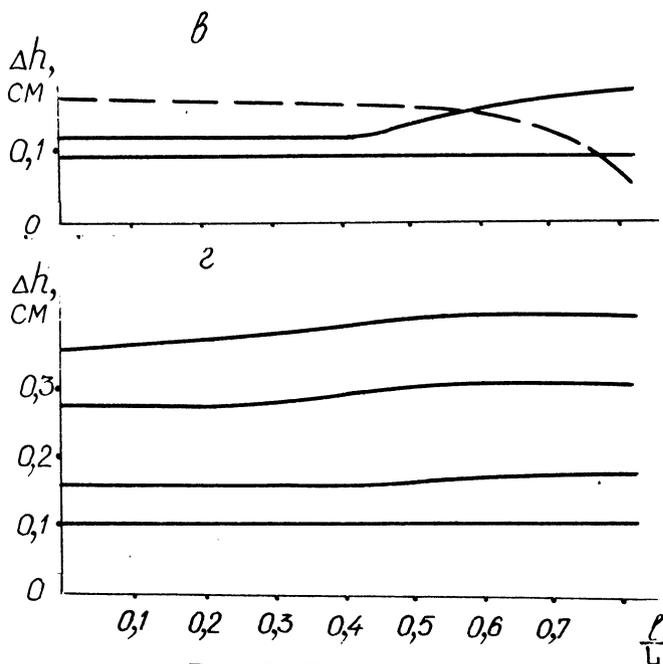


Рис. 2. Окончание.

Таблица 3

Номер трубо- филт- ра	Характеристики заполнителя		Основные параметры трубофилт- ра			
	крупность фракций, мм; содержание %	D_{10} , мм	l , см	Δ , см	r_{cp} , см	
1			50,5	1,6	1,8	
2			50,0	1,65	2,575	
3	2--3	100	2,1	50	1,65	2,575
4				48,5	1,45	3,225
5				49	1,45	3,225
6				50	1,65	2,575
7	1--2	50		50,5	1,65	2,575
8	2--3	50	1,18	48,5	1,45	3,225
9				48,5	1,45	3,225
10				49,3	1,6	1,8
11	1--2	100	1,02	50,0	1,65	2,575
12				50	1,65	2,575
13				48,3	1,45	3,225
14				44,6	1,6	1,8
15	0,5--1	33,3		49,5	1,6	1,8
16	1--2	33,3	0,62	50	1,65	2,575
17	2--3	33,3		49,5	1,65	2,575
18				47	1,45	3,225
19				47,5	1,45	3,225

Так как определение коэффициента фильтрации трубофилт-
ра без учета неравномерности распределения потерь напора по его
длине может давать большую погрешность, то существующая
методика нуждается в уточнении. Избежать погрешности, как
показали опыты, можно в том случае, если потери напора не
превышают величину 0,08--0,1 см, что соответствует градиенту
 $I = 0,06--0,07$.

С учетом полученных рекомендаций были проведены иссле-
дования по определению коэффициентов фильтрации мелкопорис-
тых трубофилт-
ра. Трубофилт-
ра были изготовлены на песча-
ном заполнителе и портланд-цементе марки 300. Состав бето-
на во всех случаях принимался постоянным (1:6). Водоцемент-
ное отношение принято оптимальное и для заполнителей различной
крупности изменялось в пределах 0,44--0,46. Уплотнение бетонной
смеси осуществлялось на виброплощадке общей продолжитель-
ностью 30 с.

Результаты опытов приведены в табл. 3.

Диапазоны измеряемых величин			Коэффициент фильтрации K_{Φ} , см/с	\bar{K}_{Φ} , см/с
расход Q , см ³ /с	градиент $I = \frac{\Delta h}{\Delta}$;	T , °C		
23,4--67,3	0,025--0,0563		1,535	
61,8--89,9	0,0485--0,0667		1,305	
60,0--88,1	0,0425--0,0606		1,43	1,317
68,3--94,7	0,0483--0,076		1,093	
69,3--97,3	0,0483--0,0621		1,222	
20,5--36,7	0,0303--0,0606		0,64	
27,5--52,5	0,0364--0,0606		0,802	
37,1--63,1	0,0413--0,069	18	0,746	0,730
30,6--61,3	0,0345--0,069		0,730	
29,6--37,2	0,05--0,0626		0,858	
15,6--25,3	0,0364--0,0606		0,423	0,602
20,2--35,8	0,0364--0,0606		0,572	
25,7--54,7	0,0413--0,076		0,553	
11,4	0,05		0,365	
13,9--19	0,0438--0,0626		0,448	
13,6--21,8	0,0364--0,0606		0,367	
15,6--18,8	0,0485--0,0606		0,318	0,376
22,1--33,5	0,0483--0,076		0,380	
20,9--32,8	0,0483--0,069		0,380	

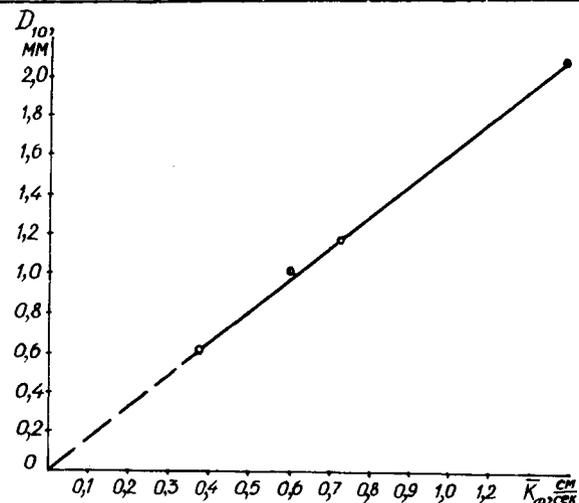


Рис. 3. Зависимость между действующим
диаметром заполнителя и средним коэф-
фициентом фильтрации трубофилт-
ра.

Оказалось, что коэффициент фильтрации мелкопористых тру-
бофильтров, при всех перечисленных равных условиях, прямо
пропорционален величине действующего диаметра (D_{10} , мм) за-
полнителя. На рис. 3 представлен график зависимости среднего
для каждого состава заполнителя коэффициента фильтрации от
действующего диаметра, который описывается выражением

$$K_{\phi} = 0,61 D_{10} \quad (3)$$

В ы в о д ы

1. Для определения коэффициента фильтрации мелкопористых
трубофильтров более целесообразно использовать методику, ре-
комендующую подачу воды в резервуар.

2. Во избежание существенных погрешностей при определе-
нии коэффициента фильтрации по этой методике градиенты на-
пора не должны превышать величину $I = 0,06--0,07$. Мини-
мальное значение I зависит от толщины стенок трубофильтров
и цены деления шкалы пьезометров.

3. Коэффициент фильтрации мелкопористых трубофильтров, из-
готовленных в одинаковых условиях, зависит от действующего
диаметра заполнителя и для параметров, аналогичных приве-
денным в табл. 3, может определяться по зависимости (3).

Л и т е р а т у р а

1. Осипов А.Д. и др. Дренажи и фильтры из пористого бе-
тона. М., 1972. 2. Восканян В.А. Индустриальное устройство
дренажа с помощью трубофильтров. Л.--М., 1963. 3. Канарс-
кий В.Ф., Миц И.С. Горизонтальный дренаж из пористого бе-
тона земляной плотины Киевской ГЭС. — В сб.: Гидравлика и
гидротехника. Вып. 13. Киев, 1971. 4. Жуковский М.П. Ис-
следование пористых труб для устройства горизонтального дре-
нажа в мелиоративном строительстве. Автореф. дис. Минск,
1972. 5. Барекян А.Ш., Никулин М.Д., Челышев А.К. Дре-
нажные трубы с пористыми стенками. — "Гидротехника и ме-
лиорация", 1967, №2.