

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОРИСТОГО ПОЛИМЕРБЕТОННОГО ДРЕНАЖА СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ

Прогульный В.И. (Одесская государственная академия
строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина)

На основе ранее разработанных математической модели дренажа и пошагово-итерационных методов расчета систем распределения и сбора воды разработана инженерная методика проектирования дренажа скорых фильтров из пористого полимербетона с использованием ПЭВМ.

Дренажи - один из наиболее важных конструктивных элементов водоочистных фильтров. Основное требование, предъявляемое к дренажам [1] - это обеспечение равномерного по площади сбора фильтрата и заданного поля скоростей промывной воды. При этом, как правило, при соблюдении второго требования выполняется и равномерный сбор фильтрата.

Для оценки равномерности распределения промывной воды используется отношение минимальной интенсивности (скорости) промывки к средней интенсивности-

$$\beta = \frac{V_{\min}}{V_{\text{cp}}}$$

Выбор минимальной интенсивности, в качестве определяющей, обусловлен тем, что именно низкие интенсивности приводят к удлинению промывки, так как оператор обычно прекращает промывку после осветления воды на всей площади фильтра, а в зонах малых скоростей промывной воды это происходит позднее.

Существующие методы расчета пористых полимербетонных дренажей скорых фильтров сводятся к тому, что проектировщик задает основные конструктивные параметры дренажа, руководствуясь рекомендациями [2,3,4], после чего проверяется равномерность промывки. Проверка эта производится с использованием упрощенных формул, необходимость введения которых обусловлена стремлением снизить трудоемкость расчетов, которые ранее, как правило, выполнялись вручную. Сейчас, когда расчеты могут выполняться с помощью быст-

родействующих ПЭВМ, можно использовать более полные математические описания.

Схема наиболее распространенной конструкции – лоткового дренажа – приведена на рис. 1. Дренаж состоит из опорных стенок, образующих лотки, перекрываемые полимербетонными плитами. На входе в лотки имеются патрубки, сопротивление которых обеспечивают необходимый расход в начале каждого лотка. Промывная вода вдоль лотка движется с непрерывным изменением расхода по длине, а в боковом канале – с дискретным изменением расхода от патрубка к патрубку.

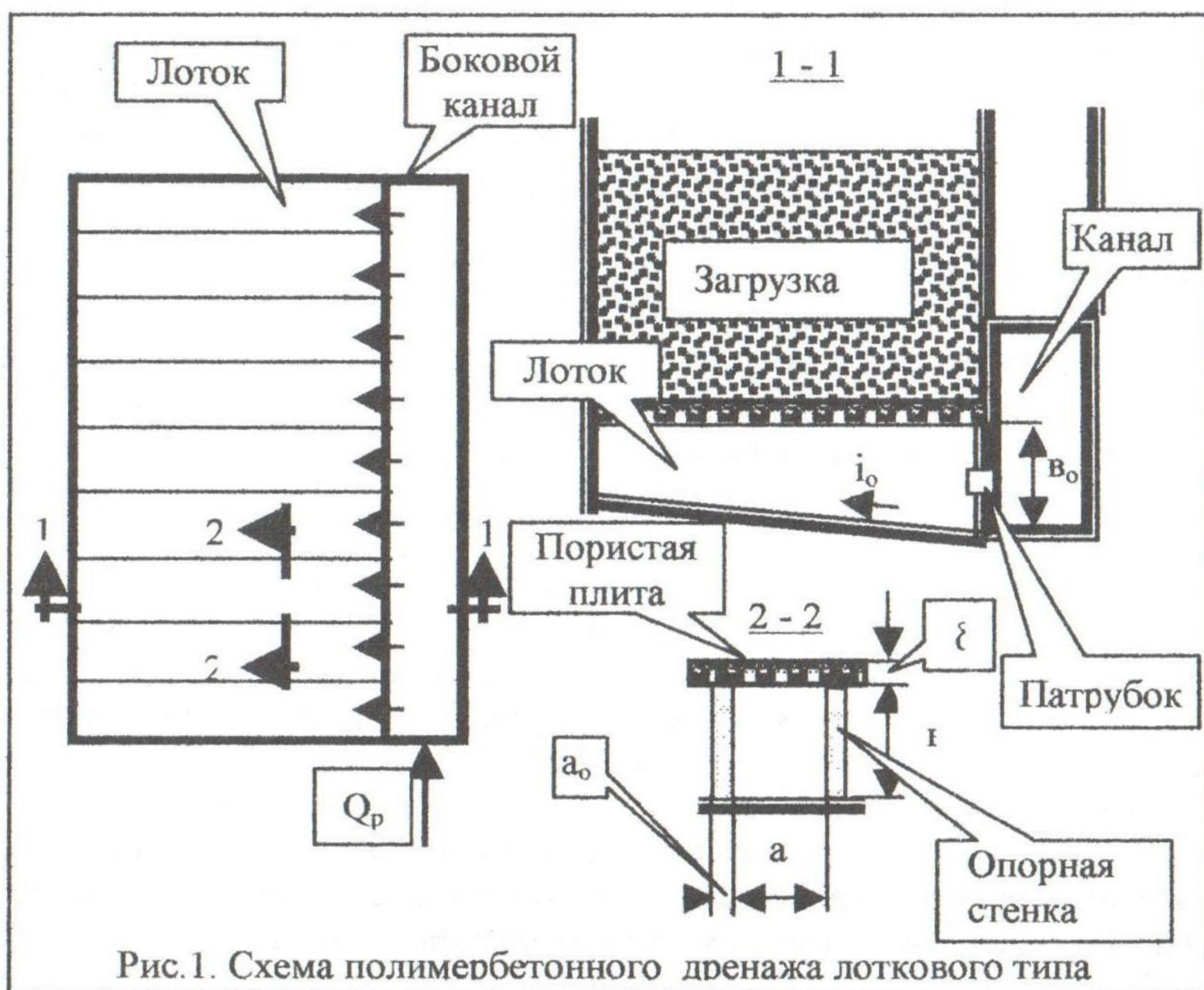


Рис.1. Схема полимербетонного дренажа лоткового типа

Методика расчета такого дренажа реализована с помощью специально разработанной программы приложения Microsoft Excel. Программа содержит несколько листов, на каждом из которых рассчитывается один из элементов дренажа: 1. лоток; 2. канал; 3. патрубок; 4. неравномерность сопротивлений.

Исходные данные вводятся на первом листе, куда из всех листов поступают и результаты расчета.

Порядок расчета дренажа следующий:

1. Задают исходные данные (см. табл. 1).

2. Лоток разбивают на m участков. Для начального участка (вход потока в лоток) задают давление внутри, под пористой плитой ($H_{ло}$). Затем определяют отток на этом участке q^0 , предполагая давление в пределах участка постоянным. Потом находят расход в конце участка и вычисляют средний расход на участке 1 и гидравлический уклон по этому расходу. Из уравнения движения находят перепад напоров в начале и конце участка (Δh). Переходят к следующей итерации, для чего определяют напор в начале участка $h_1 = h_0 + \Delta h$ и средний напор $h_{ср} = (h_1 + h_0)/2$, затем находят новое значение притока q^1 и расход в начале участка $Q_2 = Q_0 - q^1 \Delta x$. Итерации продолжают до тех пор, пока разница между последовательными значениями Δh не станет меньше допустимого значения. Переходят к следующему участку, при этом расходы и напоры в начале следующего участка принимаются равными расходу и напору в конце предыдущего участка. Расчеты продолжают до тех пор, пока не доходят до конца лотка.

Поскольку напор внутри лотка $H_{л}$ в начале расчета задан произвольно, то в процессе расчетов могут получаться отрицательные значения расхода, либо величина расхода в начале потока окажется не равной нулю. Поэтому расчеты следует повторить при других значениях H до выполнения краевого условия $Q_k = 0$. Разумеется, столь жесткое требование для инженерных расчетов целесообразно заменить, установив допустимую величину погрешности начального расхода Q_k/Q_0 .

3. Расчеты канала выполняются пошагово – от патрубков к патрубкам, причем удобно их производить, начиная от конца потока. Основная идея расчета заключается в том, что уравнение пьезометрической линии «расщепляется» на две части. Между патрубками расчет ведется по уравнению Бернулли (расход здесь постоянный) и напор по ходу потока уменьшается, а в пределах патрубков пьезометрическая линия рассчитывается по уравнениям движения жидкости с переменным расходом и напор растет (происходит его «восстановление»).

В начале расчета задают приближенное значение напора перед последним патрубком –

$$H_{кк} = H_{л} + h_{п},$$

где $H_{л}$ – напор после патрубка, который определен в результате расчета лотка; $h_{п}$ – потеря напора в патрубке, заданная в исходных данных. Затем при вычисленных значениях сопротивлений патрубков (S) определяют расход через патрубок – q_1 . Далее находят напоры до и после патрубка, переходят к следующему патрубку, определяя давление до и

после него, исходя из уравнений движения жидкости с переменным расходом.

Расчеты повторяют, пока не доходят до начала распределителя. Если расход в начале существенно отличается от расчетного значения суммарного расхода, расчеты повторяют, варьируя заданный приближенно напор в конце распределителя, пока погрешность расхода не станет меньше допустимого значения.

4. На листе «патрубок» рассчитывается необходимые сопротивления патрубков и диаметры отверстий в их диафрагмах. При этом используются соотношения, приведенные в справочнике[5]. Кроме того, для случая чередующейся промывки[6] по методике, описанной в [7], определяют минимально-допустимую потерю напора в патрубке, при которой обеспечивается псевдооживление в зонах пониженной интенсивности.

5. По методике, приведенной в [8], определяется неравномерность сопротивлений патрубков и общая неравномерность.

При использовании разработанной программы расчета проектировщик использует только первый лист с исходными данными, на который, как уже отмечалось, выводятся и результаты расчета. Для упрощения расчетов, можно использовать макрос, реализующий с помощью надстройки «Подбор параметра» итерационные процессы для определения напоров в начале лотка и конце канала.

Для примера в табл. 1 и 2 приведены исходные данные и результаты расчетов для фильтра площадью 30 м^2 с чередующейся промывкой.

Исходные данные

Таблица 1

№№	Параметр	Разм.	Обозн.	Величина
1	2	3	4	5
1	Площадь ячейки фильтра	м^2	F	30
2	Число ячеек фильтра		к	2
3	Интенсивность промывки	$\text{л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$	$V_{\text{пр}}$	15
4	Конструктивные параметры дренажа	см		
4.1	Длина лотка		L	400
4.2	Ширина лотка		a	25
4.3	Ширина опоры		ao	10
4.4	Высота лотка в начале		во	30
4.5	Толщина пористой плиты		δ	5
5	Шероховатость стен лотка	мм	$\Delta_{\text{д}}$	2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
6	Уклон дна лотка		i_o	0,06
7	Коэффициент С	$c^2/cm^{2,33}$	C	1
8	Показатель степени		n	1,67
9	Высота слоя загрузки	см	L_3	100
10	Расширение загрузки	%	e	30
11	Пористость загрузки		m_o	0,4
12	Плотность загрузки относительная		ρ	2,65
13	Температура воды	град	t	0
14	Число участков лотка		m	100
15	Длина канала	см	L_k	750
16	Размеры канала	см		
16.1	- высота		A_k	70
16.2	- ширина		B	100
17	Диаметр		D	
18	Соотношение расходов в соседних патрубках		K_v	2
19	Потеря напора в патрубке	см	$h_{п}$	200,0
20	Расстояние между патрубками	см	l	35
21	Диаметр патрубка	см	$d_{п}$	12,5
22	Шероховатость стен канала	мм	Δ_k	2

Результаты расчетов

Таблица 2

№ №	Параметр	Разм.	Обозн.	Величина
1	2	3	4	5
1.	Напор в начале канала	см	h_o	525
2.	Скорость в начале лотка	см/с	V_H	28,0
3.	Расход бетона	m^3/m^2		0,09
4.	Число патрубков 1		N_1	11
5.	Число патрубков 2		N_2	10
6.	Скорость в начале канала	см/с	V_k	64,3
7.	Средняя скорость в патрубке	см/с	V_{cp}	175
8.	Диаметр отверстия 1	см	d_{o1}	9,25

1	2	3	4	5
9.	Диаметр отверстия 2	см	d_{o2}	6,72
10.	Потеря напора в патрубке	см	$h_{п1}$	208
11.	Минимально-допустимая потеря напора	см	h_d	36
12.	Неравномерность общая		β_0	0,928

Разработанная программа позволяет рассчитывать дренажи любых размеров, с одной или двумя ячейками, с каналом прямоугольной или круглой формы, при равномерной или чередующейся промывках.

Выводы

1. На основе ранее разработанных математической модели дренажа и пошагово-итерационных методов расчета систем распределения и сбора воды разработана инженерная методика проектирования дренажа скорых фильтров из пористого полимербетона, значительно менее трудоемкая, чем существующая, и дающая более точные результаты.

2. Задачей последующих исследований является разработка методов оптимизации конструкции полимербетонного дренажа скорых фильтров.

Литература

1. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. – М.: Высш. шк., 1984-368 с.
2. СНИП 2.04.02– 84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения /Госстрой СССР – М.: Стройиздат, 1985 – 136 с.
3. Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНИП 2.04.02-84), разд.8 – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989, с.53-65.
4. Рекомендации по применению пористых полимербетонных дренажей в скорых фильтрах водоочистных станций и установках заводского изготовления. - М.: МЖКХ РСФСР, ОТНТ АКХ, 1989- 48 с.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение.-1975. -559с.
6. Грабовский П.А., Ларкина Г.М., Тюрев В.Ф. Новый способ промывки скорых фильтров// Водоснабжение и санитарная техника, №7, 1984, с.19-21.
7. Грабовский П.А. Гидравлическое сопротивление дренажей водоочистных фильтров. // Химия и технология воды, т.7, №1, 1985, с.27-29.
8. Грабовский П.А. Неравномерность сопротивлений в дренажно-распределительных системах. //Сб. «Гидравлика и гидротехника», вып.45, изд. Техника, К., 1987, с.69-73.