

Расчет скорых фильтров

Фильтры	Характеристика фильтрующего слоя						Скорость фильтрования, м/ч	
	Материал	Диаметр зерен, мм			Коэффициент неоднородности загрузки	Высота слоя, м		
	загрузки	наименьших	наибольших	эквивалентный			при нормальном режиме v_n	при форсированном режиме v_{ϕ}
Однослойные скорые фильтры с загрузкой различной крупности	Кварцевый песок	0,5	1,2	0,7 - 0,8	1,8 - 2	0,7 - 0,8	5 - 6	6 - 7,5
		0,7	1,6	0,8 - 1	1,6 - 1,8	1,3 - 1,5	6 - 8	7 - 9,5
		0,8	2	1 - 1,2	1,5 - 1,7	1,8 - 2	8 - 10	10 - 12
	Дробленый керамзит	0,5	1,2	0,7 - 0,8	1,8 - 2	0,7 - 0,8	6 - 7	7 - 9
		0,7	1,6	0,8 - 1	1,6 - 1,8	1,3 - 1,5	7 - 9,5	8,5 - 11,5
		0,8	2	1 - 1,2	1,5 - 1,7	1,8 - 2	9,5 - 12	12 - 14
Скорые фильтры с двухслойной загрузкой	Кварцевый песок	0,5	1,2	0,7 - 0,8	1,8 - 2	0,7 - 0,8	7 - 10	8,5 - 12
	Дробленый керамзит или антрацит	0,8	1,8	0,9 - 1,1	1,6 - 1,8	0,4 - 0,5		

Таблица 23

Фильтры и их загрузка	Интенсивность промывки, л/(с · м ²)	Продолжительность промывки, мин	Величина относительного расширения загрузки, %
Скорые с однослойной загрузкой диаметром D, мм: 0,7 □ 0,8	12 □ 14	6 □ 5	45
0,8 □ 1	14 □ 16		30
1 □ 1,2	16 □ 18		25
Скорые с двухслойной загрузкой	14 □ 16	7 □ 6	50

$$n = \frac{m}{T + t_1}, \text{ шт.},$$

где T - расчетная продолжительность фильтрующего цикла (принимается при нормальном режиме – 8-12 ч, при форсированном режиме – 6 ч); t_1 - время простоя фильтра в связи с промывкой (принимается для фильтров, промываемых водой - 0,33 ч, промываемых водой и воздухом - 0,5 ч).

$$q = 3,6W \cdot t;$$

$$q = \sum q_i,$$

где W, t - соответственно интенсивность л/(с · м²) и продолжительность промывки фильтра, ч; q_i - удельный расход воды на отдельных этапах промывки, определяемый по формуле (10.3), при параметрах (совместная водовоздушная промывка: интенсивность 3-4 л/(с · м²) в течение 4-5 мин; без продувки: интенсивность 6-8 л/(с · м²) в течение 4-5 мин).

Общая площадь фильтров на станции:

$$F_{\phi} = Q / \left(T_{\text{ст}} v_{\text{н}} - n_{\text{пр}} q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \tau_{\text{пр}} v_{\text{н}} \right),$$

где Q — полезная производительность станции, м³/сут;

$T_{\text{ст}}$ — продолжительность работы станции в течение суток, ч;

$v_{\text{н}}$ — расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч, принимаемая по табл. 21, с учетом расчетов по формуле (20);

$n_{\text{пр}}$ — число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации;

$q_{\text{пр}}$ — удельный расход воды на одну промывку одного фильтра, м³/м², следует рассчитывать с учетом п. 6.110.

$\tau_{\text{пр}}$ — время простоя фильтра в связи с промывкой, принимаемое для фильтров, промываемых водой, — 0,33 ч, водой и воздухом — 0,5 ч.

производительностью более 1600 м³/сут должно быть не менее четырех. При производительности станции более 8—10 тыс. м³/сут количество фильтров следует определять с округлением до ближайших целых чисел (четных или нечетных в зависимости от компоновки фильтров) по формуле

$$N_{\phi} = \sqrt{F_{\phi}} / 2.$$

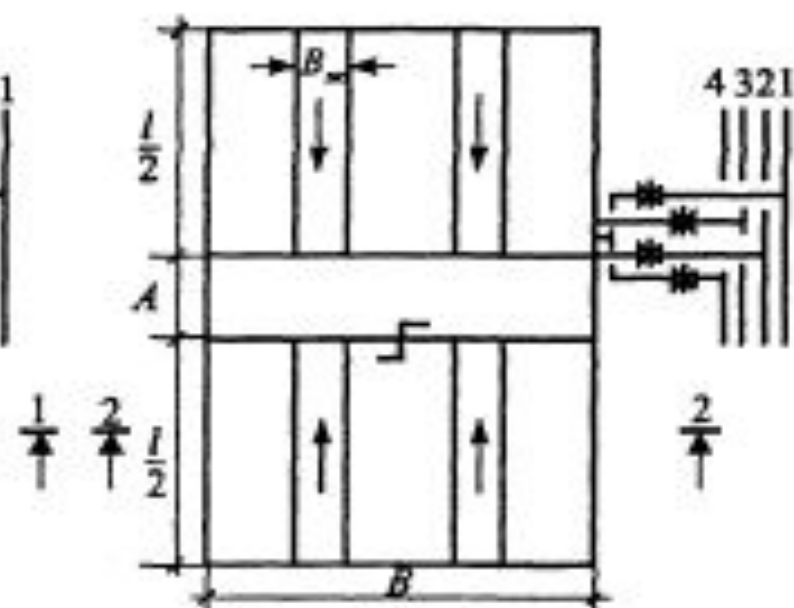
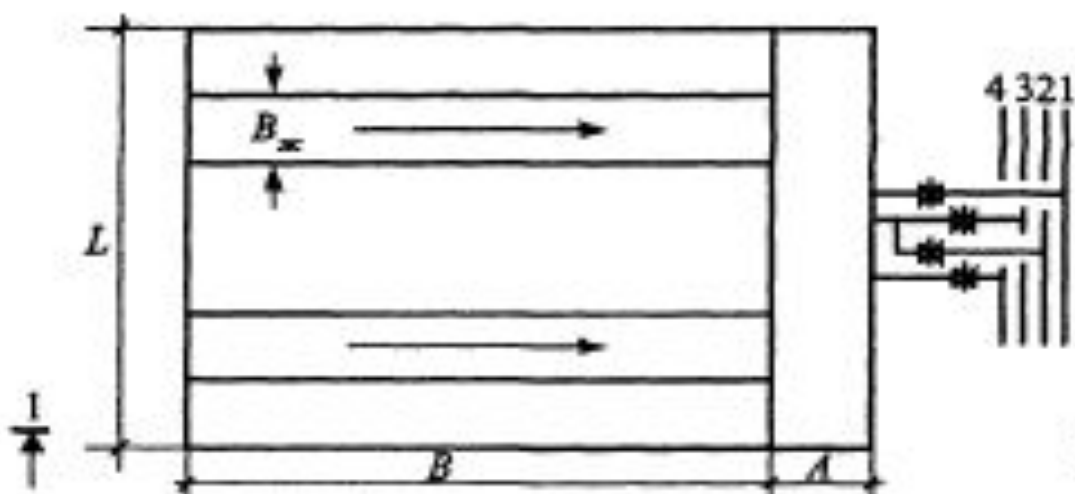
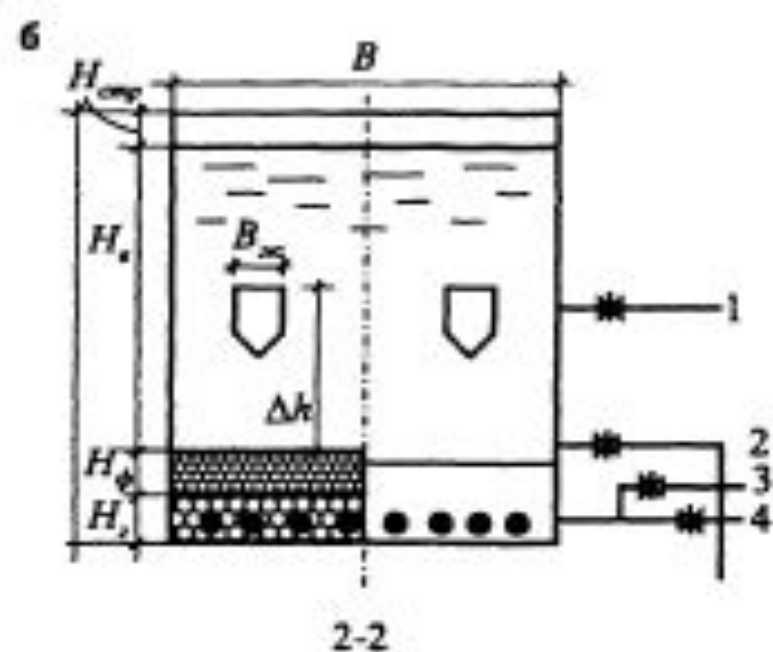
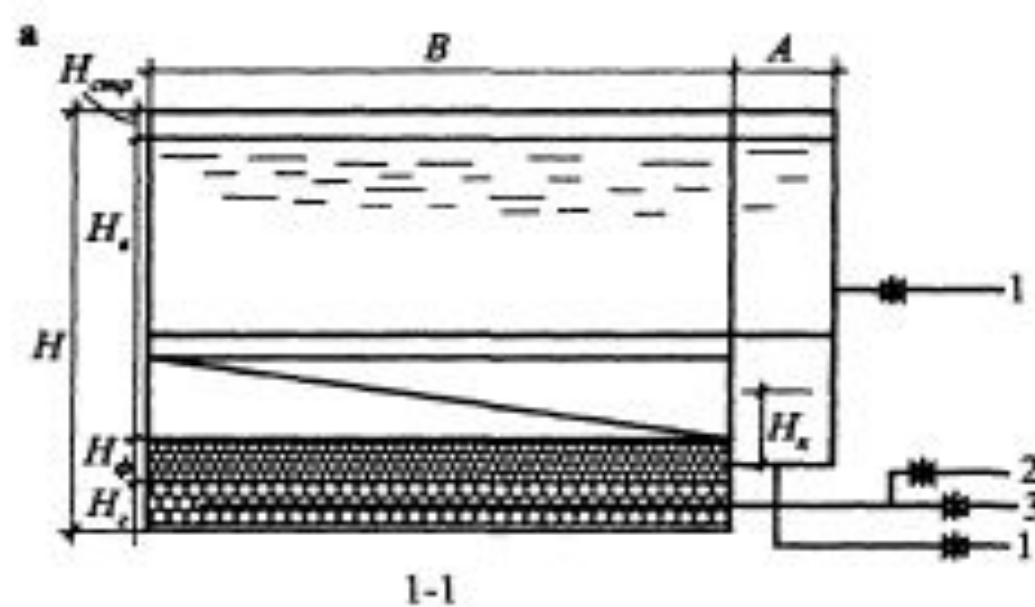
$$f = F / N, \text{ м}^2.$$

($B \times L$) 3,5x5; 5x5,5; 6x6; 6x8,0; 6x9; 6x12; 12x12, м

Условие.

$$V_{\phi} \leq V_{\text{н}} \frac{N}{N - N_i},$$

где V_{ϕ} - допустимая скорость фильтрования при форсированном режиме, м/ч; N_i - число фильтров находящихся в ремонте или на промывке (при $N < 20$ $N_i = 1$, при $N > 20$ $N_i = 2$); $V_{\text{н}}$ - расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч.



а - с боковым каналом; б - с центральным каналом; 1 - подача исходной воды; 2 - отвод фильтрата; 3 - подача промывной воды; 4 - отвод промывной воды

Крупность
зерен, мм

Высота слоя, мм

40 □ 20

Верхняя граница слоя должна
быть на уровне верха
распределительной трубы, но
не менее чем на 100 мм выше
отверстий

20 □ 10

100 □ 150

10 □ 5

100 □ 150

5 □ 2

50 □ 100

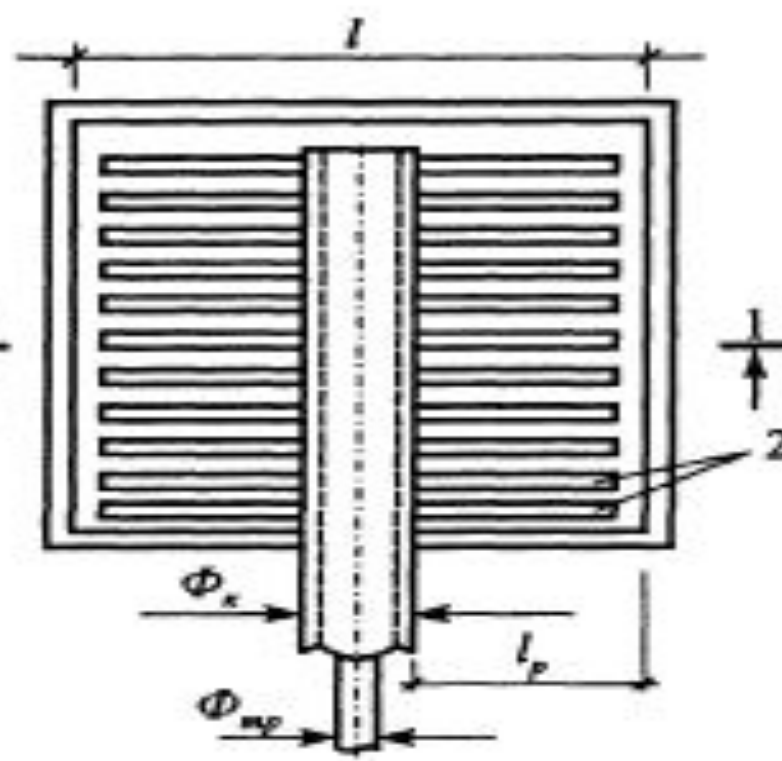
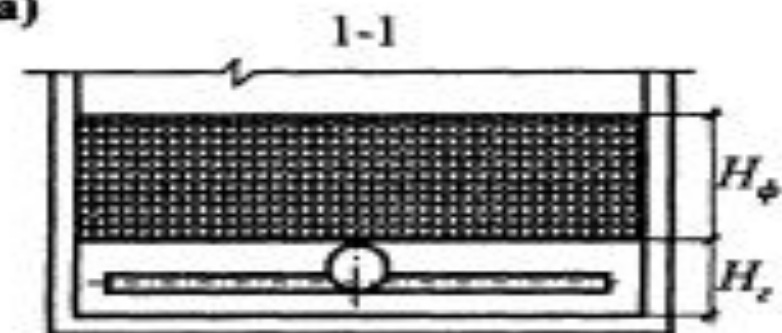
$$H = H_{\text{п}} + H_{\text{ф}} + H_{\text{в}} + H_{\text{д}} + H_{\text{с}}, \text{ м},$$

где $H_{\text{п}}$, $H_{\text{ф}}$ – соответственно высота поддерживающего и фильтрующего слоя, м; $H_{\text{в}}$ – высота слоя воды над фильтрующей загрузкой (принимается не менее 2 м); $H_{\text{д}}$ – дополнительная высота фильтров, определяемая при работе их с постоянной скоростью фильтрования при выключении одного или двух фильтров на промывку, м; $H_{\text{с}}$ – превышение кромки бортов фильтра над поверхностью воды, принимаемое равным 0,5 м.

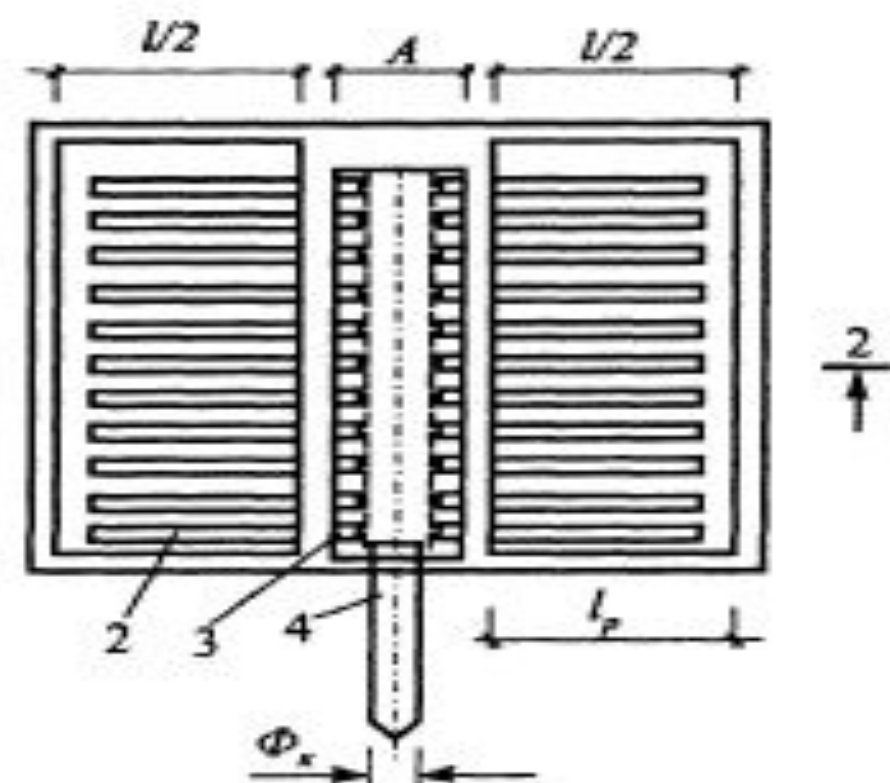
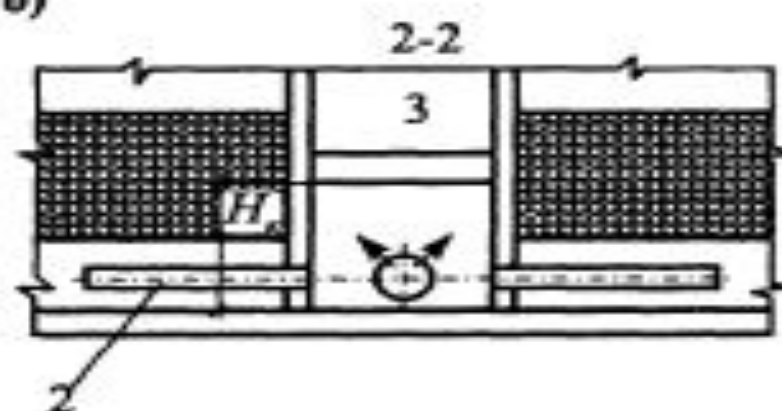
$$H_{\text{д}} = \frac{W_0}{F_0} = \frac{\sum f_{\text{ф}} \cdot V_{\text{п}} \cdot t_1}{F - \sum f_{\text{ф}}}, \text{ м},$$

где W_0 – объем воды, накапливающейся за время простоя промываемого фильтра, м³; F_0 – суммарная площадь фильтров, в которых накапливается вода, м²; $\sum f_{\text{ф}}$ – суммарная площадь фильтров, выключаемых на промывку.

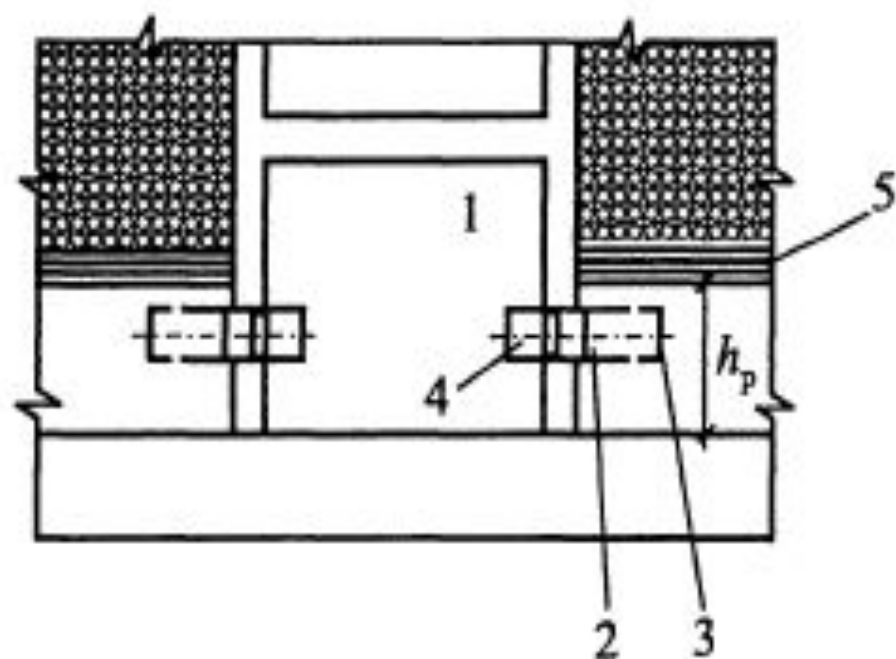
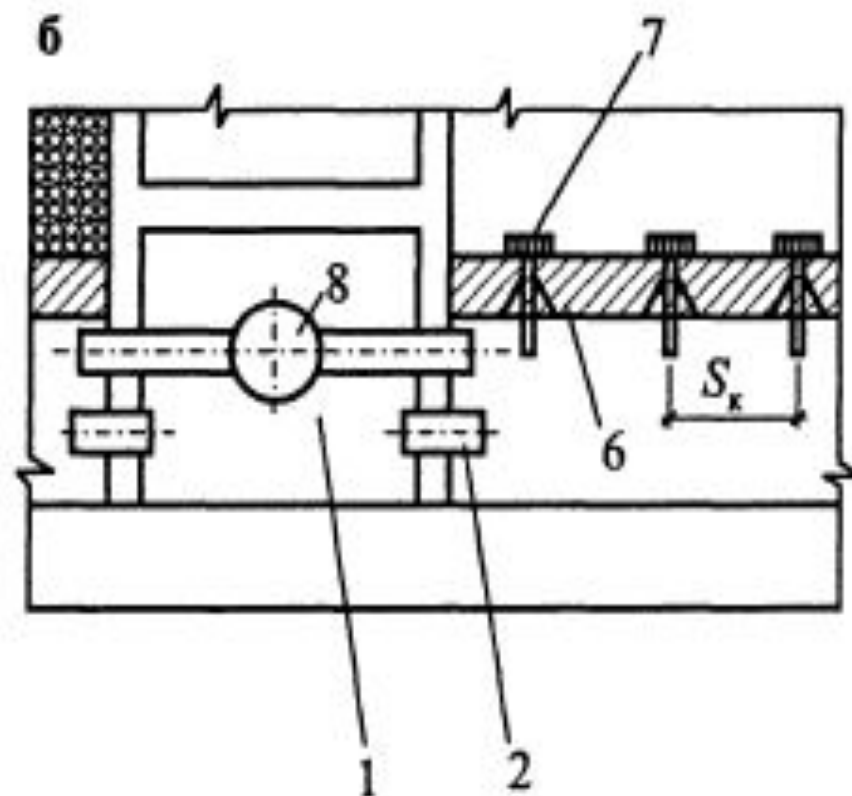
а)



б)



а - с центральным коллектором; б - с центральным каналом; 1 - центральный коллектор; 2 - боковые ответвления; 3 - центральный канал; 4 - подача промывной воды; 5 - дырчатый трубопровод

а**б**

а - пористый; б - колпачковый; 1 - нижний канал; 2 - патрубок; 3 - отражатель; 4 - диафрагма; 5 - пористые плиты; 6 - промежуточное днище; 7 - щелевые колпачки; 8 - воздуховод

Для сбора и отведения промывной воды следует предусматривать желоба полукруглого или пятиугольного сечения. Расстояние между осями соседних желобов должно быть не более 2,2 м. Ширину желоба $B_{\text{жел}}$ надлежит определять по формуле

$$B_{\text{жел}} = K_{\text{жел}} \sqrt[5]{q_{\text{жел}}^2 / (1,57 + a_{\text{жел}})^3},$$

где $q_{\text{жел}}$ — расход воды по желобу, м³/с;

$a_{\text{жел}}$ — отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимаемое от 1 до 1,5;

$K_{\text{жел}}$ — коэффициент, принимаемый равным: для желобов с полукруглым лотком — 2, для пятиугольных желобов — 2,1.

Кромки всех желобов должны быть на одном уровне и строго горизонтальны.

Лотки желобов должны иметь уклон 0,01 к сборному каналу.

Конструктивная высота желоба определяется по выражению:

$$h_{\text{ж}} = (1 - 1,5)B_{\text{ж}} + \sigma, \text{ м},$$

где σ - толщина стенки желоба, м.

Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки до верхних кромок желобов (рис. 10.1) определяется по формуле:

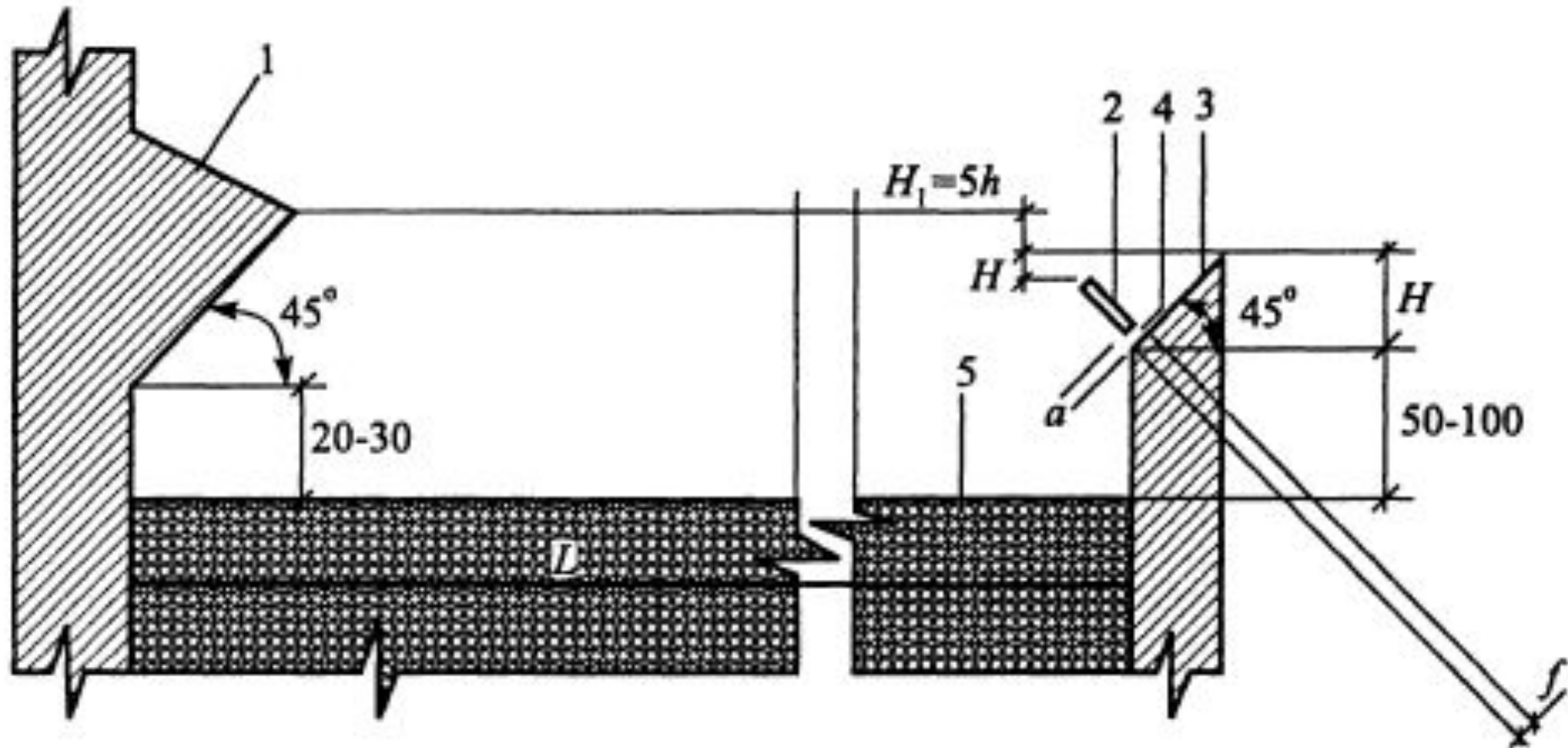
$$\Delta h = \frac{H_{\phi} e}{100} + 0,3, \text{ м},$$

где H_{ϕ} - высота фильтрующего слоя, м; e - относительное расширение фильтрующей загрузки, принимаемое в зависимости от типа фильтра и загрузки, %.

Расстояние от дна желоба до дна сборного канала

$$H_{\kappa} \geq 1,73 \sqrt{\frac{q_{\text{кан}}^2}{gA^2}} + 0,2, \text{ м},$$

где $q_{\text{кан}}$ - расход воды по каналу, м³/с;
 A - ширина канала, м.



1 - струенаправляющий выступ; 2 - переливная стенка пескоулавливающего желоба; 3 - задняя стенка желоба; 4 - щель для отвода песка; 5 - уровень загрузки

$$q_{\text{уд}} = W \cdot L, \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2),$$

где W - интенсивность подачи воды при совместной водовоздушной промывке, л/(с·м²); L - расстояние от противоположной стенки фильтра до перелива, м.

Определение размеров пескоулавливающего желоба

Удельный расход воды $q_{уд}$, л/(с·м ²)	Размеры, мм			
	H	h	a	f
25	320	25	20	30 - 40
20	250	20	20	
15	210	20	15	
10	170	20	15	

Гидравлический расчет трубопроводов

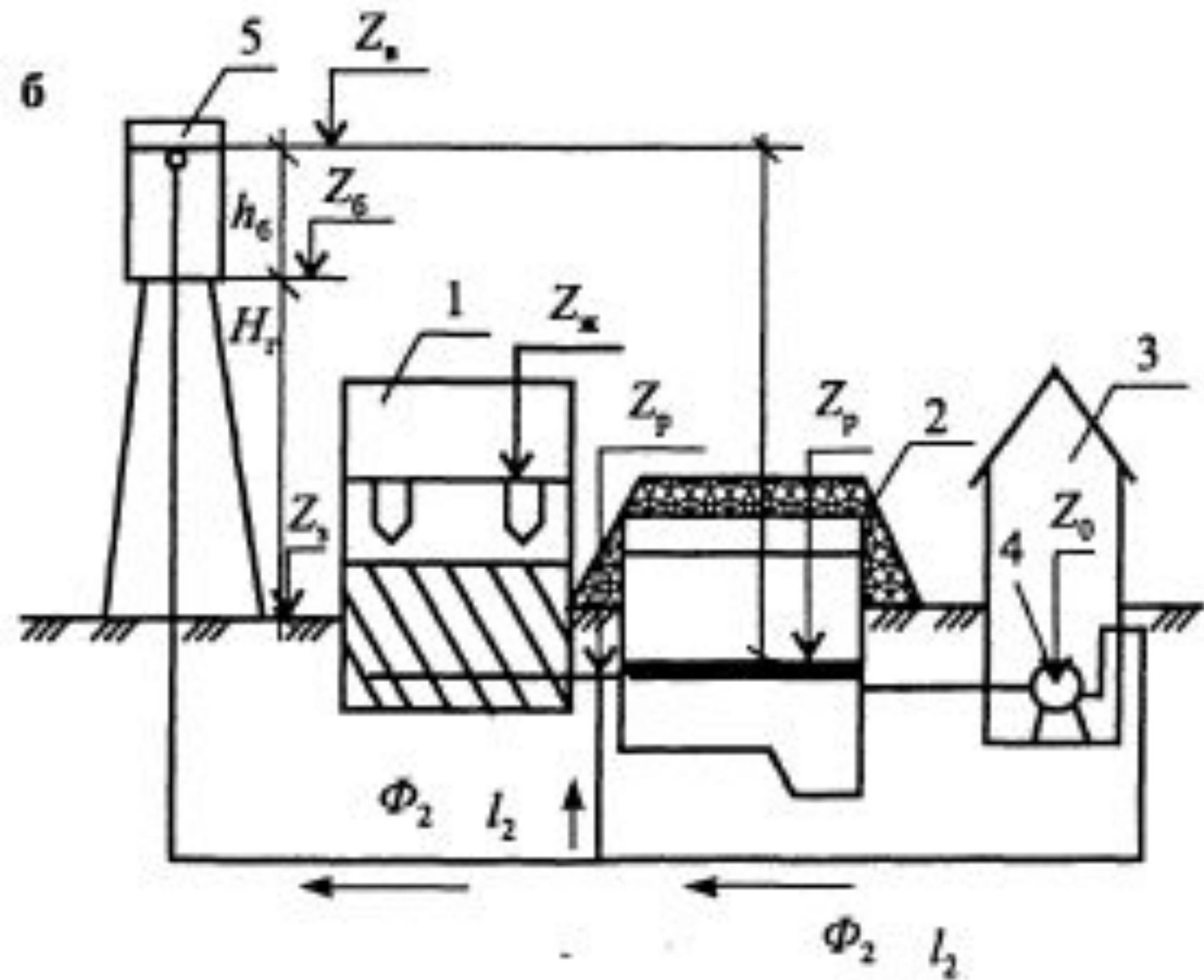
Назначение трубопровода	Формула для определения расхода воды, л/с	Рекомендуемая скорость, м/с	Диаметр труб, мм	Расчетная скорость, м/с
Подача осветленной воды на все фильтры	$q = \frac{\alpha \cdot Q_n}{24 \cdot 3,6}$	0,8 - 1,2		
То же на один фильтр	$q_1 = \frac{q}{N - 1}$	$\leq 1,5$		
Отвод фильтрата с одного фильтра	та же	$\leq 1,5$		
Отвод фильтрата в резервуар чистой воды со всех фильтров	$q_{\phi} = \frac{\alpha \cdot Q_n}{24 \cdot 3,6}$	0,8 - 1,2		
Подача промывной воды	$q_{\text{пр}} = fW$	$\leq 2,0$		
Отвод загрязненной промывной воды	та же	1,5 - 2,0		
Опорожнение фильтра	-		100 - 200	

Примечание: в формулах (табл. 10.5): α - коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды, принимаемый 1,02 - 1,08; N - количество фильтров; Q_n - полезная производительность станции, м³/сут; f - площадь одного фильтра, м²; W - интенсивность промывки фильтра, л/(с·м²).



а - от промывного насоса, б- от промывной башни; 1 - фильтр; 2 - резервуар чистой воды; 3 - здание насосной станции; 4 - промывной насос; 5 - башня для подачи промывной воды

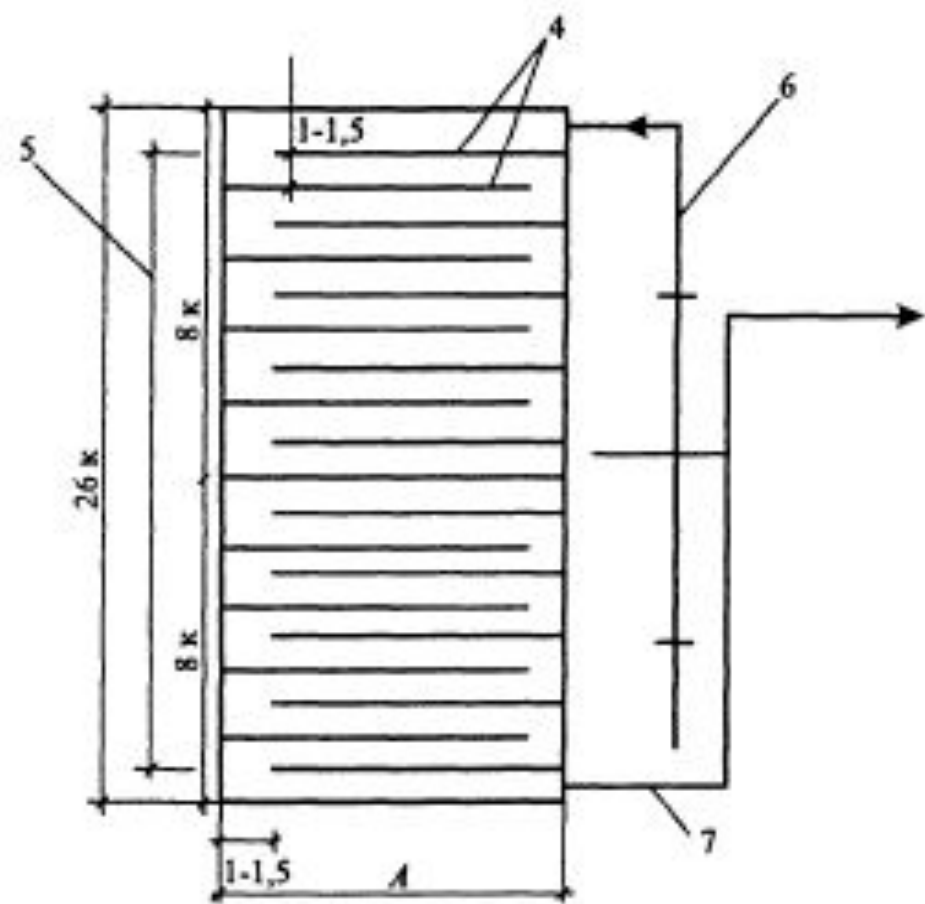
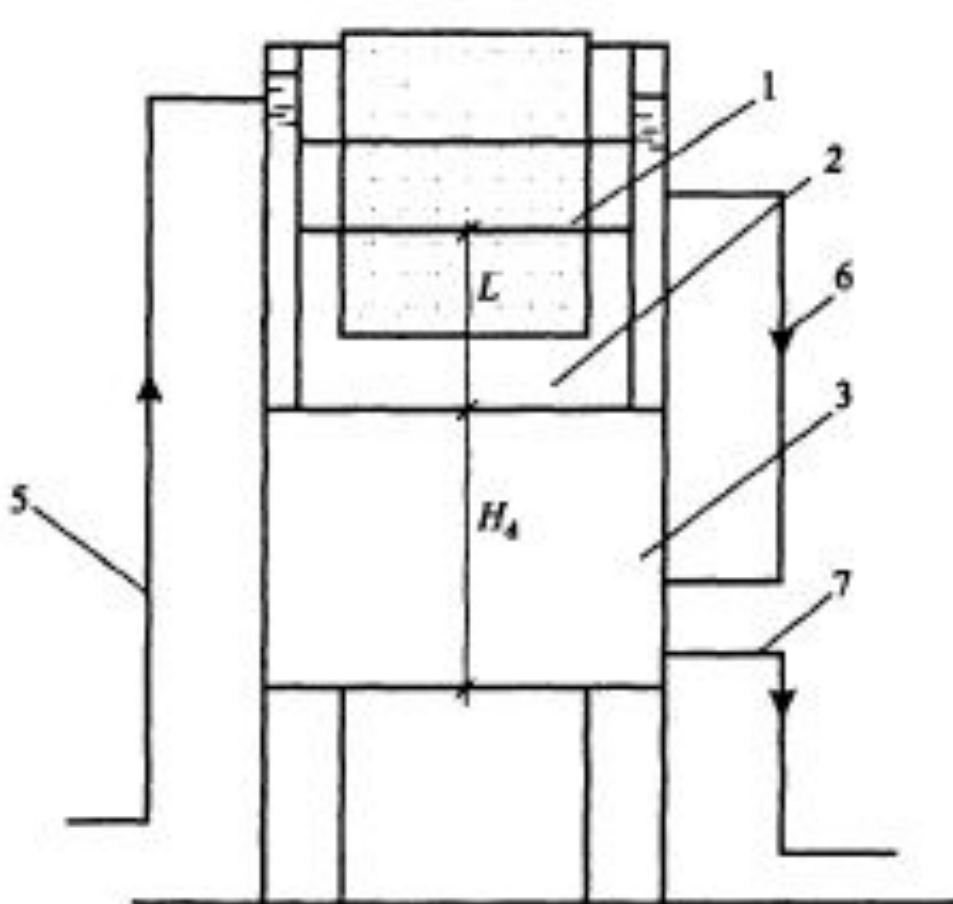
6



Контактные осветлители

На станциях контактного осветления воды надлежит предусматривать сетчатые барабанные фильтры и входную камеру, обеспечивающую требуемый напор воды, смешение и контакт воды с реагентами, а также выделение из воды воздуха.

Объем входной камеры должен определяться из условия пребывания воды в ней не менее 5 мин. Камера должна быть секционирована не менее чем на 2 отделения, в каждом из которых надлежит предусматривать переливные и спускные трубы



1 - микрофильтр (барабанные сетки); 2 - ванна микрофильтров (барабанных сеток);
 3 - контактная камера; 4 - перегородки контактной камеры; 5 - подача исходной
 воды на микрофильтры (барабанные сетки); 6 - отвод воды в контактные камеры;
 7 - отвод воды из контактных камер

Характеристики сетчатых барабанных фильтров

Марка	Производительность, Q, тыс. м³/сут	Размеры барабана, мм		Размеры ванны, мм		
		диаметр, Ø	длина, l	длина, L	ширина, B	расстояние от оси до дна, C
МФ 1,5x1	4	1550	1230	2095		
МФ 1,5x2	8	-//-	2305	3160	2660	1000
МФ 1,5x3	12	-//-	3370	4196		
МФ 3x1,5	15	3050	1714	2606		
МФ 3x3	30	-//-	3370	4122	4060	1700
МФ 3x4,5	45	-//-	4744	5635		
БС 1,5x1	10	1550	1230	2095		
БС 1,5x2	20	-//-	2305	3160	2660	1000
БС 1,5x3	30	-//-	3370	4196		
БС 3x1,5	35	3050	1714	2606	4060	1700
БС 3x3	70	-//-	3370	4122		

Количество рабочих БС и МФ определяется по выражению:

$$N = Q / q, \text{ шт},$$

где Q - полная производительность станции осветления воды, $\text{м}^3/\text{сут}$; q - производительность одной БС или МФ, $\text{м}^3/\text{сут}$,

Площадь, занимаемая БС или МФ с учетом размеров подводящих и отводящих каналов, определяется по формуле:

$$F = n f_{\text{в}} + m_1 f_{\text{п}} + m_2 f_0, \text{ м}^2,$$

где n - количество ванн, в которых размещаются рабочие и резервные БС или МФ; m_1 , m_2 - количество подводящих и отводящих каналов; $f_{\text{в}}$, $f_{\text{п}}$, f_0 - площади ванн, подводящих и отводящих каналов, м^2 .

Контактная камера должна иметь не менее двух отделений. Общая площадь контактной камеры численно принимается равной площади, занимаемой БС или МФ. Если для смешения раствора коагулянта с обрабатываемой водой применяются встроенные во входную камеру смесители, то общая площадь контактной камеры определяется с учетом площади смесителей по выражению:

$$F_{\text{общ}} = F + f_{\text{с}}, \text{ м}^2.$$

Объем контактной камеры определяется по суммарному времени пребывания воды в ней, необходимому для смешения и контакта с реагентами:

$$W_{\text{к}} = \frac{q_{\text{к}} \sum t}{60},$$

где $q_{\text{к}}$ - часовой расход, $\text{м}^3/\text{ч}$; $\sum t$ - суммарное время пребывания воды в камере, мин.

Минимальный объем камеры должен соответствовать времени пребывания воды в ней не менее 5 мин.

Высота камеры определяется, исходя из найденных объема и площади, и должна быть не менее 1,5 м:

$$H_{\text{к}} = \frac{W_{\text{к}}}{F_{\text{общ}}}, \text{ м.}$$

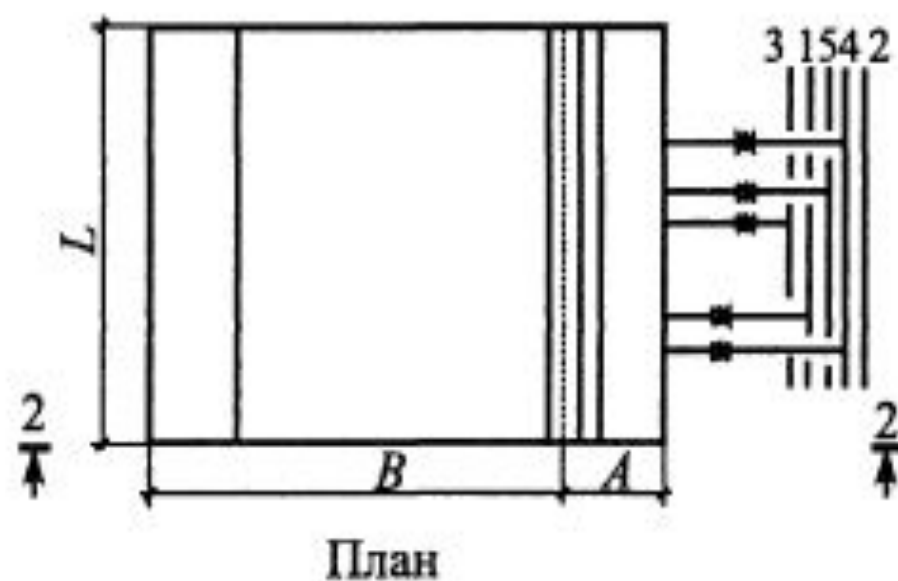
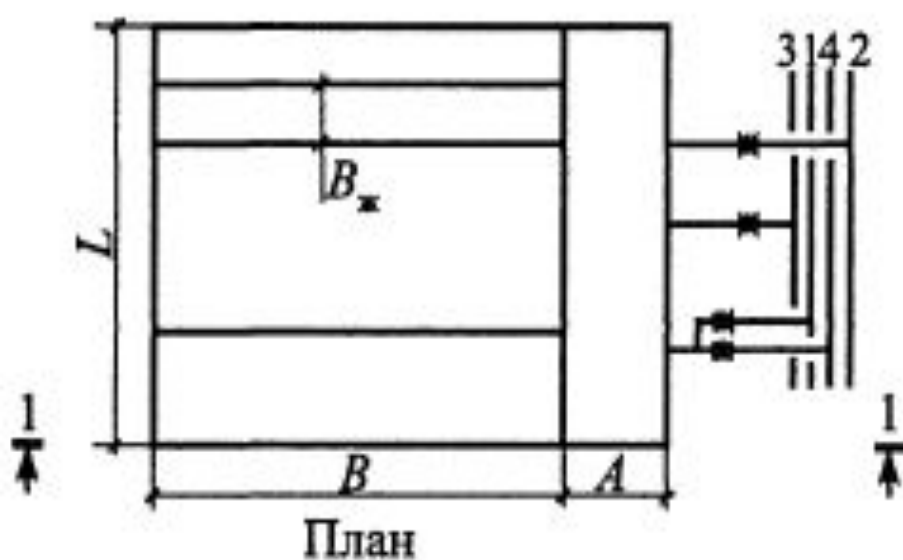
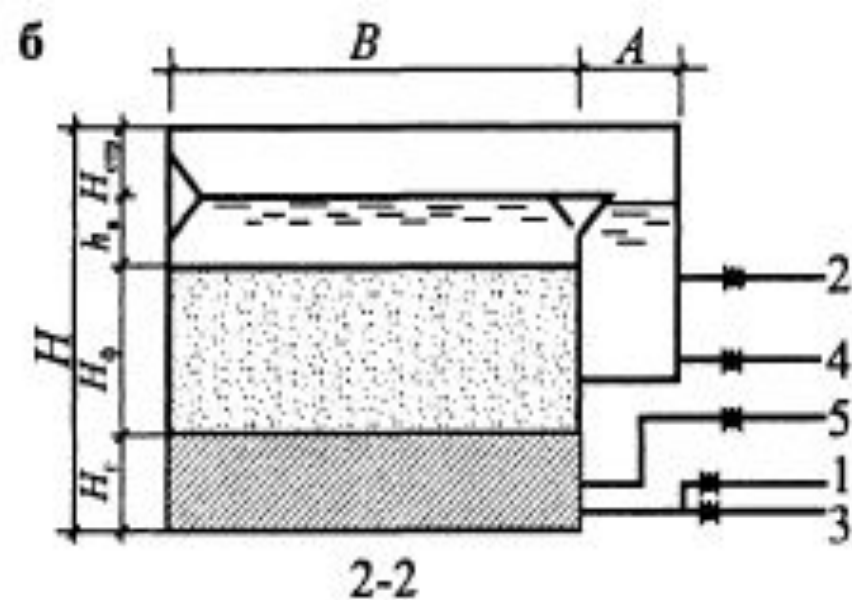
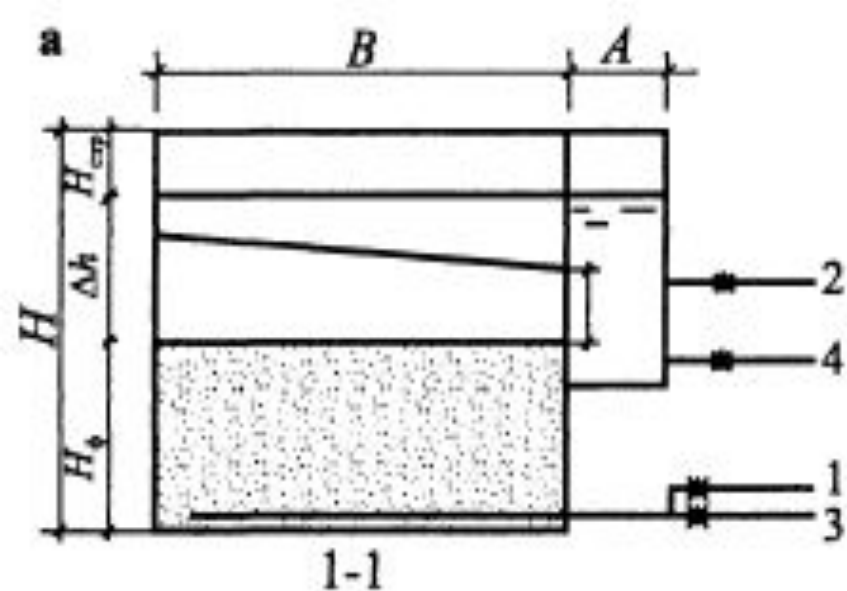
Размеры входной камеры в плане определяются компоновкой БС или МФ, подводящих и отводящих каналов и смесителя.

Для обеспечения движения воды во всем объеме камеры она делится вертикальными перегородками перпендикулярно длинной стороне: через 1–1,5 м, которые поочередно не доходят до противоположной стены на 1–1,5 м.

Перепад уровней воды между контактными осветлителями и входной камерой определяется по формуле:

$$H_y = 0,8h_z + h_c,$$

где h_z - предельно допустимая потеря напора в песчаном слое загрузки, принимаемая для кварцевого песка численно равной высоте его слоя, м;
 h_c - сумма всех потерь напора на пути движения воды от начала входной камеры до загрузки осветлителя, м.



а - типа КО-1; б - типа КО-3; 1 - подача исходной воды; 2 - отвод фильтрата; 3 - подача промывной воды; 4 - отвод промывной воды; 5 - воздуховод

Общая площадь контактных осветлителей определяется по формуле:

$$F = \frac{Q_{\text{п}}}{mV - n(q + Vt_1 + t_c V / 60)}, \text{ м}^2,$$

где $Q_{\text{п}}$, m , n , t_1 - значения которых приведены в табл. 1; V , t_c - соответственно скорость фильтрования, м/ч, и продолжительность сброса первого фильтрата, мин, принимаемые по табл. 1; q - удельный расход воды на промывку контактного осветлителя, м³/м²,

Параметры работы контактных осветлителей

Наименование показателя	Тип осветлителя	
	без поддерживающих слоев	с поддерживающими слоями
Скорость фильтрования, м/ч:		
при нормальном режиме	4,0 – 5,0	5,0 – 5,5
при форсированном режиме	5,0 – 5,5	5,5 – 6,0
Продолжительность сброса первого фильтрата, мин	5 – 10 (10 – 15)	10 – 12 (12 – 15)
Интенсивность подачи воды на промывку, л/(с·м ²)	15,0 – 18,0	3,0 – 3,5 с воздухом 6,0 – 7,0 без воздуха
Продолжительность промывки, мин	7,0 – 8,0	6,0 – 7,0 с воздухом 5,0 – 7,0 без воздуха

Примечание: в скобках указана продолжительность сброса первого фильтрата при промывке КО неочищенной водой.

Состав фильтрующей загрузки

Контактные осветлители	Высота гравийных и песчаных слоев (в м) с крупностью зерен (в мм)					
	40 - 20	20 - 10	10 - 5	5 - 2	2 - 1,2	1,2 - 0,7
С поддерживающими слоями	0,2 - 0,25	0,1 - 0,15	0,15 - 0,2	0,3 - 0,4	1,2 - 1,3	0,8 - 1
Без поддерживающих слоев	-	-	-	0,5 - 0,6	1 - 1,2	0,8 - 1

Примечание: для КО с поддерживающими слоями верхняя граница гравия крупностью 40-20 мм должна быть на уровне верха труб распределительной системы. Общая высота загрузки должна быть не более 3 м.