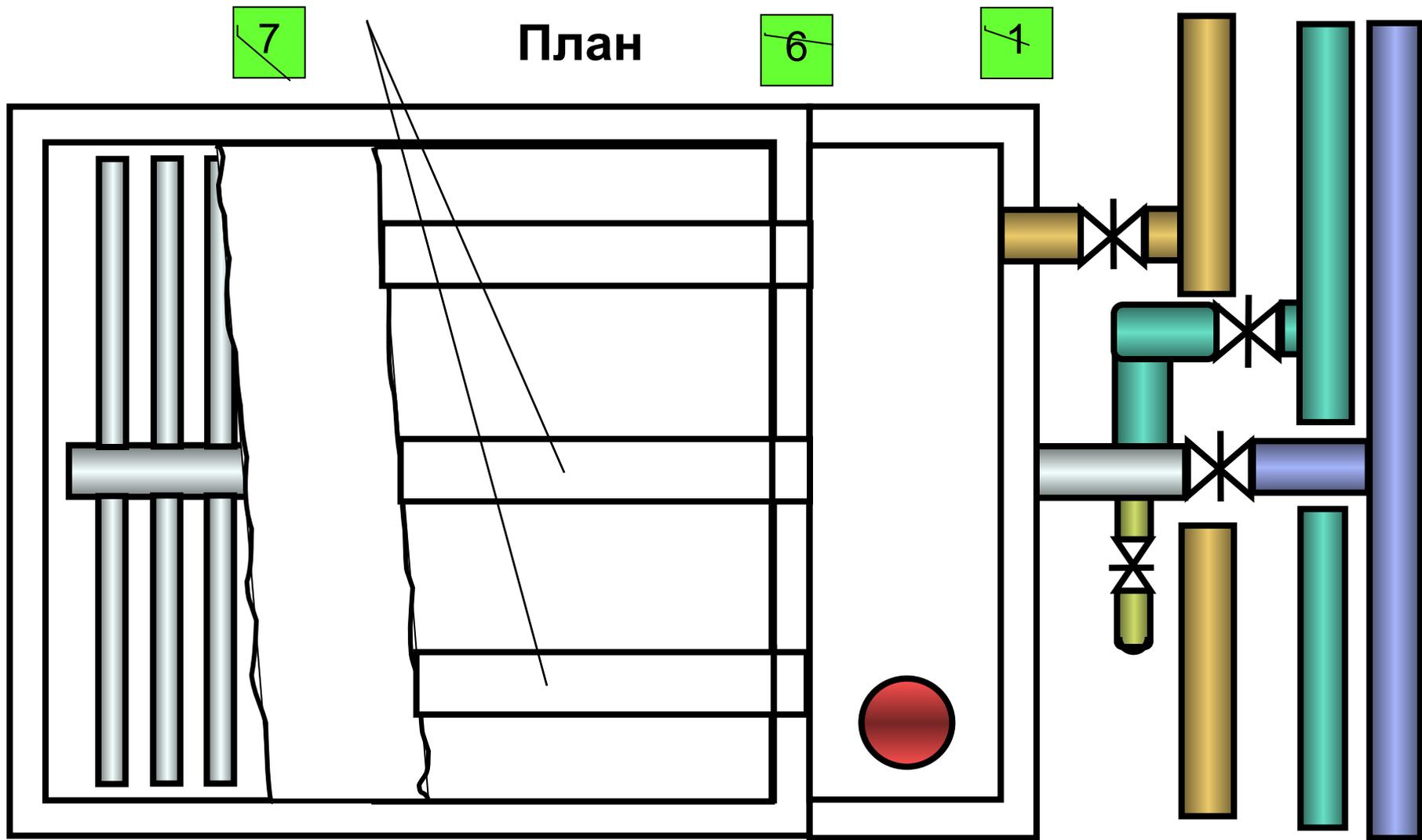


Скорые фильтры

Расчет

План



7

6

1

8a

8b

10

4

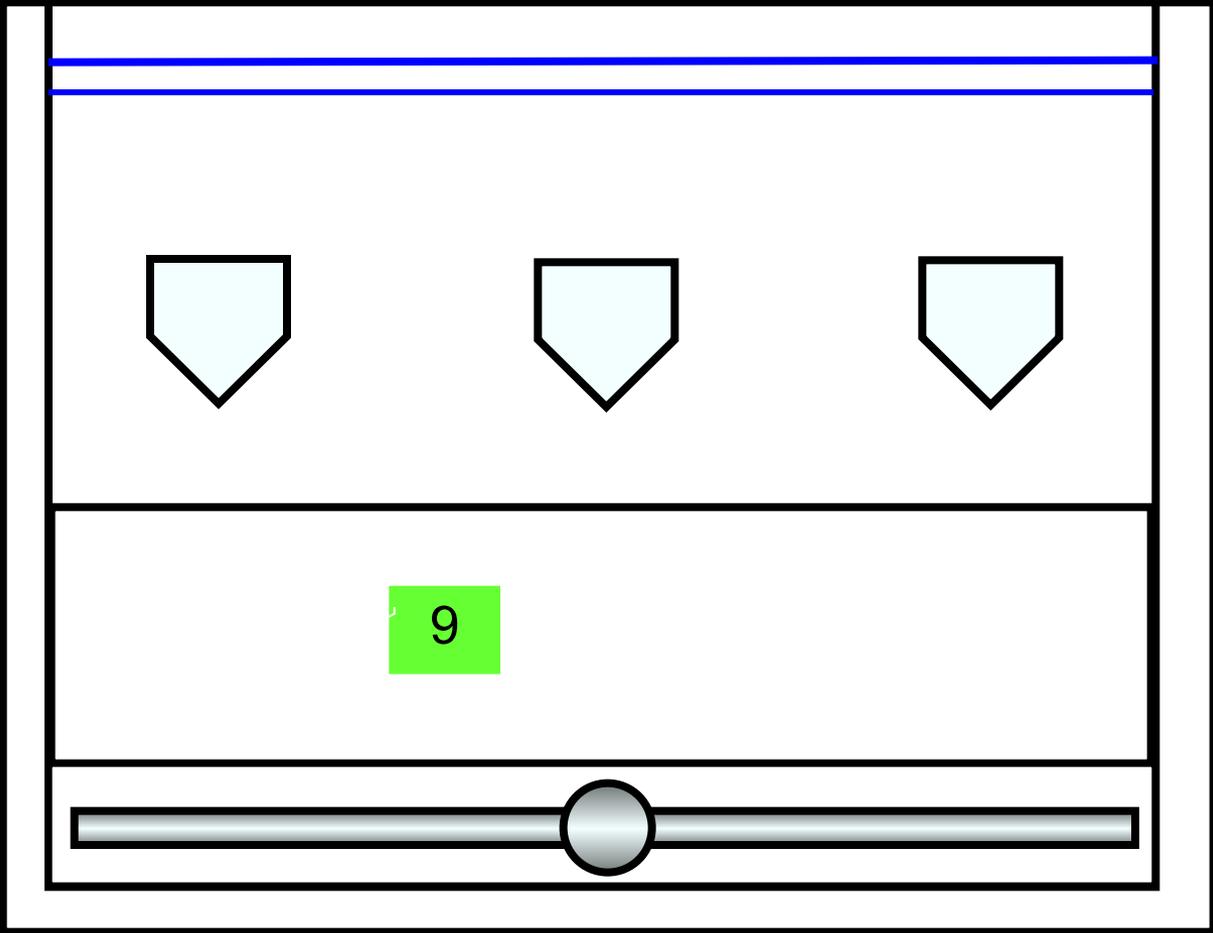
5

3

2

Разрез 2-2

7



10

9

8a

86

- 1 – подающая труба;
- 2 – отвод фильтрата;
- 3 – подача промывной воды;
- 4 – выпуск промывной воды;
- 5 – сброс первого фильтрата;
- 6 – карман (нужен, чтобы при отводе воды отсутствовал подпор);
- 7 – желоб (для отвода промывной воды);
- 8 – распределительная система:
 - 8а – коллектор; 8б – ответвления. Назначение: отвод фильтрата; подача промывной воды;
- 9 – фильтрующий слой;
- 10 – поддерживающие слои.

- Рассчитать скорые фильтры для станции полезной производительностью $15\ 000\text{ м}^3/\text{сут.}$

Расчетная площадь фильтров:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{полезн}}}{V_{\text{н}} \times T - 3.6n \times t_1 \times \omega - n \times t_2 \times V_{\text{н}} - n \times t_3 \times V_{\text{н}}}$$

где $Q_{\text{п}} = 15\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$ – полезная производительность станции;

$V_{\text{н}}$ - расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, 6 м/ч (табл.15);

$T = 24 \text{ ч}$ – продолжительность работы станции в течение суток;

$n = 2$ – расчетное число промывок каждого фильтра за сутки при нормальном режиме работы станции;

$\omega = 12 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$ - интенсивность промывки
фильтра, принимается по табл.16;

$t_1 = 0,1 \text{ ч}$ – продолжительность подачи
промывной воды по табл.16 [СП];

$t_2 = 0,33 \text{ ч} = 20 \text{ мин}$ – продолжительность
простоя фильтра в связи с промывкой,
(промываемого только водой),

$t_3 = 0,17 \text{ ч} = 10 \text{ мин}$ – продолжительность
сброса первого фильтрата.

Таблица 15 - Скорости фильтрования при нормальном и форсированном режимах для различных материалов загрузки

Фильтры	Характеристика фильтрующего слоя					Скорость фильтрования, м/ч		
	Материал загрузки	Диаметр зерен, мм			Коэффициент неоднородности загрузки	Высота слоя, м	при нормальном режиме v_n	при форсированном режиме v_f
		наименьших	наибольших	эквивалентный				
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
Скорые фильтры с двухслойной загрузкой	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 16 - Параметры промывки водой загрузки из кварцевого песка

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		45
0,8 – 1	14 – 16	<u>6 – 5</u>	30
1 – 1,2	16 – 18		25
<u>Скорые</u> с двухслойной загрузкой	14 – 16	7 – 6	50

□

$$F_{\phi} = \frac{15000}{6 \times 24 - 3.6 \times 2 \times 0,1 \times 12 - 2 \times 0,33 \times 6 - 2 \times 0,17 \times 6} = 116 \text{ м}^2$$

По экономическим соображениям количество фильтров на водоочистных станциях ориентировочно принимается по формуле

$$N = 0.5 \sqrt{F_{\phi}}$$

$$N = 0.5 \sqrt{116} = 5,38 \approx 5$$

Площадь одного фильтра: $116/5=23,19 \text{ м}^2$.

Принято 27 м^2 с размером в плане $4,5 \text{ м}$ х 6 м .

Фактическая скорость фильтрования:

$$V_n = \frac{6 \text{ м}^3 / \text{ч} \cdot 116 \text{ м}^2}{27 \text{ м}^2 \cdot 5 \text{ шт}} = 5,15 \text{ м} / \text{ч}$$

При промывке, перегрузке или ремонте одного (или одновременно двух – в зависимости от числа их на станции) фильтра остальные фильтры должны быть проверены на работу в форсированном режиме со скоростью фильтрации (V_{ϕ}) и она не должна превышать допустимые пределы указанные в табл. 15

$$V_{\phi} = V_n \times \frac{N}{N - N_1}$$

- где N – общее число фильтров;
- N_1 – число одновременно выводимых из работы фильтров

$$V_{\phi} = 5,15 \frac{5}{5-1} = 6,44 \text{ м / ч}$$

Скорость фильтрования при форсированном режиме отвечает требованиям табл.15 $6,44 \text{ м / ч} < 6-7,5 \text{ м / ч}$.

Состав загрузки фильтра

- Высота фильтрующего слоя песка принята 0,7 м с крупностью частиц 0,5-1,2 мм;
- эквивалентный диаметр зерен 0,7-0,8 мм;
- коэффициент неоднородности $K_H = 1,8-2$.

Расчет распределительной системы фильтра

- Количество промывной воды для промывки одного фильтра:
- $Q_{\text{пр}}^{1\phi} = F_{1\phi} \cdot \omega = 27 \text{ м}^2 \cdot 12 \text{ (л/с} \cdot \text{м}^2) = 324 \text{ л/с} = 0,324 \text{ м}^3/\text{с}.$
- Диаметр коллектора при $V=1,2 \text{ м/с}$ [п.9.88, $V=0,8-1,2 \text{ м/с}$]:

$$d_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.324}{3.14 \cdot 1.2}} = 0,586 \text{ м}$$

- Принимаем $d_{\text{кол}} = 600\text{мм}$.
- Скорость:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{кол}}^2} = \frac{4 \cdot 0,324}{3,14 \cdot 0,6^2} = 1,09 \text{ м/с}$$

СП 31.13330.2012

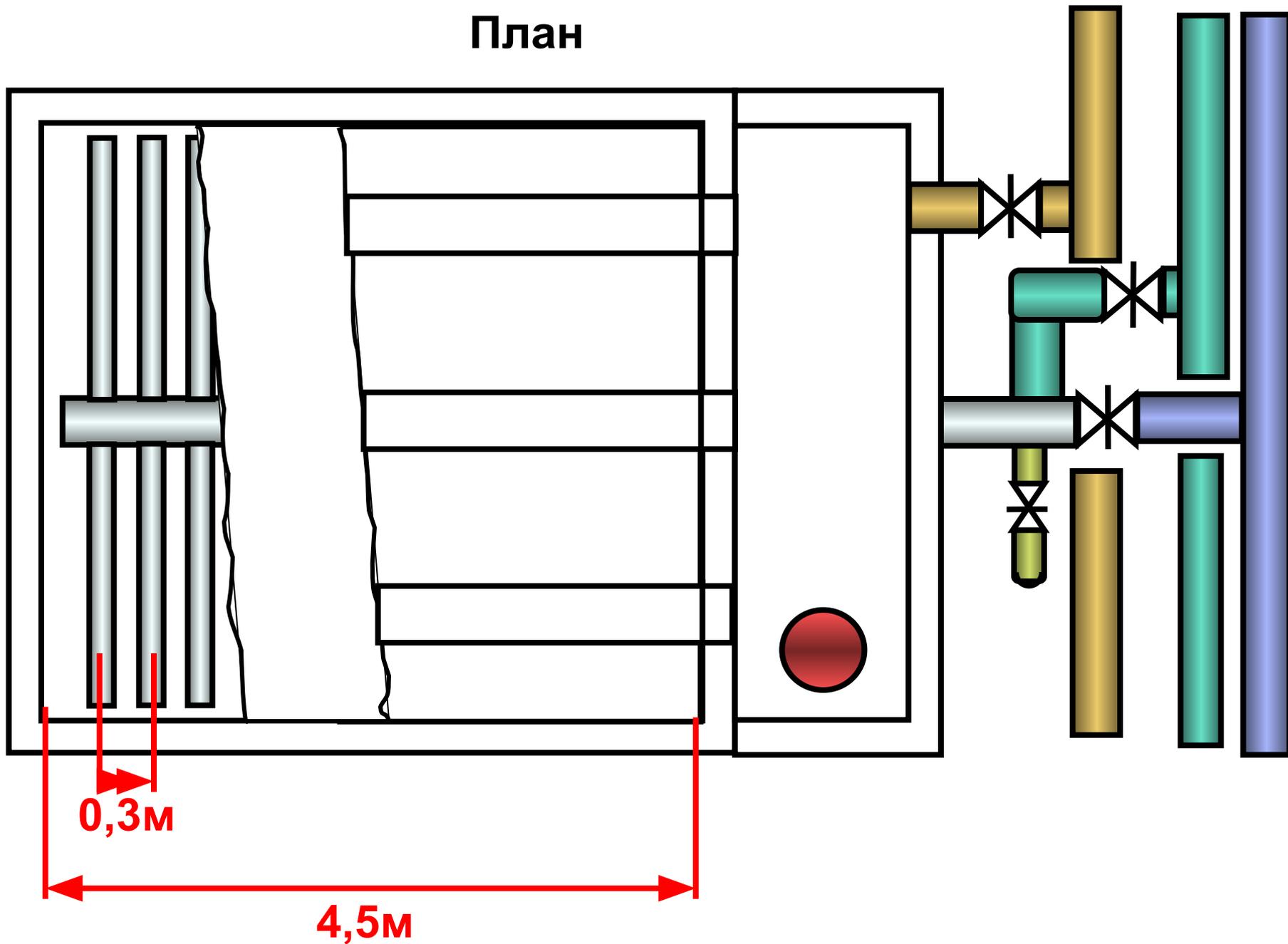
9.88 Площадь поперечного сечения коллектора трубчатой распределительной системы следует принимать постоянной по длине. Скорость движения воды при промывке следует принимать: в начале коллектора 0,8— 1,2 м/с, в начале ответвлений 1,6—2 м/с.

- Количество ответвлений с каждой стороны при расстоянии между ними 0,3 м:

$$4,5 \text{ м} : 0,3 \text{ м} = 15 \text{ шт.}$$

- С двух сторон – 30 шт.

План



- Расход промывной воды, приходящийся на 1 ответвление:
- $Q_{\text{отв}} = 0,324 : 30 = 0,0108 \text{ м}^3/\text{с}$.
- Диаметр ответвления при $V=1,6 \text{ м/с}$ [п.9.88, $V=1,6-2,0 \text{ м/с}$]:

$$d_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0108}{3.14 \cdot 1.6}} = 0,093 \text{ м}$$

Диаметры трубопроводов, мм

Усл. проход	Наружный	Внутренний	Расчетный
80	102	96	95
100	121	115	114
150	168	159	158
200	219	210	209
250	273	261	260
300	325	311	311
350	377	363	363
400	426	412	412
500	530	516	516
600	630	616	616
700	720	706	706
800	820	804	804
1000	1020	1004	1004

- Скорость при $d_{\text{отв}} = 80\text{мм}$ ($d_{\text{расч}} = 95\text{мм}$):

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{отв}}^2} = \frac{4 \cdot 0,0108}{3,14 \cdot 0,095^2} = 1,52 \text{ м / с}$$

- Общая площадь отверстий составляет 0,25 % рабочей площади фильтра
[п.6.105]: $\Sigma f_o = 0,0025 \cdot 27 \text{ м}^2 = 0,0675 \text{ м}^2$.
- При диаметре отверстий 12 мм площадь одного отверстия $f_o = 0,000113 \text{ м}^2$.
- Общее количество отверстий:

$$n_o = \frac{\Sigma f_o}{f_o} = \frac{0.0675}{0.000113} = 597.1шт$$

Принимаем 600 шт.

СНиП 2.04.02-84*

6.105. На ответвлениях трубчатого дренажа следует предусматривать: при наличии поддерживающих слоев — отверстия диаметром 10—12 мм, при их отсутствии — щели шириной на 0,1 мм меньше минимального размера зерен фильтрующей загрузки.

Общая площадь отверстий должна составлять 0,25—0,5 % рабочей площади фильтра; площадь щелей — 1,5—2 % рабочей площади фильтра.

Отверстия надлежит располагать в два ряда в шахматном порядке под углом 45° к низу от вертикали. Щели должны размещаться равномерно поперек оси и по периметру трубы не менее чем в два ряда.

- Количество отверстий, приходящееся на каждое ответвление: $600:30=20$ шт.

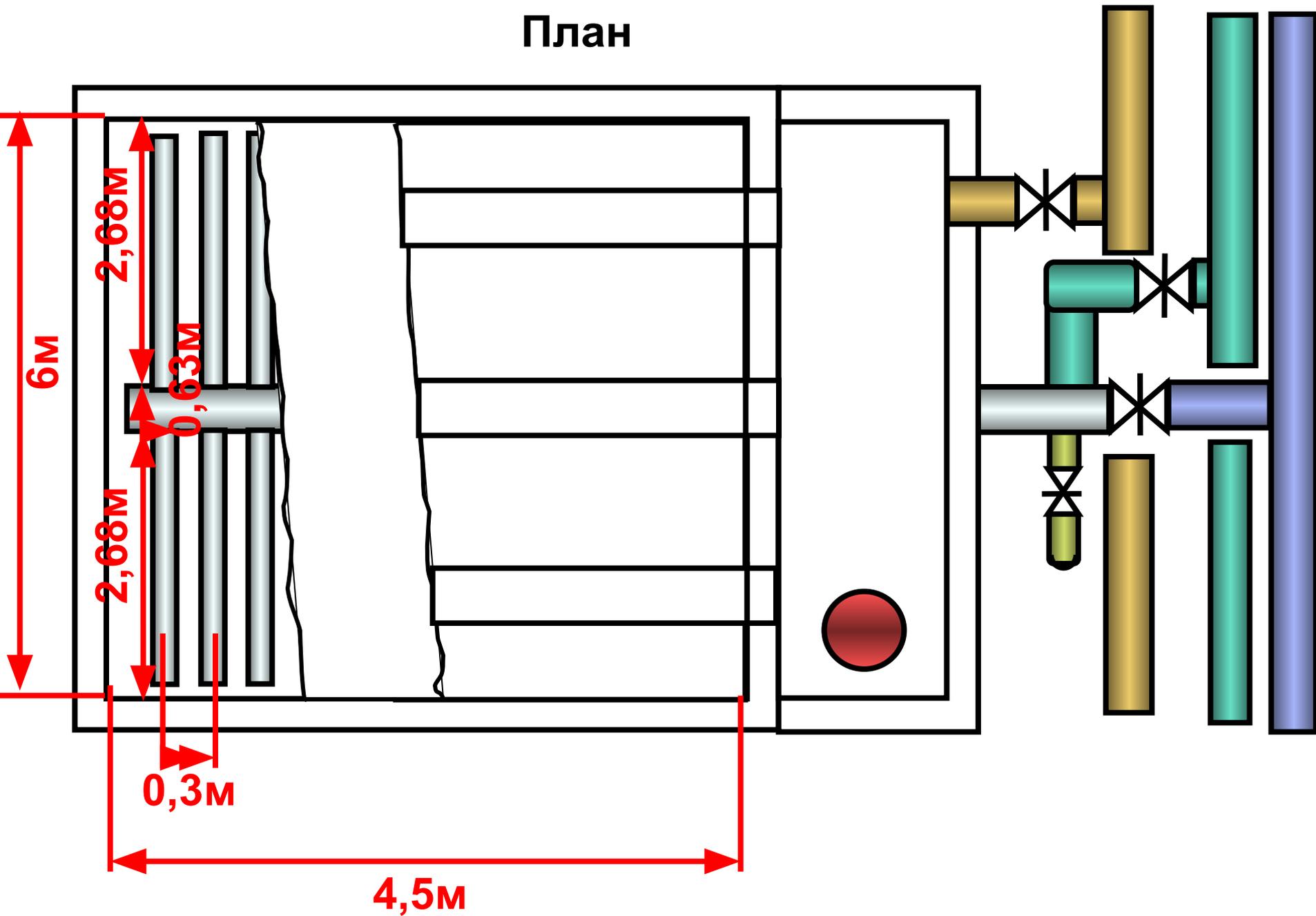
- При длине каждого ответвления:

$$l_{\text{отв}} = (B_{\text{ф}} - d_{\text{кол}})/2 = (6 - 0,63)/2 = 2,68 \text{ м.}$$

- Расстояние между осями отверстий:

$$l_{\text{о}} = l_{\text{отв}}/n_{\text{о}} = 2.68/20 = 0.134 \text{ м.}$$

План



СНиП 2.04.02-84*

6.105.

- Расстояние между осями ответвлений следует принимать 250—350 мм, между осями отверстий 150—200 мм, между щелями не менее 20 мм, от низа ответвлений до дна фильтра 80—120 мм.
-

Расчет устройств для сбора и отвода воды при промывке

- Сбор воды при промывке фильтров осуществляется с помощью желобов.
- Принимаем 3 желоба, расстояние между осями желобов: $6 \text{ м} : 3 = 2,0 \text{ м} < 2,2$ [п.9.93].
- Расход промывной воды, приходящийся на 1 желоб: $Q_{1\text{жел}} = 0,324 : 3 = 0,108 \text{ м}^3/\text{с}$.

СП 31.13330.2012

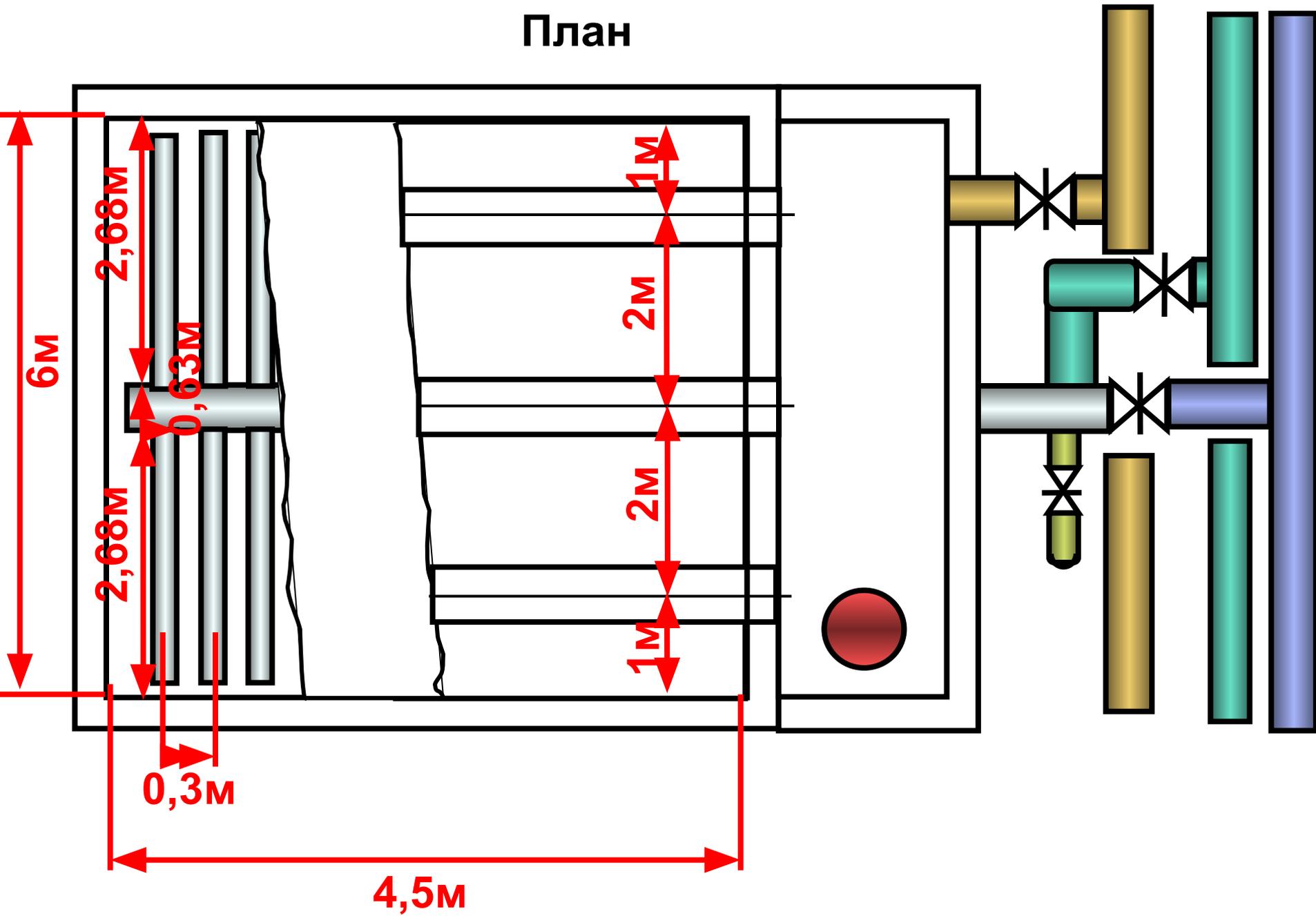
9.93 Для сбора и отведения промывной воды следует предусматривать желоба полукруглого или пятиугольного сечения.

Расстояние между осями соседних желобов должно быть не более 2,2 м.

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

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

План



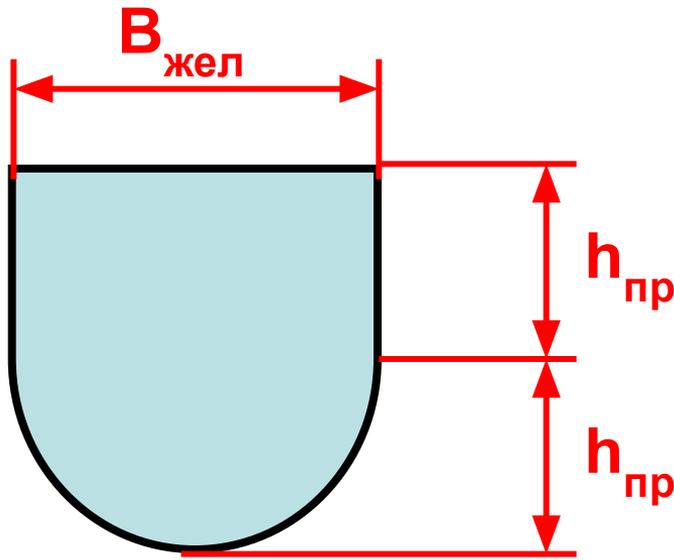
- Ширина желоба [п.6.111]:

$$B_{\text{жел}} = K_{\text{жел}} \sqrt[5]{\frac{Q_{1\text{жел}}^2}{(1,57 + \alpha_{\text{жел}})^3}}$$

где $K_{\text{жел}}$ - коэффициент, принимаемый равным:

- для желобов с полукруглым лотком — 2,
- для пятиугольных желобов — 2,1;

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



$$\alpha = \frac{h_{\text{пр}}}{\frac{B}{2}} = \frac{2h_{\text{пр}}}{B}$$

При $\alpha = 1$ $h_{\text{пр}} = 0,5 \cdot B$

$$V_{\text{жел}} = 2,5 \sqrt{\frac{0,108^2}{(1,57 + 1)^3}} = 0,47 \text{ м}$$

- Высота прямоугольной части желоба:

$$h_{\text{пр}} = 0,5V_{\text{ж}} = 0,5 \cdot 0,47 = 0,23 \text{ м.}$$

- Полезная высота желоба:

$$h = h_{\text{пр}} + 0,5V = 0,23 + 0,5 \cdot 0,47 = 0,47 \text{ м.}$$

- С учетом толщины стенки

$$h_{\text{полн}} = 0,47 + 0,08 = 0,55 \text{ м.}$$

Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки до кромок желобов:

$$H_{ж} = \frac{H_3 \cdot a_3}{100} + 0,3$$

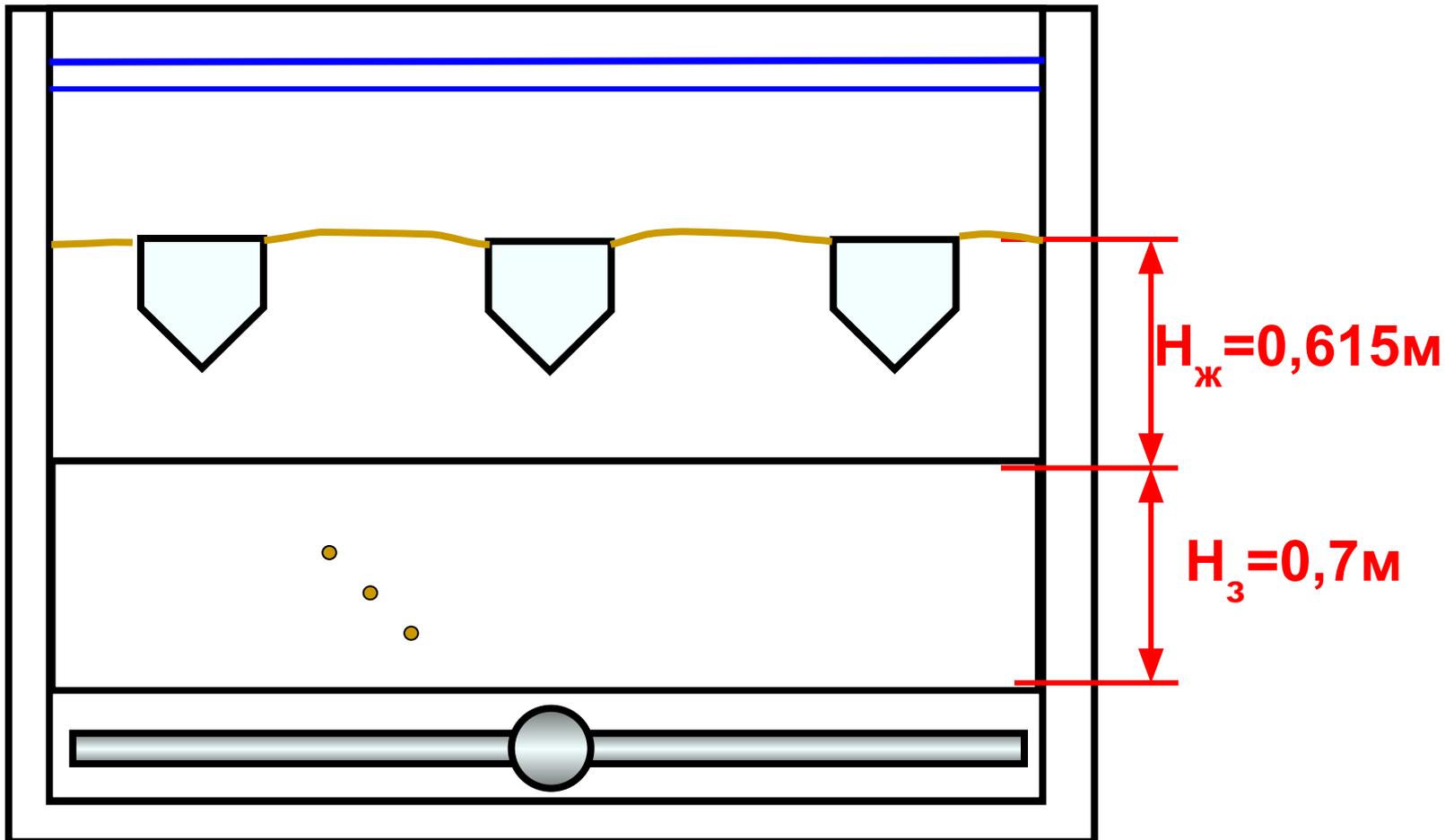
где H_3 — высота фильтрующего слоя, м;
 a_3 — относительное расширение фильтрующей загрузки в процентах, принимаемое по табл. 16.

$$H_{ж} = \frac{0,7 \cdot 45}{100} + 0,3 = 0,615 м$$

Таблица 16 - Параметры промывки водой загрузки из кварцевого песка

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		45
0,8 – 1	14 – 16	<u>6 – 5</u>	30
1 – 1,2	16 – 18		25
<u>Скорые с двухслойной загрузкой</u>	14 – 16	7 – 6	50

Разрез 2-2



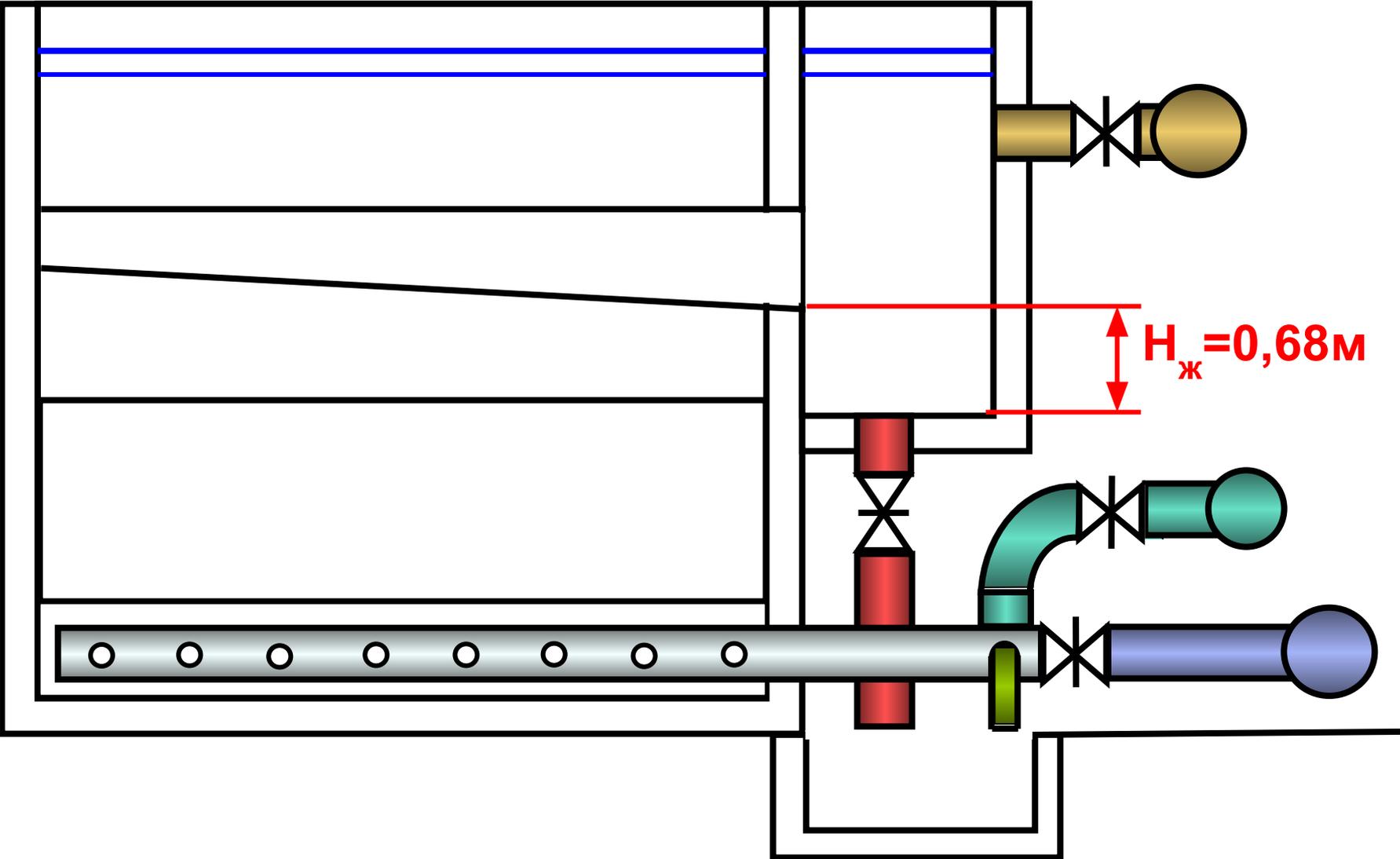
- Расстояние от дна желоба до дна канала:

$$H_{\text{кан}} = 1,733 \sqrt{\frac{Q_{\text{кан}}^2}{gB_{\text{кан}}^2}} + 0,2$$

где $q_{\text{кан}}$ — расходы вод по каналу, м³/с;
 $B_{\text{кан}}$ — ширина канала, 0,7м.

$$H_{\text{кан}} = 1,733 \sqrt{\frac{0,324^2}{9,81 \cdot 0,7^2}} + 0,2 = 0,68 \text{ м}$$

Разрез 1-1



Общая высота фильтра:

$$H_{\text{общ}} = H_{\text{пс}} + H_{\text{з}} + H_{\text{воды}} + H_{\text{доп}} + H_{\text{стр}},$$

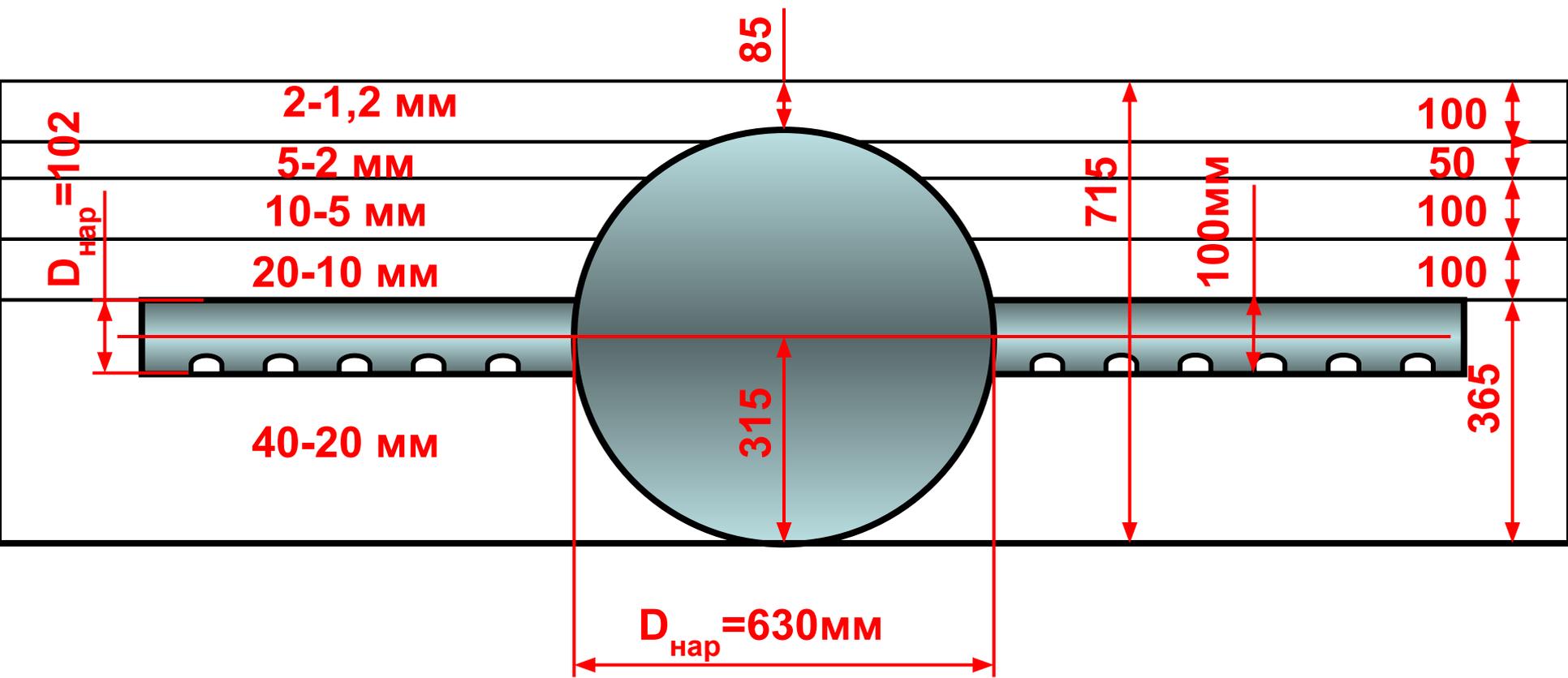
- где $H_{\text{пс}}$ - высота поддерживающих слоев, 0,715 м;
- $H_{\text{з}}$ - высота фильтрующего слоя, 0,7 м;
- $H_{\text{воды}}$ - высота слоя воды над поверхностью загрузки, 2 м;
- $H_{\text{стр}}$ - превышение строительной высоты над расчетным уровнем воды, 0,5 м;

СП 31.13330.2012 табл.14

Крупность зерен, мм	Высота слоя, мм
5 - 2	50 - 100
10 - 5	100 - 150
20 - 10	100 - 150
40 - 20	Верхняя граница слоя должна быть на уровне верха распределительной трубы, но не менее чем на 100 мм выше отверстий

СНиП 2.04.02-84* табл.22

- Примечания: 1. При водовоздушной промывке с подачей воздуха по трубчатой системе высоту слоев крупностью 10—5 мм и 5—2 мм следует принимать по 150— 200 мм каждый.
2. Для фильтров с крупностью загрузки менее 2 мм следует предусматривать дополнительный поддерживающий слой с размером зерен 2—1,2 мм высотой 100 мм.
-



СНиП 2.04.02-84*

6.101. Высота слоя воды над поверхностью загрузки в открытых фильтрах должна быть не менее 2 м; превышение строительной высоты над расчетным уровнем воды — не менее 0,5 м.

- $H_{\text{доп}}$ - дополнительная высота для приема воды, накапливающейся при выключении фильтра на промывку:

$$H_{\text{доп}} = \frac{W}{\sum F}$$

где W – объем воды, накапливающийся за время промывки одного фильтра:

$$W = \frac{Q}{N} \times (t_2 + t_3) \quad W = \frac{15000}{24 \cdot 5} \times 0,5 = 62,5 \text{ м}^3$$

- ΣF - суммарная площадь сооружений, в которых происходит накопление воды

$$\sum F = F_{см} + F_{осв} + F_{\phi}$$

$$\sum F = 2,46 + 200 + (5 - 1) \cdot 27 = 310,46 \text{ м}^2$$

$$H_{дон} = \frac{62,5}{310,46} = 0,2 \text{ м}$$

$$H_{общ} = 0,715 + 0,7 + 2,0 + 0,2 + 0,5 = 4,115 \text{ м.}$$

Разрез 2-2

