

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Кудрявцев Александр Владимирович  
Должность: Проректор по образованию  
Дата подписания: 02.02.2024 г.  
Уникальный программный ключ:  
790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**  
(Университет Вернадского)

Факультет Э и ТС  
Кафедра **Природообустройства и водопользования**

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Профиль «водоснабжение и водоотведение»

Форма обучения заочная

Квалификация – бакалавр

Балашиха 2024 г.

Составил: доцент. кафедры Природообустройство и водопользование  
Заикина И.В.

Рецензент: зав. кафедры Природообустройство и водопользование  
Тетдоев В.В.

## Раздел 1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

**1.1. Общие методические указания по выполнению курсового проекта**  
Учебным планом для студентов по профилю «водоснабжение и водоотведение» по данной дисциплине предусмотрено выполнение курсовой работы. Курсовая работа состоит из 2 частей. В первой части проектирует водопроводные очистные сооружения, которые устраняют негативное воздействие на окружающую среду а также:

- по аналогии с приведённым в данных методических указаниях примером разработать *приложение 1* генплан станции водоподготовки с экспликацией зданий и сооружений.

*Во второй части курсовой работы необходимо проделать следующую работу:*

- разработать очистную установку с необходимыми основными сооружениями, которые снижают БПК<sub>полн</sub> с 500 мг/л до 3,0 мг/л, а концентрацию нефтепродуктов с 40 мг/л до 0,05 мг/л;
- метод очистки поверхностного стока включает отстаивание и фильтрование;
- произвести механическую и сорбционную очистку от крупных взвешенных веществ и эмульгированных нефтепродуктов;
- определить производительность сооружений;
- произвести расчёт и выбор основного оборудования;
- провести расчёт механического фильтра;
- произвести расчет механосорбционного фильтра;
- произвести расчет сорбционного фильтра;
- по аналогии с приведённым в данных методических указаниях примером разработать схему очистки поверхностных нефтесодержащих стоков с экспликацией оборудования.

Курсовая работа сопровождается пояснениями по порядку расчета, что можно найти в теоретической части рекомендованной литературы или в представленных примерах.

**Студент выполняет тот вариант, который совпадает с последней цифрой его учебного шифра.**

Таблица №1 Задания для выполнения первой части курсового проекта

Параметр	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Население, чел	97800	109600	114400	121100	108900	129100	115900	90700	116900	128700
Норма водопотребления, л	240	260	290	300	310	320	330	340	350	360
Мутность, мг/л	90	110	150	210	350	530	530	650	880	11500
T, время	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

уплотнения для осветлителя со взвешенным слоем осадка										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## **Часть 1. Пример решения задания №1**

### **1.1. Общие данные**

Задачей первой части курсового проекта является проектирование водопроводных очистных сооружений. Выбор сооружений для очистки воды зависит от ее качества в источнике и требований потребителя. Требования к качеству воды должны удовлетворяться ГОСТ Р51232-98 “Вода питьевая”.

Источник водоснабжения – река.

Станция водоподготовки располагается в центре европейской части России с преобладающим направлением ветра – северо-восточным. Местность в санитарно-эпидемиологическом состоянии удовлетворительна. Площадка водозабора и очистных сооружений, находится на расстоянии 2 км от города, вверх по течению реки.

Для предотвращения загрязнения источника водоснабжения предусматривается зона санитарной охраны, с расстоянием 1-го пояса: вверх по течению реки 200м, вниз – 100м, в направлении по противоположному – вся акватория.

### **1.2. Исходные данные**

Исходные данные для проектирования очистных сооружений

Качественные показатели воды в источнике водоснабжения:

Мутность – 480 мг/л;

Цветность – 55 град;

Щелочность – 1,2 мг-экв/л;

Жесткость – 7,1 мг-экв/л;

pH – 7,0;

Привкус – 2 балла;

Запах – 2 балла;

Фтора – 0,85 мг/л;

Железо – 0,27 мг-экв/л.

Численность населения – 106700 человек

Норматив водопотребления – 240 л/сут

### 1.3. Определяем производительность очистной станции

Требования к качеству питьевой воды и ее санитарно-бактериологический анализ является основными исходными данными для проектирования очистных сооружений.

Качество питьевой воды должно удовлетворять ГОСТ 2.874-74 «Питьевая вода».

Очистная станция рассчитывается на равномерную работу в течение суток, если ее полная производительность не менее 3000 м<sup>3</sup>/сут.

Производительность станции очистки воды составляет:

$$Q_{o.c.} = \alpha q_{\text{макс.сут}} + Q_{\text{доп}} \quad (1)$$

Где

$\alpha$  – коэффициент учитывающий расход воды на собственные нужды станции (при сбросе осадка из отстойников или при продувке осветлителей, при промывке скорых фильтров и т.д.) и равный 1,05 – 1,1;

$q_{\text{макс.сут}}$  – расход воды для суток максимального водопотребления;

$Q_{\text{доп}}$  – дополнительный расход воды на пополнение противопожарного запаса;

$$Q_{\text{доп}} = \frac{3,6 \times n \times q_{\text{пож}} \times t_{\text{пож}}}{T_{\text{пож}}}, \quad (\text{м}^3/\text{сут}) \quad (2)$$

где:

$t_{\text{пож}}$  – время, затраченное на тушение одного пожара (3ч);

$n$  – количество одновременных пожаров, согласно СНиП (2);

$T_{\text{пож}}$  – время восстановления противопожарного запаса, зависит от категории населенного пункта (24ч);

$q_{\text{пож}}$  – согласно СНиП 2.04.02-84 предусматривается 2 пожара с нормой расхода 25 л/с.

$$Q_{\text{доп}} = \frac{3,6 \times 2 \times 25 \times 3}{24} = 22,5, \quad (\text{м}^3/\text{сут})$$

Тогда,  $Q_{o.c.}$

$$Q_{o.c.} = 1,1 \frac{240 \cdot 106740}{1000} + 22,5 = 28201,86, \quad (\text{м}^3/\text{сут})$$

$$Q_{\text{пол}}^{\text{час}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{24} = \frac{28201,86}{24} = 1175,08, \quad (\text{м}^3/\text{час})$$

### 1.4. Выбор технологической схемы очистки воды

Технологическая схема выбирается исходя из производительности станции, свойств поступающей воды, требований к качеству очищенной воды и технико-экономических соображений.

В нашем курсовой работе выбираем двухступенчатую схему очистки, согласно СНиП 2.04.02-84, т.к. у нас производительность очистной станции = 28201,86 м<sup>3</sup>/сут, мутность = 480 мг/л, цветность = 55°.

Таблица 2 Выбор технологической схемы очистки вод

Основные сооружения	Условия применения				Производительность станции, м <sup>3</sup> /сут
	Мутность, мг/л		Цветность, град		
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
<i>Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов</i>					
1. Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование):					
а) напорные	До 30	До 1,5	До 50	До 20	До 5000
б) открытые	< 20	< 1,5	< 50	< 20	« 50000
2. Вертикальные отстойники — скорые фильтры	< 1500	< 1,5	< 120	< 20	« 5000
3. Горизонтальные отстойники — скорые фильтры	< 1500	< 1,5	< 120	< 20	Св. 30000
4. Контактные префильтры — скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование)	< 300	< 1,5	< 120	< 20	Любая
5. Осветлители со взвешенным осадком — скорые фильтры	<u>Не менее 50 до 1500</u>	<u>&lt; 1,5</u>	<u>&lt; 120</u>	<u>&lt; 20</u>	<u>Св. 5000</u>
6. Две ступени отстойников — скорые фильтры	Более 1500	< 1,5	< 120	< 20	Любая
7. Контактные осветлители	До 120	< 1,5	< 120	< 20	-
8. Горизонтальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком для частичного осветления воды	« 1500	8 – 15	< 120	< 40	-
9. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	< 80	До 10	< 120	< 30	-
10. Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод	Св. 1500	< 250	< 120	< 20	«
11. Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления (типа «Струя»)	До 1000	< 1,5	< 120	< 20	До 800
<i>Обработка воды без применения коагулянтов и флокулянтов</i>					
12. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	До 150	30 – 50 % исходной	До 120	Такая же, как исходная	Любая
13. Радиальные	Более	30 – 50 %	< 120	То же	«

отстойники для частичного осветления воды	1500	исходной			
14. Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка	До 1500	1,5	< 50	До 20	«

**Примечания:**

1. Мутность указана суммарная, включая образующуюся от введения реагентов.
2. На водозаборных сооружениях или на станции водоподготовки необходимо предусматривать установку сеток с ячейками 0,5—2 мм. При среднемесячном содержании в воде планктона более 1000 кл/мл и продолжительности «цветения» более 1 мес в году в дополнение к сеткам на водозаборе следует предусматривать установку микрофильтров на водозаборе или на станции водоподготовки.
3. При обосновании для обработки воды допускается применять сооружения, не указанные в табл. 15 (плавающие водозаборы-осветлители, гидроциклоны, флотационные установки и др.).
4. Осветлители со взвешенным осадком следует применять при равномерной подаче воды на сооружения или постепенном изменении расхода воды в пределах не более 15 % в 1 ч и колебании температуры воды не более  $\pm 1^\circ\text{C}$  в 1 ч.

Технологическая цепочка: осветлители со слоем взвешенного осадка - скорые фильтры.

Схема: реагентная.

Обесцвечивание воды, т.е. удаление из нее коллоидов или растворенных примесей, обуславливающих цветность воды, осуществляется посредством коагуляции.

В нашем случае обеззараживание воды производится хлорированием.

Для удаления из воды водорослей и прочих макрозагрязнений, используют вращающиеся барабанные сетки и элементы из тканей различной плотности

При данном расходе =  $28201,86 \text{ м}^3/\text{сут} = 1175,08 \text{ м}^3/\text{час}$ , принимаем две рабочие барабанные сетки, плюс 1 резервная.

Размер барабана  $D \times L = 1,5 \times 3,7 \text{ м}$ .

Фактическая скорость фильтрации -  $7,5 \text{ м}^2$ .

Средняя частота вращения барабана - 2,6 об/сек.

Размеры установки:

Длина - 5450 м

Ширина - 1850 м

Высота - 2750 м

Мощность эл. двигателя - 2,2 кВт

Масса - 2,8 т.

## 1.5. Расчет реагентного хозяйства

### 1.5.1. Определение дозы реагента

Одним из наиболее распространённых и широко применяемых на практике приёмов снижения содержания взвеси является осаждение под действием сил тяжести. Однако примеси обуславливающие мутность и цветность природных вод, отличаются малыми размерами, вследствие чего

их осаждение происходит крайне медленно, т.к. силы диффузии преобладают над силами тяжести. Для ускорения процессов осаждения, и повышения их эффективности прибегают к коагулированию воды.

Коагуляцией примесей воды называют процесс укрупнения коллоидных и взвешенных частичек дисперсной системы, происходящей в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Этот процесс завершается отделением агрегатов слипшихся частичек от жидкой фазы. Коагуляция коллоидов вызывается не только электролитами, но и взаимодействием противоположно заряженных коллоидов.

В качестве коагулянтов могут применяться следующие соединения:

- Сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  - наиболее распространён.
- Оксихлорид алюминия  $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$
- Аллюминат натрия  $NaAlO_3$
- Хлорное железо  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  и т.д.

При мутности воды = 480 мг/л, и цветности = 55 град., доза коагулянта определяется по формуле:

$$D_k = 4\sqrt{Ц}, \text{ (мг/л)} \quad (3)$$

где:

Ц - цветность воды.

$$D_k = 4\sqrt{55} = 30, \text{ (мг/л)}$$

При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и цветности принимается большая из доз коагулянта определенных по табл. 3 и формуле.

Таблица 3. Определение дозы коагулянта

Мутность воды, мг/л	Доза безводного коагулянта для обработки мутных вод, мг/л
До 100	25 – 35
Св. 100 до 200	30 – 40
< 200 < 400	35 – 45
< 400 < 600	45 – 50
< 600 < 800	50 – 60
< 800 < 1000	60 – 70
< 1000 < 1500	70 – 80

Принимаем дозу коагулянта по табл. 4.  $D_k = 45$  мг/л.

Для подщелачивания и стабилизации в воду добавляем соду или известь, дозу которой определяем по формуле:

$$D_{щ} = K_{щ} \times \left( \frac{D_k}{e_k} - Щ_0 + 1 \right), \text{ мг/л} \quad (4)$$

где:

$D_k$  – доза безводного коагулянта (45 мг/л);

$K_{щ}$  – коэффициент, равный для извести – 28, соды – 53;

$e_k$  - эквивалентная масса безводного коагулянта, для  $Al_2(SO_4)_3$  – 57;

$Щ_0$  – минимальная щелочность воды (1,2 мг-экв/л).

Для соды:

$$D_{ц} = 53 \times \left( \frac{45}{57} - 1,2 + 1 \right) = 31,2, \text{ мг/л}$$

Для извести:

$$D_{ц} = 28 \times \left( \frac{45}{57} - 1,2 + 1 \right) = 16,5, \text{ мг/л}$$

Для интенсификации процесса коагуляции применяем флокулянт - полиакриламид (ПАА). Реагент поступает на станцию в виде геля или порошка, где из него изготавливают раствор. В данном случае дозу ПАА принимаем по табл. 4.

Таблица 4. Определение дозы флокулянта

Мутность воды, мг/л	Цветность воды, град	Доза безводного ПАА, мг/л
До 10	Св. 50	1 – 1,5
Св.10 до100	30 – 100	0,3 – 0,6
< 100 < 500	20 – 60	0,2 – 0,5
< 500 < 1500	$\frac{3}{4}$	0,2 – 1

Доза ПАА = 0,4 мг/л.

$$Q_{oc} = \frac{Q_{пол} \times D_{ПАА}}{24 \times 1000}, \text{ (кг/час)} \quad (5)$$

где:

$Q_{пол}$  – производительность очистных сооружений (28201,86);

$D_{ПАА}$  – доза ПАА, (мг/л).

$$Q_{oc} = \frac{28201,86 \times 0,4}{24 \times 1000} = 0,5, \text{ (кг/час)}$$

Для приготовления и перемешивания ПАА применяются установки типа УРП-2, производительностью 4,5 кг/час.

Установки для приготовления коагулянта

Определяем размеры расходных и растворных баков

1. Емкость растворного бака равна:

$$W_{раств} = \frac{Q_{пол}^{час} \times D_k \times n}{1000 \times b_p \times \gamma}, \text{ (м}^3\text{)} \quad (6)$$

где

$Q_{пол}^{час}$  - часовой расход воды, (1175,08 м<sup>3</sup>/час);

$D_k$  - максимальная доза, для коагулирования - 45 мг/л, для подщелачивания – 31,2 мг/л.

$n$  - время на которое заготавливают раствор коагулянта, для коагулирования -24 часа, для подщелачивания – 12 часов.

$b_p$  - концентрация раствора коагулянта в растворном баке, для коагулирования - 30%, для подщелачивания – 5%.

$\gamma$  - объемный вес, для коагулянта – 1 т/м<sup>3</sup>.

$$\text{Для коагулирования: } W_{раств} = \frac{1175,08 \times 45 \times 24}{10000 \times 30 \times 1} = \frac{1269086,4}{300000} = 4,2, \text{ (м}^3\text{)}$$

$$\text{Для подщелачивания: } W_{раств} = \frac{1175,08 \times 31,2 \times 12}{10000 \times 5 \times 1} = \frac{439949,95}{50000} = 8,8, \text{ (м}^3\text{)}$$

Принимаем 2 растворных бака общей ёмкостью 4,2 м<sup>3</sup>, для коагулирования и 2 для подщелачивания общей емкостью 8,8 м<sup>3</sup>.

Размеры бака для коагулирования:

- Высота (h) = 1,05 м;
- Ширина (b) = 1 м;
- Длина (l) = 2 м.

Размеры бака для подщелачивания:

- Высота (h) = 2 м;
- Ширина (b) = 1,1 м;
- Длина (l) = 2 м.

Тогда емкость одного растворного бака составит:

Для коагулирования:  $W_{\text{раств}} = 1,05 \times 1 \times 2 = 2,1 \text{ м}^3$ ;

Для подщелачивания:  $W_{\text{раств}} = 2 \times 1,1 \times 2 = 4,4 \text{ м}^3$ .

2. Определяем емкость расходного бака:

$$W_{\text{расх}} = \frac{W_{\text{раств}} \times b_p}{v}, \text{ (м}^3\text{)} \quad (7)$$

где

v – концентрация раствора коагулянта в расходном баке, в пересчете на безводный продукт, (10%).

$b_p$  - концентрация раствора коагулянта в растворном баке, для коагулирования – 30%, для подщелачивания – 5%.

Для коагулирования:  $W_{\text{расх}} = \frac{4,2 \times 30}{10} = 12,6, \text{ (м}^3\text{)}$

Для подщелачивания:  $W_{\text{расх}} = \frac{8,8 \times 5}{10} = 4,4, \text{ (м}^3\text{)}$

Принимаем 2 расходных бака общей ёмкостью 12,6 м<sup>3</sup>, для коагулирования и 2 для подщелачивания общей емкостью 4,4 м<sup>3</sup>.

Размеры расходного бака для коагулирования:

- Высота (h) = 2 м;
- Ширина (b) = 1 м;
- Длина (l) = 3,15 м.

Размеры расходного бака для подщелачивания:

- Высота (h) = 1 м;
- Ширина (b) = 1,1 м;
- Длина (l) = 2 м.

Тогда емкость одного расходного бака составит:

Для коагулирования:  $W_{\text{расх}} = 2 \times 1 \times 3,15 = 6,3 \text{ м}^3$ ;

Для подщелачивания:  $W_{\text{расх}} = 1 \times 1,1 \times 2 = 2,2 \text{ м}^3$ .

### 1.5.2. Склад реагентов

Для сухого хранения коагулянта и соды необходимо устройство склада, рассчитанного на 15-30 суток хранения реагента.

$$F_{скл} = \frac{Q_{сут} \times D \times T \times \alpha}{10000 \times P_c \times G \times h_k}, \quad (\text{м}^2) \quad (8)$$

где:

$Q_{сут}$  - производительность станции, (28201,86 м<sup>3</sup>/сут);

$T$  – время хранения, для коагулирования – 30 суток, для подщелачивания – 15 суток;

$\alpha$  - коэффициент для дополнительной площадки на складе, (1,15);

$P_c$  – процент безводного продукта в коагулянте, для коагулирования – 33,5%, для подщелачивания – 50%;

$G$  - объемный вес коагулянта, для коагулирования – 1,1 т/м<sup>3</sup>, для подщелачивания – 1 т/м<sup>3</sup>;

$h_k$  - допустимая высота хранения, для коагулирования – 2,0 м, для подщелачивания – 1,5 м.

$$\text{Для коагулирования: } F_{скл} = \frac{28201,86 \times 45 \times 30 \times 1,15}{10000 \times 33,5 \times 1,1 \times 2} = \frac{43783387,7}{737000} = 59,4, \quad (\text{м}^2)$$

$$\text{Для подщелачивания: } F_{скл} = \frac{28201,86 \times 31,2 \times 15 \times 1,15}{10000 \times 50 \times 1 \times 2} = \frac{15178241,1}{750000} = 20,2, \quad (\text{м}^2)$$

Количество коагулянта на складе:

$$Q_k = \frac{Q_{сут} \times D}{10000 \times P_c}, \quad (\text{т}) \quad (9)$$

$$Q_k = \frac{28201,86 \times 45}{10000 \times 33,5} = 3,8, \quad (\text{т})$$

$$Q_k = \frac{28201,86 \times 31,2}{10000 \times 50} = 1,8, \quad (\text{т})$$

## 1.6. Система дозирования и перемешивания реагента

После расчета устройств для приготовления растворов реагентов подбираем необходимые насосы дозаторы, которые обеспечивают подачу заданного количества реагентов в обработанную воду. Насос дозатор подбираем исходя из максимального расхода реагентов, подбираем насосы дозаторы типа НД.

Для интенсификации процессов растворения коагулянта и перемешивания раствора в растворном и расходном баках предусматривается подача сжатого воздуха.

Интенсификация подачи воздуха принимается:

– Для растворения коагулянта – 8-10 л/с·м<sup>2</sup>;

– Для перемешивания при разбавлении до нужной концентрации в расходном баке – 3-5 л/с·м<sup>2</sup>.

Рассчитаем расход воздуха:

Для растворного бака:

$$q_{возд} = F \times \omega, \quad (\text{л/с}) \quad (10)$$

где:

$F$  – площадь растворного бака;

$\omega$  – интенсивность подачи воздуха для раствора коагулянта.

$$F = \frac{W_{расч}}{2}, (M^2) \quad (11)$$

$$F = \frac{4,2}{2} = 2,1, (M^2)$$

$$q_{возд} = 2,1 \times 10 = 21, (л/с)$$

Для расходного бака:

$$q_{возд} = F \times \omega, (л/с) \quad (12)$$

где:

F – площадь расходного бака;

$\omega$  – интенсивность подачи воздуха.

$$F = \frac{W_{расч}}{2}, (M^2) \quad (13)$$

$$F = \frac{12,6}{2} = 6,3, (M^2)$$

$$q_{возд} = 6,3 \times 5 = 31,5, (л/с)$$

Для подачи воздуха принимаем воздуходувки, исходя из необходимого расхода воздуха:

$$q_{общ.возд} = 21 + 31,5 = 52,5 \text{ л/с.}$$

$$(52,5 \times 2,6 \times 60) / 1000 = 11,34 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Принимаем 2 рабочих и 1 резервную воздуходувки.

$$Q_{ПАА} = \frac{Q_{сум} \cdot D_{ПАА}}{24 \cdot 1000} = \frac{28201,86 \cdot 0,4}{24000} = 0,5, \text{ кг/час.} \quad (14)$$

Для дозирования коагулянта применяем насосы дозаторы типа НД исходя из производительности (л/ч).

По каталогам и типовым проектам принимаем соответствующее оборудование.

### 1.7. Расчет установок для обеззараживания воды

Обеззараживание воды, применяемое с целью уничтожения имеющихся в ней бактерий, достигается обычно хлорированием воды жидким (газообразным) хлором или раствором хлорной извести.

Дозу хлора устанавливают технологическим анализом, из расчета чтобы в одном литре воды, поступающем к потребителю, оставалось 0,3-0,5 мг хлора, не вступившего в реакцию (остаточного хлора).

Хлорное хозяйство располагают в отдельно размещаемых хлораторных, где сблокированы расходный склад хлора, испарительная и хлордозаторная. Расходный склад хлора можно размещать в отдельных зданиях, или в плотную к хлораторной, отделяя его глухой стеной без проемов. Трубопроводы подачи хлорной воды, выполняют из поливинилхлорида, резины, или полиэтилена высокой плотности.

Хлорирование производится в два этапа:

Предварительное – с дозой 3-5 мг/л при поступлении воды на очистную станцию;

Вторичное – с дозой 0,5-2 мг/л, для обеззараживания воды после фильтрования.

Хлораторная установка для дозирования жидкого хлора

Расчетный часовой расход хлора для хлорирования воды:

Первичное хлорирование

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D'_{\text{хл}}}{1000} = \frac{28201,86 \text{ м}^3 / \text{сут} \cdot 5 \text{ мг} / \text{л}}{1000} = 141 \text{ кг} / \text{сут} = \frac{141}{24} = 5,9 \text{ кг} / \text{час} \quad (15)$$

Вторичное хлорирование

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D''_{\text{хл}}}{1000} = \frac{28201,86 \text{ м}^3 / \text{сут} \cdot 1 \text{ мг} / \text{л}}{1000} = 28,2 \text{ кг} / \text{сут} = \frac{28,2}{24} = 1,18 \text{ кг} / \text{час} \quad (16)$$

Общий расход хлора = 1,18+5,9 кг/час = 7,08 кг/час = 169,9 кг/сут.

Оптимальные дозы хлора назначают по данным опытной эксплуатации путем пробного хлорирования очищаемой воды.

Производительность хлораторной равна 7,08 кг/ч, поэтому помещение разделено глухой стенкой на две части (собственно хлораторную и аппаратную), с самостоятельным запасным выходом на улицу.

В аппаратной устанавливаются 3 вакуумных хлоратора ЛОНИИ – 100, производительностью до 10 кг/час, с газовым измерителем. Два хлоратора являются рабочими, а один служит резервным.

В аппаратной кроме хлораторов, устанавливаем 3 промежуточных хлорных баллона. Они требуются для задержания загрязнений перед поступлением хлорного газа в хлоратор из расходных баллонов.

Производительность рассматриваемой установки по хлору составит  $Q_{\text{хл}} = 9$  кг/час. Это вызывает необходимость иметь расходные и хлорные баллоны.

Определяем количество баллонов

$$n_{\text{бал}} = \frac{Q_{\text{хл}}}{S_{\text{бал}}} = \frac{7,08 \text{ кг} / \text{час}}{0,5} = 14 \text{ баллонов} \quad (17)$$

$S_{\text{бал}}$  – съём хлора с одного баллона без искусственного подогрева при температуре = 180 в помещении, равный 0,5-0,7 кг/час

Для уменьшения количества расходных баллонов в хлораторной устанавливаются стальные бочки-испарители  $D = 0,746$  м;  $L = 1,6$  м.

Такая бочка имеет вместимость 500 л, и вмещает до 625 кг хлора. Съём хлора с 1 м<sup>2</sup> боковой поверхности бочек составляет  $S_{\text{хл}} = 3$  кг/час. Боковая поверхность бочки при принятых выше растворах составит 3,65 м<sup>2</sup>

Съём хлора с одной бочки будет:

$$q_{\text{б}} = F_{\text{б}} \cdot S_{\text{хл}} = 3,65 \cdot 3 = 10,95 \text{ кг} / \text{час} \quad (18)$$

Для обеспечения подачи хлора в количестве 7,08 кг/час нужно иметь

$$n = \frac{Q_{\text{хл}}}{q_{\text{б}}} = \frac{7,08 \text{ кг} / \text{час}}{10,95 \text{ кг} / \text{час}} = 1 \text{ бочку} - \text{испаритель} \quad (19)$$

Чтобы пополнить расход хлора из бочки, его переливают из стандартных баллонов емкостью 55 л, создавая разрежение в бочках путем отсоса хлор - газа эжектором. Это позволяет увеличить съём хлора до 5

кг/час с одного баллона, и, следовательно, сократить количество одновременно действующих расходных баллонов до  $Q_{\text{хл}} / 5 = 7,08/5 = 2$  шт.

Всего баллонов с жидким хлором за сутки расходуется

$$n_{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{хл}}}{55} = \frac{169,9 \text{ кг} / \text{сут}}{55} = 3 \text{ шт.} \quad (20)$$

При суточном расходе хлора более или равном 3 баллонов (а их 3 шт.) При хлораторной надо предусматривать хранение 3-х суточного запаса хлора. Количество баллонов на складе должно быть  $3 \cdot 3 = 9$  шт. Склад хлора не должен иметь непосредственного сообщения с хлораторной.

Основной запас хлора хранится вне очистной станции, на расходном складе, рассчитанном на месячную потребность в хлоре.

Определяем месячный запас количества баллонов на расходном складе

$$n_{\text{бал}} = \frac{Q_{\text{хл}} \cdot 30}{55} = \frac{169,9 \text{ кг} / \text{сут} \cdot 30}{55} = 93 \text{ шт.} \quad (21)$$

### 1.8. Расчет вертикального (вихревого) смесителя

Смесители служат для равномерного распределения реагентов в массе обрабатываемой воды, что способствует более благоприятному протеканию последующих реакций происходящих затем в камерах хлопьеобразования. Смешение осуществляется в течение 1-2 мин. В данном проекте т.к. полная производительность станции составляет 28201,86 м<sup>3</sup>/сут, целесообразно применить вертикальный (вихревой) смеситель.

$$Q_{\text{полн}} = 28201,86 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{\text{час}} = 1175,08 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Принимаем один вихревой смеситель с расходом 900 м<sup>3</sup>/час.

Определяем секундный расход:

$$q_{\text{сек}} = 1175,08 / 3,6 = 326 \text{ л/сек}.$$

Определяем площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя:

$$f_{\text{в}} = Q_{\text{час}} / V_{\text{в}} = 1175,08 / 90 = 13,1 \text{ м}^2, \quad (22)$$

где:

$V_{\text{в}}$  - скорость восходящего движения воды, равная 90-100 м/ч.

Определение размеров верхней части смесителя:

Принимаем верхнюю часть смесителя квадратную в плане. В этом случае её сторона будет иметь размер:

$$B_{\text{в}} = \sqrt{f_{\text{в}}} = \sqrt{13,1} = 3,6, \text{ м} \quad (23)$$

Трубопровод подающий обрабатываемую воду в нижнюю часть смесителя со входной скоростью  $V_{\text{н}} = 1-1,2$  м/с, должен иметь внутренний диаметр 600 мм. Тогда при расходе воды  $q_{\text{сек}} = 362$  л/с, входная скорость  $V_{\text{н}} = 1,10$  м/с. Так как внешний диаметр подводящего трубопровода (D) равен 630 мм, то размер в плане нижней части смесителя в месте примыкания этого трубопровода должен быть

$$B_H = 0,630 \times 0,630 \text{ м,}$$

а площадь нижней части усечённой пирамиды составит

$$D_H = (0,630)^2 = 0,4 \text{ м}^2.$$

*Определяем высоту нижней части смесителя:*

Принимаем величину центрального угла  $\alpha = 40^\circ$  (это угол между наклонными стенками смесителя), тогда высота нижней части смесителя будет равна:

$$h_H = 0,5 \times (B_B - B_H) \times \text{ctg } 40^\circ / 2 = 0,5 \times (3,6 - 0,630) \times 2,7 = 4 \text{ м.}$$

*Определяем объём пирамидальной части смесителя:*

$$W_H = 1/3 \times h_H \times (f_B + f_H + \sqrt{f_B \times f_H}), \text{ м}^3 \quad (24)$$

где:

$f_B$  - площадь горизонтального сечения верхней части смесителя;

$f_H$  - площадь нижней части усечённой пирамиды смесителя;

$$W_H = 1/3 \times 4 \times (13,1 + 0,4 + \sqrt{13,1 \times 0,4}) = 21,1, \text{ м}^3$$

*Определение полного объёма смесителя.*

$$W = (Q_{\text{час}} \times t) / 60 = (1175,08 \times 1,5) / 60 = 29,4 \text{ м}^3, \quad (25)$$

где:

$t$  - продолжительность смешения реагента с массой воды, равная 1,5 мин.

*Определение объёма верхней части смесителя:*

$$W_B = W - W_H = 29,4 - 21,1 = 8,3 \text{ м}^3.$$

*Определение высоты верхней части:*

$$h_B = W_B / f_B = 8,3 / 13,1 = 0,63 \text{ м.} \quad (26)$$

*Полная высота смесителя равна:*

$$h_C = h_H + h_B = 4 + 0,63 = 4,63 \text{ м.} \quad (27)$$

Сбор воды производится в верхней части смесителя периферийным лотком, через затопленные отверстия. Скорость движения воды в лотке  $V_L = 0,6$  м/с. Вода, протекающая по лоткам в направлении бокового кармана, разделяется на два параллельных потока.

*Определим расчётный расход каждого потока:*

$$Q_L = Q_{\text{час}} / 2 = 1175,08 / 2 = 587,54 \text{ м}^3/\text{час.} \quad (28)$$

*Определим площадь живого сечения сборного лотка:*

$$\omega_L = Q_L / (V_L \times 3600) = 587,54 / (0,6 \times 3600) = 0,27 \text{ м}^2. \quad (29)$$

При ширине лотка  $b_L = 0,27$  м, расчётная высота слоя воды в лотке:

$$h_L = b_L / \omega_L = 0,27 / 0,27 = 1 \text{ м. Уклон лотка принимаем } i = 0,02.$$

*Определим площадь всех затопленных отверстий в стенках сборного канала:*

$$F_0 = Q_{\text{час}} / (V_0 \times 3600) = 1175,08 / (1 \times 3600) = 0,33 \text{ м}^2, \quad (30)$$

где:

$V_0$  - скорость движения воды через отверстия лотка, равная 1 м/с. Отверстия приняты диаметром равным  $d_0 = 100$  мм, т.е. площадью  $f_0 = \pi R^2 = 0,00785 \text{ м}^2$ .

*Определяем общее потребное количество отверстий:*

$$n_0 = F_0 / f_0 = 0,33 / 0,00785 = 42 \text{ шт.} \quad (31)$$

Эти отверстия размещают по боковой поверхности лотка, на глубине  $h_0 = 110$  мм от верхней кромки лотка до оси отверстия.

*Определение внутреннего периметра лотка:*

$$P_{\text{л}} = 4 \times (3,6 - 2 \times (0,27 + 0,06)) = 2,1 \text{ м} = 2100 \text{ мм.}$$

Шаг оси отверстий:  $l_0 = P_{\text{л}} / n_0 = 2100 / 41 = 20$  мм.

Расстояние между отверстиями  $l_0 - d_0 = 50 - 100 = 50$  мм. Из сборного лотка вода поступает в боковой карман, размеры которого принимаем из конструктивных соображений с таким расчётом, что бы в нижней части разместить трубу для отвода воды, прошедшей смеситель.

Расход воды, протекающей по отводящей трубе, для подачи в камеру хлопьеобразования  $q_{\text{сек}} = 362$  л/с. Скорость в этом трубопроводе  $0,8 - 1,0$  м/с, время пребывания - не более 2 минут. Принимаем стальной трубопровод наружным диаметром = 720 мм, при скорости движения в нём воды  $V = 0,84$  м/с;  $1000i = 1,25$ ;

$$V \times t = 0,84 \text{ м/с} \times 120 \text{ с} = 101 \text{ м.}$$

$$1000i = 0,101 \times 1,252 = 0,13 \text{ м.} - \text{потери по длине.}$$

### **1.9. Расчет осветлителей со слоем взвешенного осадка**

Осветлители со взвешенным осадком, применяемые как сооружения первой ступени водоподготовки, могут успешно работать только при условии предварительной обработки примесей воды коагулянтом и флокулянтом.

Осветлители обеспечивают более высокий процент осветления воды, и имеют более высокую производительность, чем отстойники.

Принцип работы:

Обрабатываемая вода, смешанная с реагентами, вводится в осветлитель снизу и равномерно распределяется по площади рабочих коридоров. Далее, вода движется снизу вверх, и проходит через слой ранее сформированного взвешенного осадка, сост. из массы взвешенных в восходящем потоке хлопьев, которые непрерывно хаотически движутся, но весь слой в целом неподвижен. Он находится в состоянии динамического равновесия, обусловленного равенства скорости восходящего потока воды, и средней скорости осаждения хлопьев. Проходя через слой взвешенного осадка, вода осветляется в результате контактной коагуляции, и все примеси содержащиеся в воде остаются в слое. Осветленная вода прошедшая через слой взвешенного осадка собирается с помощью сборных желобов, и отводится для дальнейшей обработки на фильтры.

Расчетный расход воды с учетом на собственные нужды станции

$$Q_{\text{час}} = 1175,08 \text{ м}^3/\text{час} = 28201,86 \text{ м}^3/\text{сут};$$

Наибольшая мутность исходной воды – 480 мг/л

Цветность – 55 град.

Доза коагулянта – 30 мг/л

*Определяем максимальной концентрации взвешенных веществ*

$$C = M + (K \cdot D_k) + 0,25 \cdot Ц = 480 + (0,68 \cdot 30) + 0,25 \cdot 55 = 514,15 \text{ мг / л}$$

где  $M$  – количество взвешенных веществ в исходной воде = 480 мг/л

$D_k$  - доза коагулянта = 30 мг/л

$C$  – цветность исходной воды = 55 град.

$K$  – коэффициент = (0,7-0,65)

Принимаем время уплотнения осадка  $T = 3$  часа, тогда средняя концентрация осадка  $\delta = 24000 \text{ г/м}^3 = 24 \text{ кг/м}^3$  согласно таблице 5

Таблица 5. Параметры осветлителей со взвешенным слоем осадка.

Мутность исходной воды, мг/л	Применяемые реагенты	Средняя по высоте осадочной части отстойника концентрация твердой фазы в осадке, г/м <sup>3</sup> , при интервалах между сбросами осадка, ч		
		6	12	24 и более
До 50	Коагулянт	9 000	12 000	15 000
Св. 50 до 100	-	12 000	16 000	20 000
< 100 < 400	-	20 000	32 000	40 000
< 400 < 1000	-	35 000	50 000	60 000
< 1000 < 1500	-	80 000	100 000	120 000
< 1500	Флокулянт	90 000	140 000	160 000
< 1500	Без реагентов	200 000	250 000	300 000

**Примечание.** При обработке исходной воды коагулянтами совместно с флокулянтами среднюю концентрацию твердой фазы в осадке надлежит принимать на 25 % больше для маломутных цветных вод и на 15 % — для вод средней мутности.

Определяем количество воды теряемой при сбросе осадка из осадкоуплотнителя, т.е. при продувке осветлителя

$$q_{oc} = \frac{K_p \cdot (C - M)}{\delta_{cp}} \cdot 100\% = \frac{1,3 \cdot (514,15 \text{ мг/л} - 10 \text{ мг/л})}{24000} \cdot 100\% = 273\% \quad (32)$$

где

$C$  – максимальная концентрация взвешенных веществ = 514,15 мг/л

$M$  – количество взвеси на выходе из осветлителя = 8-12 мг/л

$\delta_{cp}$  – средняя концентрация веществ в осадкоуплотнителе = 24000 г/м<sup>3</sup>

$K_{cp}$  – коэффициент разбавления осадка = 1,2-1,5

Потеря воды при продувке (т.е. при сбросе осадка)

$$H = \frac{Q_{\text{час}} \cdot q_{oc}}{100} = \frac{1175,08 \text{ м}^3 / \text{час} \cdot 2,73}{100} = 32 \text{ м}^3 / \text{час} \quad (33)$$

Определяем площади осветлителя

По табл. № 6 Определяем скорость входного потока в зоне осветления в зависимости:

В зимний период  $V_{з.о.} = 0,8-1$

В летний период  $V_{з.о.} = 1,0-1,1$

$$F_{ocв} = F_{з.о.} + F_{з.от.} = \frac{K \cdot Q_{\text{расч}}}{3,6 \cdot V_{з.о.}} + \frac{(1-K) \cdot Q_{\text{расч}}}{3,6 \cdot \alpha \cdot V_{з.о.}} \quad (34)$$

где

$F_{з.о.}$  – площадь зоны осветления, м<sup>2</sup>

$F_{з.от}$  – площадь зоны отделения осадка,  $м^2$

$Q_{расч}$  – расчетный расход воды = 1175,08  $м^3/час$

$V_{з.о.}$  – скорость восходящего потока в зоне осветления,  $мм/сек$

$K$  – коэффициент распределения воды между зоной осветления и осадкоуплотнителем = 0,7

$\alpha$  – коэффициент снижения скорости входящего потока воды в зоне отделения осадка вертикального осадкоуплотнителя по сравнению со скоростью воды в зоне осветлителя = 0,9

Таблица 6 Параметры осветлителей со взвешенным слоем осадка.

Мутность воды, поступающей в осветлитель, мг/л	Скорость восходящего потока воды в зоне осветления $v_{осв}$ , мм/с		Коэффициент распределения воды $K_{р.в}$
	в зимний период	в летний период	
От 50 до 100	0,5 — 0,6	0,7 — 0,8	0,7 — 0,8
Св. 100 < 400	0,6 — 0,8	0,8 — 1	0,8 — 0,7
< 400 < 1000	0,8 — 1	1 — 1,1	0,7 — 0,65
< 1000 < 1500	1 — 1,2	1,1 — 1,2	0,64 — 0,6

**Примечание.** Нижние пределы указаны для хозяйственно-питьевых водопроводов.

$$F_{осв}^{зим} = \frac{0,7 \cdot 1175,08}{3,6 \cdot 1} + \frac{(1 - 0,7) \cdot 1175,08}{3,6 \cdot 0,9 \cdot 1,1} = 228,5 + 98,9 = 327,4 м^2 \quad (35)$$

Так как площадь осветлителя в плане не должна превышать 100-150  $м^3$ , то принимаем 3 рабочих и 3 резервных осветлителей, с площадью одного  $327,4 / 6 = 55 м^2$

Площадь каждого из двух коридоров будет равна

$$f_{кор} = \frac{228,5 м^2}{6 \times 2} = 19 м^2 \quad (36)$$

Ширину коридора принимаем в соответствии с размерами балок, равной  $b_{кор} = 2,6 м$ , тогда длина равна:

$$l = \frac{f_{кор}}{b_{кор}} = \frac{19}{2,6} = 7,3 м \quad (37)$$

Ширина осадкоуплотнителя выше окон для приема осадка  $b_{о.у} = b_{кор} = 2,6 м$

Водораспределительный дырчатый коллектор, размещенный в нижней части коридоров осветлителя рассчитываем на часовой расход воды = 1175,08  $м^3/час$ .

Определяем расхода воды, проходящего через водораспределительный дырчатый коллектор

$$q_{кол} = Q_{час} \div n \div 2 = 1175,08 м^3 / час \div 6 \div 2 = 97,9 м^3 / час = 27 л / с = 0,027 м^3 / с$$

$n$  – общее количество осветлителей = 6 шт.

2 – так как два отделения

Скорость входа в коллектор – 0,5-0,6 м/с, по табл. Шевелева диаметр стальной электросварной трубы = 250 мм, тогда скорость будет равна  $V = 0,55$  м/с.

Так как во второй половине дырчатого коллектора скорость становится менее 0,5 м/с, принимаем коллектор телескопической формы, сваренный из трех труб диаметром 250, 200, 150 мм равной длины (по 2,43 м). Скорость выхода воды из отверстий должна быть  $V_o = 1,5-2,0$  м/с. Принимаем эту скорость равной  $V_o = 2,0$  м/с, тогда площадь отверстия распределительного коллектора составит:

$$f_o = \frac{q_{кол}}{V_{вых}} = \frac{0,027 \text{ м}^3 / \text{с}}{2 \text{ м} / \text{с}} = 0,0135 \text{ м}^2 = 135 \text{ см}^2 \quad (38)$$

Принимаем диаметр отверстий 20 мм, тогда площадь одного отверстия = 3,14 см<sup>2</sup> Соответственно количество отверстий в каждом коллекторе оставит:

$$n_{отв} = \frac{f_o}{3,14 \text{ см}^2} = \frac{135 \text{ см}^2}{3,14 \text{ см}^2} = 43 \text{ шт} \quad (39)$$

Отверстия размещаются в ряды, в шахматном порядке и расстояние между ними 30-40 см.

### 1.10. Водосборные желоба с затопленными отверстиями для сбора воды

Желоба размещены в зоне освещения, в верхней части осветлителя, вдоль боковых стенок коридоров.

Определяем расход воды на каждый желоб

$$q_{жс} = \frac{K \cdot \left( \frac{Q_{час}}{n} \right)}{2 \cdot 2} = \frac{0,7 \cdot \left( \frac{1175,08}{6} \right)}{4} = 34,3 \text{ м}^3 / \text{час} = 0,0095 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (40)$$

$K$  – коэффициент распределения воды между зоной освещения и осадкоуплотнителем = 0,7

$n$  – общее число осветлителей = 6 шт.

Ширина желоба прямоугольного сечения

$$b_{жс} = 0,9 \cdot q_{жс}^{0,4} = 0,9 \cdot 0,0095^{0,4} = 0,14 \text{ м} = 14 \text{ см} \quad (41)$$

Затопленные отверстия размещаются в один ряд по внутренней стенке желоба, на 7 см ниже его кромки, тогда глубина желоба в его начале и конце будет равна

$$h_{начальное} = 7 + 1,5 \cdot \left( \frac{b_{жс}}{2} \right) = 7 + 1,5 \cdot \left( \frac{14}{2} \right) = 17,5 \text{ см} \quad (42)$$

$$h_{конечное} = 7 + 2,5 \cdot \left( \frac{b_{жс}}{2} \right) = 7 + 2,5 \cdot \left( \frac{14}{2} \right) = 24,5 \text{ см} \quad (43)$$

Определяем площадь отверстий в стенке желоба

$$\sum b_{отв} = \frac{q_{жс}}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot q \cdot h}} = \frac{0,0095}{0,65 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,05}} = 0,015 \text{ м}^2 = 150 \text{ см}^2 \quad (44)$$

где  $q_{жс}$  – расход воды на каждый желоб = 0,0095 м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – коэффициент расхода = 0,65;

$q$  – ускорение свободного падения = 9,81 м/с<sup>2</sup>

$h$  – разность уровней воды в осветлителе и в желобе = 0,05

определяем общее количество отверстий в желобе

$$n_{\text{отв}} = \frac{f_o}{f_{\text{одн.отв}}} = \frac{150\text{см}^2}{3,14\text{см}^2} = 48\text{шт.} \quad (45)$$

Шаг отверстий

$$e = \frac{l}{n} = \frac{7,3}{48} = 0,15\text{м} = 15\text{см} \quad (46)$$

### 1.11. Осадкоприемные окна

Площадь осадкоприемных окон определяем по расходу воды, который поступает вместе с избыточным осадком в осадкоуплотнитель

$$Q_{\text{ок}} = (1 - K) \cdot \left( \frac{Q_{\text{расч}}}{6} \right) = (1 - 0,7) \cdot \frac{1175,08}{6} = 58,75\text{м}^3 / \text{час} \quad (47)$$

где

$K$  – коэффициент распределения воды = 0,70

$Q_{\text{расч}}$  – часовой расход воды приходящий в один осветлитель

С каждой стороны в осадкоуплотнитель поступает воды с избыточным осадком

$$Q'_{\text{ок}} = \frac{Q_{\text{ок}}}{2} = \frac{58,75}{2} = 29,4\text{м}^3 / \text{час} \quad (48)$$

Площадь осадкоприемных окон с каждой стороны

$$f_{\text{ок}} = \frac{Q'_{\text{ок}}}{V_{\text{ок}}} = \frac{29,4\text{м}^3 / \text{час}}{45\text{м} / \text{час}} = 0,65\text{м}^2 \quad (49)$$

где  $V_{\text{ок}}$  – скорость движения воды с осадком в окнах = 36-54 м/час

Высота окон  $h = 0,2$  м, тогда их общая длина с каждой стороны осадкоуплотнителя равна

$$l_{\text{ок}} = \frac{f_{\text{ок}}}{h} = \frac{0,65\text{м}^2}{0,2\text{м}} = 3,26\text{м} \quad (50)$$

Устраиваем с каждой стороны осадкоуплотнителя по горизонтали 10 окон для приема избыточного осадка размером каждое 0,2х0,3 м. При длине осадкоуплотнителя 7,3 м и 10 окнах шаг оси окон по горизонтали составит  $7,3/10 = 0,73$  м. Расстояние между двумя соседними окнами при ширине окна 0,3 м равна  $0,73 - 0,3 = 0,43$  м.

### 1.12. Дырчатые трубы для сброса и отвода воды

Определяем расход воды через каждую сборную трубу

$$Q_{\text{сб}} = \frac{(1 - K) \cdot Q_{\text{расч}} - Q_{\text{ос}}}{2} = \frac{(1 - 0,7) \cdot 195,8 - 5,34\text{м}^3 / \text{час}}{2} = 26,7\text{м}^3 / \text{час} = 0,0074\text{м}^3 / \text{с} = 7,4\text{л} / \text{с}$$

где

$Q_{\text{ос}}$  – потеря воды при продувке = 2,73% т.о.  $Q_{\text{ос}} = (195,8 \cdot 2,73) / 100 = 5,34\text{м}^3 / \text{час}$

Так как скорость в устье сборной трубы должна быть не более 0,5м/сек, принимаем диаметр трубы = 150мм,  $V = 0,41\text{м/с}$   $1000i = 2,35$ . диаметр отверстий равен 15-20мм, площадь отверстий при скорости входа в них = 1,5м/с, должна быть:

$$\sum f_0 = \frac{Q_{сб}}{V_0} = \frac{0,0074\text{м}^3/\text{с}}{1,5} = 0,0049\text{м}^2 = 49\text{см}^2 \quad (51)$$

при отверстиях диаметром 20мм, площадь каждого будет  $f_0 = 3,14\text{см}^2$   
Потребное количество отверстий:

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0} = \frac{49\text{см}^2}{3,14\text{см}^2} = 15,6 = 16\text{шт.} \quad (52)$$

Принимаем 16 отверстий с шагом =  $7,3/16 = 0,46$  м

Фактическая скорость входа воды в отверстия

$$V'_{отв} = \frac{Q_{сб}}{f_0 \cdot n} = \frac{0,0049\text{м}^3/\text{с}}{0,000314 \cdot 16} = 0,098\text{м/с} \approx 1\text{м/сек} \quad (53)$$

### 1.13. Определение высоты осветлителя

Высота осветлителя, считая от центра водораспределительного коллектора до верхней кромки водосборных желобов равна

$$H_{осв} = \frac{b_{кор} - 2 \cdot b_{жс}}{2 \cdot \text{tg} \alpha / 2} = \frac{2,6 - (2 \cdot 0,14)}{2 \cdot \text{tg} 27 / 2} = 4,83\text{м} \quad (54)$$

где  $b_{кор}$  – ширина коридора осветлителя = 2,6м

$b_{жс}$  – ширина одного желоба = 0,14м = 14см

$\alpha$  – центральный угол, образуемый прямыми проведенными от оси водораспределительного коллектора к верхним точкам кромок водосборных желобов, принимаем не более  $30^\circ$

Высота пирамидальной части

$$h_{пир} = \frac{b_{кор} - a}{2 \cdot \text{tg} \alpha_1 / 2} = \frac{2,6 - 0,4}{2 \cdot \text{tg} 70 / 2} = 1,55\text{м} \quad (55)$$

где

$a$  – ширина коридора по низу = 0,4

$\alpha_1$  – центральный угол наклона стенок =  $70^\circ$  (принимается в пределах  $60^\circ$ - $90^\circ$ )

Высоту защитной зоны над слоем взвешенного осадка принимаем  $h_{заш} = 1,5\text{м}$

Высота слоя взвешенного осадка выше перехода наклонных стенок осветлителя в вертикальные будет равна

$$h_{верт} = H_{осв} - h_{заш} - h_{пир} = 4,83 - 1,5 - 1,55 = 1,78\text{ м} \quad (56)$$

Общая высота зоны взвешенного осадка равна:

$$H_{общ} = h_{верт} + \frac{h_{пир}}{2} = 1,78 + \frac{1,55}{2} = 2,56\text{м} \geq 1,5\text{м} \quad (57)$$

Верхнюю кромку водоприемных окон располагаем на 1,5м ниже поверхности воды в осветлителе, тогда верхняя кромка этих окон высотой 0,2м будет размещаться на уровне

$$H_{\text{осв}} - 1,5 - 0,2 = 4,83 - 1,5 - 0,2 = 3,13\text{ м} \quad (58)$$

От дна осветлителя или на уровне равном  $3,13 - 0,2 = 2,93\text{ м}$  выше оси водораспределительного коллектора (здесь  $0,2$  – это расстояние от дна осветлителя до оси коллектора)

Низ осадкоприемных окон должен быть на  $1,5-1,75\text{ м}$  выше перехода наклонных стенок зоны взвешенного осадка в вертикальные.

В данном случае высота равна  $H_{\text{осв}} - (h_{\text{пир}} + h_{\text{защ}} + 0,2) = 4,83 - (1,55 + 1,5 + 0,2) = 1,58\text{ м}$ , что удовлетворяет требуемым условиям.

*Продолжительность пребывания осадка в осадкоуплотнителе*

Объем осадкоуплотнителя составляет

$$W = l_{\text{кор}} \cdot \left( b_{\text{оу}} \cdot h_{\text{верт}} + 2 \cdot \left[ \frac{h_{\text{пир}} \cdot 0,5 \cdot b_{\text{оу}}}{2} \right] \right) = 7,3 \cdot \left( 2,6 \cdot 1,78 + 2 \cdot \left[ \frac{1,55 \cdot 0,5 \cdot 2,6}{2} \right] \right) = 48,5\text{ м}^3 \quad (59)$$

где

$l_{\text{кор}}$  – длина осадкоуплотнителя =  $7,30\text{ м}$

$b_{\text{оу}}$  – ширина осадкоуплотнителя выше окон для приема осадка =  $b_{\text{кор}} = 2,6\text{ м}$

$h_{\text{верт}}$  – высота слоя взвешенного осадка выше перехода наклонных стенок осветлителя в вертикальные  $1,78\text{ м}$

$h_{\text{пир}}$  – высота пирамидальной части осветлителя  $1,55\text{ м}$

Определяем количество осадка, поступающего в осадкоуплотнитель

$$Q_{\text{ос}} = C \cdot Q_{\text{расч}} = 0,514 \cdot 195,8 = 100,7\text{ кг}$$

где  $C$  – максимальная концентрация взвешенных веществ =  $514,15\text{ мг/л} = 0,514\text{ кг/л}$

$Q_{\text{расч}}$  – расчетная производительность одного осветлителя =  $195,8\text{ м}^3/\text{час}$

Продолжительность пребывания осадка в осадкоуплотнителе

$$T = W \cdot \delta_{\text{ср}} / Q_{\text{ос}} = 48,5 \cdot 24 / 100,7 = 11,56\text{ ч}$$

Средняя концентрация осадка (по сухому веществу  $\delta_{\text{ср}} = 24\text{ кг/м}^3$ )

Т.е. более 3 часов, которые приняты при определении концентрации осадка, в воде продуваемой из осадкоуплотнителя.

*Дырчатые трубы для удаления осадка*

Диаметр трубы рассчитываем из условий отведений накопившегося осадка в течении не более  $15-20\text{ мин}$  ( $0,25-0,33$ ) при скорости в конце трубы не менее  $1\text{ м/сек}$  и скорости в отверстиях труб не менее  $3\text{ м/сек}$ .

При объеме осадкоуплотнителя  $W_{\text{ос}} = 48,5\text{ м}^3$  и его опорожнении за  $15\text{ мин}$ . ( $0,25\text{ часа}$ ) через каждую осадкосбросную трубу, должен проходить расход

$$Q_{\text{ос}} = \frac{W_{\text{ос}}}{2 \cdot t} = \frac{48,5}{2 \cdot 0,25} = 97\text{ м}^3 / \text{час} = 26,94\text{ л/с} = 0,0269\text{ м}^3 / \text{с} \quad (60)$$

$t$  – опорожнение осадка =  $15\text{ мин} = 0,25$

При скорости движения воды в конце трубы  $V=1,19\text{м/с}$ , т.е более 1 м/сек диаметр трубы составит = 175мм,  $1000i=13,7$ . Скорость входа воды в отверстия = 3м/с, при этом площадь отверстий составляет:

$$\sum f_0 = \frac{Q_{oc}}{V_0} = \frac{0,0269}{3} = 0,009\text{м}^2 = 90\text{см}^2 \quad (61)$$

Принимаем отверстия диаметром = 20мм и площадью  $f_{отв} = 3,14\text{см}^2$   
Тогда потребное количество отверстий

$$n = \frac{\sum f_o}{f_o} = \frac{90}{3,14} = 29\text{шт.} \quad (62)$$

Принимаем 29 отверстий с шагом оси =  $7,3/29 = 0,25\text{м}$ , т.е меньше 0,5 м (максимально допустимый).

#### 1.14. Расчет скорых безнапорных фильтров с кварцевой загрузкой

*Определение общей площади фильтрования:*

$$F_{cp} = \frac{Q_{сут}^{oc}}{T_{ст} \times V_n - 3,6 \times \omega \times t \times n_{пр} - n_{пр} \times \tau_{пр} \times V_n}, \text{ м}^2 \quad (63)$$

где:

$Q_{сут}^{oc}$  – суточная производительность очистной станции,  $\text{м}^3$ .

$V_n$  – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч, принимается по таблице 7 (СНиПа 2.04.02-84\*)

$n_{пр}$  – число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации (1-3 промывки в сутки).

$\tau_{пр}$  – время простоя фильтра в связи с промывкой, принимаемое для фильтров, промываемых водой – 0,33 ч.

$T_{ст}$  – продолжительность работы станции в течение суток – 24 часа.

$\omega$  – интенсивность промывки, л/с· $\text{м}^2$ , принимается по таблице 8 (СНиПа 2.04.02-84\*), в зависимости от эквивалента диаметра зерен.

$t$  – продолжительность промывки, ч, по таблице 9 (СНиП 2.04.02-84\*).

Таблица 7

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
	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 8

Фильтры и их загрузка	Интенсивность промывки, л/(с· м <sup>2</sup> )	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	6 – 5	30
1 – 1,2	16 – 18		25
Скорые с двухслойной загрузкой	14 – 16	7 – 6	50

$$F_{cp} = \frac{28201,86}{24 \times 5 - 3,6 \times 13 \times 0,1 \times 2 - 2 \times 0,33 \times 5} = 262,7, \text{ м}^2$$

Для определения количества фильтров на станции задаются типовыми размерами фильтра в плане. Для станции подготовки поверхностных вод размеры фильтра в плане принимают:

$$Q_{сут.}^{oc} = 8000 \text{ м}^3/\text{сут } 6 \times 3 \text{ м}$$

$$Q_{сут.}^{oc} = 12500-50000 \text{ м}^3/\text{сут } 6 \times 6 \text{ м}$$

$$Q_{сут.}^{oc} = \text{более } 50000 \text{ м}^3/\text{сут } 12 \times 12 \text{ м}$$

Площадь фильтрования одного фильтра будет:

$$F_1 (6 \times 3) = 13,3095 \text{ м}^2$$

$$F_2 (6 \times 6) = 29,5425 \text{ м}^2$$

$$F_3 (6 \times 4,5) = 22,185 \text{ м}^2$$

$$F_4 (12 \times 12) = 123,8325 \text{ м}^2$$

Т.к. у нас  $Q_{сут.}^{oc} = 28201,86 \text{ м}^3/\text{сут}$  и обрабатываются поверхностные воды, то размеры фильтра в плане принимаются  $6 \times 6 \text{ м}$  с центральным каналом и

$$F_2 = 5 \times 5,85 = 29,4 \text{ м}^2.$$

Число фильтров на станции производительностью более  $1600 \text{ м}^3/\text{сут}$  должно быть не менее четырех.

На данной станции число фильтров определяется по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{F_2}, \text{ шт.} \quad (64)$$

где:

$F_{\phi}$  – общая площадь фильтра,  $\text{м}^2$

$F_2$  – площадь одного фильтра,  $\text{м}^2$

$$N_{\phi} = \frac{262,7}{29,4} = 9, \text{ шт.}$$

#### 1.14.1. Подбор состава загрузки фильтра

Производится согласно таблице 8 (СНиП 2.04.02.-84\*).

Загрузка фильтра – кварцевый песок. Высота фильтрующего слоя  $H = 1,3-1,5 \text{ м}$  с минимальным диаметром зерен  $0,7 \text{ мм}$  и максимальным  $1,6 \text{ мм}$ .

Эквивалентный диаметр зерен  $0,8-1 \text{ мм}$ , коэффициент неоднородности загрузки  $1,6-1,8 \text{ мм}$ .

Скорость фильтрования при нормальном режиме  $V_{н.} = 6,8 \text{ м/ч}$ , при форсированном режиме  $V_{\phi.} = 7-9,5 \text{ м/ч}$ .

#### 1.14.2. Расчет распределительной системы фильтра

В проектируемом фильтре принята целевая распределительная система без поддерживающих слоев, служит для равномерного распределения промывной воды по площади фильтра и для сбора профильтрованной воды.

Интенсивность промывки принята 13 л/с·м<sup>2</sup>. Тогда количество промывной воды, необходимой для одного фильтра, будет:

$$q_{пр} = F_2 \times \omega, \text{ л/с} \quad (65)$$

где:  $F_2$  – площадь одного фильтра, м<sup>2</sup>

$\omega$  – интенсивность промывки, л/с·м<sup>2</sup>, принимается по таблице 23 СНиПа 2.04.02-84\*, в зависимости от эквивалента диаметра зерен.

$$q_{пр} = 29,4 \times 13 = 382,2, \text{ л/с}$$

Коллектор распределительной системы выполнен из стальных электросварочных труб, скорость в нем должна быть 0,8-1,2 м/с. По таблицам Ф.А. Шевелева (Таблица 10) для  $q_{пр} = 382,2$  л/с принят диаметр 700 мм,  $V_k = 0,98$  м/с,  $1000i = 1,67$  м. По таблице 10 (Таблицы Шевелёва) наружный диаметр равен 720 мм.

Таблица 9 Расчётные значения удельных сопротивлений  $A$  для неновых стальных и чугунных водопроводных труб (размеры даны в мм)

Трубы стальные водогазопроводные (газовые). ГОСТ 3262 - 62			Трубы стальные и чугунные					
Условный проход $d$	$A$ (для $Q$ в м <sup>3</sup> /сек)	$A$ (для $Q$ в л/сек)	Условный проход $d$	Трубы стальные электросварные. ГОСТ 10704- 63			Трубы чугунные напорные. ГОСТ 5525-61 и ГОСТ 9583-61	
				Наружный диаметр $d_H$	Толщина стенки $\delta$	$A$ (для $Q$ в м <sup>3</sup> /сек)	Класс ЛА $A$ (для $Q$ в м <sup>3</sup> /сек)	Класс А $A$ (для $Q$ в м <sup>3</sup> /сек)
6	2211000000	2211,0	50	70	2,5	3686,0	11540	-
8	211000000	211,0	60	76	2,5	2292,0	-	-
10	31430000	31,43	75	89	2,5	929,4	-	-
15	8966000	8,966	80	102	3,0	454,3	953,4	-
20	1660000	1,660	100	121	3,0	172,9	311,7	-
25	427800	0,4278	125	140	3,0	76,36	96,72	-
32	91720	0,09172	150	168	4,5	30,65	37,11	-
40	44480	0,04448	175	180	4,5	20,79	-	-
50	11080	0,011080	200	219	4,5	6,959	8,092	-
70	3009	0,003009	250	273	6,0	2,187	2,528	-
80	1167	0,001167	300	325	7,0	0,8466	0,9458	-
90	529,4	0,0005294	350	377	7,0	0,3731	-	0,4365
100	281,3	0,0002813	400	426	6,0	0,1859	-	0,2189
125	86,22	0,00008622	450	480	7,0	0,09928	-	0,1186
150	33,94	0,00003394	500	530	7,0	0,05784	-	0,06778
-	-	-	600	630	7,0	0,02262	-	0,02596
-	-	-	700	720	7,0	0,01098	-	0,01154
-	-	-	800	820	8,0	0,005514	-	0,005669
-	-	-	900	920	8,0	0,002962	-	0,003047
-	-	-	1000	1020	8,0	0,001699	-	0,001750
-	-	-	1200	1220	9,0	0,0006543	-	0,0006625
-	-	-	1400	1420	10,0	0,0002916	-	-
-	-	-	1500	1520	10,0	0,0002023	-	-
-	-	-	1600	1620	10,0	0,0001437	-	-

Таблица 10 Значения  $1000i$  и  $V_k$  для сварных стальных труб

Q В л/сек	d, мм																			
	400		450		500		600		700		800		900		1000		1200		1400	
	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$	$v$	$1000 i$
356	2,64	23,6	2,09	12,6	1,70	7,33	1,19	2,88	0,91	1,45	0,701	0,76	0,555	0,424	0,45	0,25	0,314	0,105	0,23	0,050
360	2,67	24,1	2,11	12,9	1,72	7,49	1,21	2,93	0,92	1,48	0,71	0,77	0,56	0,43	0,455	0,258	0,317	0,107	0,234	0,051
364	2,70	25,2	2,13	13,2	1,74	7,66	1,22	3,00	0,93	1,51	0,72	0,79	0,567	0,44	0,46	0,26	0,32	0,109	0,236	0,052
368	2,73	25,7	2,16	13,4	1,76	7,83	1,23	3,06	0,94	1,54	0,725	0,81	0,57	0,45	0,465	0,269	0,324	0,112	0,239	0,053
372	2,76	26,3	2,18	13,7	1,78	8,00	1,25	3,13	0,95	1,57	0,73	0,82	0,58	0,459	0,47	0,27	0,328	0,114	0,24	0,054
376	2,79	26,8	2,20	14,0	1,80	8,18	1,26	3,20	0,96	1,60	0,74	0,84	0,586	0,468	0,475	0,279	0,33	0,116	0,244	0,055
380	2,82	27,4	2,23	14,3	1,82	8,35	1,28	3,27	0,97	1,64	0,75	0,85	0,59	0,478	0,48	0,285	0,335	0,118	0,247	0,056
384	2,85	27,4	2,25	14,6	1,84	8,53	1,29	3,33	0,98	1,67	0,76	0,87	0,598	0,487	0,485	0,29	0,338	0,120	0,249	0,057
388	2,88	28,0	2,27	14,9	1,86	8,71	1,30	3,40	0,99	1,70	0,764	0,89	0,605	0,496	0,49	0,296	0,34	0,123	0,25	0,058
392	2,91	28,6	2,30	15,3	1,87	8,89	1,32	3,48	1,00	1,73	0,77	0,90	0,61	0,506	0,495	0,30	0,345	0,125	0,255	0,060
396	2,94	29,1	2,32	15,6	1,89	9,07	1,33	3,55	1,01	1,77	0,78	0,92	0,617	0,515	0,50	0,307	0,349	0,127	0,257	0,061
400	2,97	29,7	2,35	15,9	1,91	9,25	1,34	3,62	1,02	1,80	0,79	0,94	0,62	0,52	0,505	0,31	0,35	0,129	0,26	0,062
405	3,01	30,5	2,37	16,3	1,94	9,49	1,36	3,71	1,03	1,84	0,80	0,96	0,63	0,536	0,51	0,32	0,357	0,132	0,263	0,063
410	-	-	2,40	16,7	1,96	9,72	1,38	3,80	1,05	1,88	0,81	0,98	0,639	0,549	0,518	0,327	0,36	0,135	0,266	0,064
415	-	-	2,43	17,1	1,98	9,96	1,39	3,90	1,06	1,93	0,82	1,00	0,647	0,56	0,52	0,334	0,366	0,138	0,27	0,066
420	-	-	2,46	17,5	2,01	10,2	1,41	3,99	1,07	1,97	0,83	1,03	0,65	0,57	0,53	0,34	0,37	0,141	0,273	0,067
425	-	-	2,49	17,9	2,03	10,4	1,43	4,09	1,09	2,01	0,84	1,05	0,66	0,586	0,537	0,35	0,375	0,144	0,276	0,069
430	-	-	2,52	18,4	2,06	10,7	1,44	4,18	1,10	2,06	0,85	1,07	0,67	0,60	0,54	0,356	0,379	0,147	0,279	0,070
435	-	-	2,55	18,8	2,08	10,9	1,46	4,28	1,11	2,10	0,86	1,10	0,678	0,61	0,55	0,36	0,38	0,150	0,28	0,072
440	-	-	2,58	19,2	2,10	11,2	1,48	4,38	1,12	2,15	0,87	1,12	0,686	0,62	0,556	0,37	0,388	0,153	0,286	0,073

Площадь дна фильтра, приходящаяся на каждое отверстие распределительной системы при расстоянии между ними  $m = 0,25-0,35$  м принято  $0,25$  м и наружном диаметре коллектора  $d_{\text{кол}} = 0,72$  м, составит:

$$f_{\text{отв}} = \frac{A \times d_{\text{кол}}}{2} \times m, \quad (66)$$

где:

$A$  – размер стороны фильтра, м

$d_{\text{кол}}$  – наружном диаметре коллектора, м

$m$  – расстоянии между отверстиями, м

$$f_{\text{отв}} = \frac{6 \times 0,72}{2} \times 0,25 = 0,54, \text{ м}^2,$$

а расход промывной воды поступающей через одно отверстие:

$$q_{\text{отв}} = f_{\text{отв}} \times \omega, \quad (67)$$

где:

$f_{\text{отв}}$  - площадь дна фильтра, приходящаяся на каждое отверстие,  $\text{м}^2$

$\omega$  – интенсивность промывки,  $\text{л/с} \cdot \text{м}^2$

$$q_{\text{отв}} = 0,54 \times 13 = 7,02, \text{ л/с}$$

Боковые отверстия приняты из пластмассовых труб, скорость движения воды в них должна быть  $1,36$  м/с по таблице Ф.А. Шевелева  $d = 80$  мм,

$$1000i = 22,9 \text{ м}, V_{\text{отв.}} = 0,99 \text{ м/с.}$$

Перпендикулярно осевой линии трубы нарезаны щели шириной на  $0,1$  мм, меньше минимального диаметра зерен загрузки, т.е.  $0,6 \text{ мм} = B_{\text{щ}}$ .

Общая площадь щелей –  $1,5-2\%$  рабочей площади фильтра. При площади фильтра  $F_2 = 29,4 \text{ м}^2$  суммарная площадь щелей составит:

$$\sum F_{\text{щ}} = \frac{1,5 \times F_2}{100} = \frac{1,5 \times 29,4}{100} = 441000, \text{ мм}^2 \quad (68)$$

Длина окружности бокового ответвления определяется по формуле:

$$L_{\text{окр}} = 2\pi R, \quad (69)$$

где:

$R$  – радиус бокового ответвления

$$R = \frac{d}{2} = \frac{80}{2} = 40, \text{ мм} \quad (70)$$

$$L_{\text{окр}} = 2 \times 3,14 \times 40 = 251,2, \text{ мм} \quad (71)$$

$$L_{\text{щ}} = \frac{3}{4} \times L_{\text{окр}} = \frac{3}{4} \times 251,2 = 188,4, \text{ мм} \quad (72)$$

По длине окружности размещены 4 ряда щелей, поэтому длина одной щели в ряду будет:

$$L_{\text{щ}}^{\text{ряд}} = \frac{L_{\text{щ}}}{4} = \frac{188,4}{4} = 47,1, \text{ мм} \quad (73)$$

Общее количество щелей в распределительной системе каждого фильтра будет:

$$n_{ц} = \frac{\sum F_{ц}}{F_{ц}}, \quad (74)$$

$$B_{щ} = 0,6 \text{ мм, т.е. } F_{щ} = 0,6 \times 47,1 = 28,26 \text{ мм}^2$$

$$n_{ц} = \frac{441000}{28,26} = 15605, \text{ шт.}$$

Общее количество отверстий на каждом фильтре при расстояниях между осями ответвлений  $n_{омв} = \frac{F}{m} \times 2$  (фильтр с центральным каналом) или

$n_{отв} = B_m$  (фильтр с боковым карманом), где  $B$  – сторона фильтра в плане, м.

У нас фильтр принят с центральным каналом, размерами в осях  $6 \times 6$  м, поэтому сторона  $B = 5,85$  м с учетом толщины стенки 15 см, поэтому:

$$n_{омв} = \frac{5,85}{0,25} \times 2 = 46, \text{ шт.}$$

Количество щелей, приходящихся на каждое ответвление, будет:

$$h_{ц}^{ом} = \frac{n_{ц}}{n_{омв}} = \frac{15605}{46} = 339, \text{ щели} \quad (75)$$

При длине каждого ответвления:

$$L_{омв} = \frac{A - 0,72}{2} = \frac{5,85 - 0,72}{2} = 2,5, \text{ м} \quad (76)$$

Шаг оси щелей на каждой отверстию будет:

$$L_{ц}^{ряд} = \frac{L_{омв} \times 4}{n_{ц}^{омв}} = \frac{2,5 \times 4}{339} = 0,03, \text{ мм} \quad (77)$$

1000-60 мм, что отвечает требованиям СНиПа 2.04.02.-84\* (расстояние между щелями должно быть не менее 220 мм). Щели расположены по периметру бокового ответвления в четыре ряда.

Для удаления воздуха из трубопровода, подающего воду на промывку фильтра, в повышенных местах распределительной системы предусматривают установку стояков – воздушников диаметром 75-150 мм с автоматическим устройством для выпуска воздуха.

### 1.14.3. Расчет устройств сбора и отвода воды при промывки фильтра

Сбор и отвод загрязненной воды при промывке скорых фильтров осуществляется при помощи желобов полукруглого или пятиугольного сечения.

Количество желобов в фильтре принимают исходя из следующих условий:

1. Один фильтр обслуживает 10-12 м<sup>2</sup> площади фильтра;
2. Расстояние между осями соседних желобов не менее 2,2 .

Учитывая эти два условия, принято 6 желобов по три желоба в каждом отделении фильтра. Поэтому расход воды, приходящийся на один желоб, будет:

$$q_{\text{жел}} = \frac{q_{\text{пр}}}{n_{\text{жел}}}, \quad (78)$$

где:

$q_{\text{пр}}$  – расход промывной воды на один фильтр, м<sup>3</sup>/с

$n_{\text{жел}}$  – число желобов в фильтре.

$$q_{\text{жел}} = \frac{382,2}{6} = 0,0637, \text{ м}^3/\text{с}$$

Для данного случая желоба с полукруглым сечением.

Ширина желоба, м, определяется по формуле:

$$B_{\text{жел}} = K_{\text{жел}} \times \sqrt[5]{\frac{q_{\text{жел}}^2}{(1,57 + a_{\text{жел}})^3}}, \text{ м} \quad (79)$$

где:

$q_{\text{жел}}$  – расход воды по желобу, м<sup>3</sup>/с.

$a_{\text{жел}}$  – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимается от 1 до 1,5.

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

$$B_{\text{жел}} = 2 \times \sqrt[5]{\frac{0,0637^2}{(1,57 + 1)^3}} = 2 \times \sqrt[5]{\frac{0,0041}{16,97}} = 2 \times 0,189 = 0,38, \text{ м}$$

*Поперечное сечение желобов для отвода промывной воды из фильтра.*

Высота прямоугольной части желоба:

$$h_{\text{пр}} = 0,5 \times B_{\text{жел}} = 0,5 \times 0,38 = 0,2, \text{ м} \quad (80)$$

Полезная высота желоба  $h = B_{\text{жел}} = 0,38$  м. Конструктивная высота желоба с учетом толщины стенок:

$$h_{\text{к}} = h + 0,08 = 0,38 + 0,08 = 0,46, \text{ м} \quad (81)$$

Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки до кромок желобов:

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \times a_3}{100} + 0,3, \quad (82)$$

где:

$H_3$  – высота фильтрующего слоя, СНиП 2.04.02-84\*, (таблица 8), м.

$a_3$  – относительное расширение фильтрующей загрузки в процентах, принимается по таблице 23 (СНиПа 2.04.02-84\*)

$$H_{\text{ж}} = \frac{0,7 \times 45}{100} + 0,3 = 0,62, \text{ м}$$

Т.к. конструктивная высота желоба  $h_{\text{к}} = 0,46$  м, т.е. меньше 0,62 м. Расстояние от низа желоба до верха загрузки будет  $H - h = 0,62 - 0,46 = 0,16$  м. (Должно быть не менее 0,05-0,06 м).

#### 1.14.4. Расчет сборного канала

Загрязненная промывная вода из желобов скорого фильтра свободно изливается в сборный канал (карман), откуда отводится в сток.

Расстояние от дна желоба до дна канала  $H_{\text{кан}}$  м, определяется по формуле:

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \times \sqrt[3]{\frac{q_{\text{кан}}^2}{gB_{\text{кан}}^2}} + 0,2, \quad (83)$$

где:

$q_{\text{кан}}$  – расход воды по каналу, м<sup>3</sup>/с (принимается равным  $q_{\text{пр}}$ )

$B_{\text{кан}}$  – ширина канала, м (принимается не менее 0,7 м)

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \times \sqrt[3]{\frac{0,382^2}{9,81 \times 0,7^2}} + 0,2 = 0,3 \times 1,73 + 0,2 = 0,72, \text{ м}$$

### 1.15. Определение потерь напора при промывке фильтра

Потери напора складываются из следующих величин:

*Потери напора в щелях труб распределительной системы фильтра:*

$$h_{pc} = \frac{\xi \times V_{\text{к}}^2}{2g} + \frac{V_{\text{отв}}^2}{2g}, \quad (84)$$

где:

$V_{\text{к}}$  – скорость в начале коллектора, м/с

$V_{\text{отв}}$  – скорость движения воды в ответвлениях, м/с

$\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления, определяется по формуле:

$$\xi = \left( \frac{4}{K_n^2} \right) + 1, \quad (85)$$

где:

$K_n$  – коэффициент перфорации – отношение суммарной площади щелей к площади поперечного сечения коллектора:

$$K_n = \sum F_{\text{щ}} \times \frac{4}{\pi \times d_{\text{кол}}^2} = 0,441 \times \frac{4}{3,14 \times 0,7^2} = 0,441 \times 2,6 = 1,15, \quad (86)$$

Что удовлетворяет требованиям СНиПа 2.04.02-84\* ( $0,15 \leq K_n \leq 2$ )

$$\xi = \left( \frac{4}{1,15^2} \right) + 1 = 3,02 + 1 = 4,02$$

$$h_{pc} = \frac{4,02 \times 0,98^2}{2 \times 9,81} + \frac{0,99}{2 \times 9,81} = 0,2 + 0,05 = 0,25, \text{ м}$$

*Потери напора в фильтрующем слое высотой  $H_3$ , м:*

$$h_{cp} = ((a + v) \times \omega) \times H_3, \quad (87)$$

где:

$a = 0,79$  и  $v = 0,017$  – параметры для песка с крупность зерен 0,5-1 мм.

$$h_{cp} = ((0,79 + 0,017) \times 13) \times 0,7 = 7,3, \text{ м}$$

*Потери напора в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы.*

При  $q_{\text{пр}} = 382,2$  л/с, диаметром 500 мм,  $V = 1,84$  м/с, и гидравлическом уклоне 0,008 ( $1000i = 8,53$ ), скорость движения воды в трубопроводах подающих и отводящих промывную воду, следует принимать 1,5-2 м/с. Тогда при общей длине трубопровода  $L = 100$  м, потери составят:

$$h_{nm} = i \times L = 0,008 \times 100 = 0,8, \text{ м} \quad (88)$$

Потери напора на образование скорости во всасывающем и напорном трубопроводах насоса для подачи промывной воды ориентировочно приняты:

$$h_{oc} = 0,4 - 0,5, \text{ м}$$

Потери напора на местные сопротивления в фасонных частях арматуры приняты:

$$h_{mc} = 0,5 - 0,6, \text{ м}$$

Полная величина потерь напора, м, при промывке скорого фильтра составит:

$$\begin{aligned} \sum h &= h_{pc} + h_{cp} + h_{nm} + h_{oc} + h_{mc}, \text{ м} \\ \sum h &= 0,25 + 7,3 + 0,8 + 0,4 + 0,6 = 9,35, \text{ м} \end{aligned} \quad (89)$$

Геометрическая высота подъема воды  $h_v$  от дна резервуара чистой воды до верхней кромки желобов над фильтром будет:

$$h_v = H_{ж} + H_3 + H_{рчв}, \text{ м} \quad (90)$$

где:

$H_{рчв}$  – глубина воды в резервуаре чистой воды, м (принимается от 3,8 до 4,2 м)

$$h_v = 0,62 + 0,7 + 4,2 = 5,52, \text{ м}$$

Напор, который должен развивать насос при промывке фильтра, м, (или высота ствола башни промывной воды):

$$H = h_v + \sum h + h_{зн}, \text{ м} \quad (91)$$

где:

$h_{зн}$  – запас напора (1,5 м)

$$H = 5,52 + 9,35 + 1,5 = 16,37, \text{ м}$$

Строительная высота скорого фильтра, м, будут:

$$H_{cрт} = D_n + H_3 + H_6 + h_{cрт}, \quad (92)$$

где:

$D_n$  – наружный диаметр коллектора распределительной системы, м

$H_6$  – высота слоя воды над поверхностью загрузки в открытом фильтре, м, (должна быть не менее 2 м)

$h_{cрт}$  – превышение строительной высоты над расчетным уровнем воды, м (не менее 0,5 м).

$$H_{cрт} = 0,72 + 2 + 0,7 + 0,5 = 3,92, \text{ м}$$

### 1.16. Использование воды от промывки фильтров

В целях уменьшения расхода воды для собственных нужд станции, целесообразно устройство сооружений позволяющих повторно использовать сбросную воду после промывки фильтров. Принимаем повторное использование промывной воды фильтров с кратковременным задержанием ее в аккумулирующих емкостях. Предварительно промывная вода пропускается через песколовку.

Определение расхода воды на одну промывку фильтра:

$$q = \frac{f_{\phi} \cdot \omega \cdot 60 \cdot t_1}{1000} = \frac{32,8 \cdot 13 \cdot 60 \cdot 6}{1000} = 153,5 \text{ м}^3 / \text{час} \quad (93)$$

где  $f_{\phi}$  – площадь одного фильтра = 32,8 м<sup>2</sup>

$\omega$  – интенсивность промывки = 13 л/с\*м<sup>2</sup>

$t_1$  – продолжительность промывки = 6 мин

В качестве аккумулирующей емкости принимаем два промывных бака, емкостью по 160 м<sup>3</sup>, каждый.

Отношение Н/Д = 1/2; при Н = 4,2 м и Д = 8,3 м.

Определение числа промывок в сутки:

$$\sum n_{np} = N_{\phi} \cdot n_{np} = 8 \cdot 2 = 16 \quad (94)$$

где

$n_{np}$  – число промывок фильтра в сутки = 2.

N – количество фильтров = 8 шт

Интервал времени между сбросами промывной воды:

$$T = \frac{n_{np} \cdot \sum n_{np}}{24} = \frac{2 \cdot 16}{24} = 1,3 \text{ часа} . \quad (95)$$

Полагая, что используют 95% воды, а 5% теряется, определяем параметры насосной установки:

Насос для перекачки осветленной воды на фильтры:

Объем воды:  $Q_1 = q \cdot 95\% = 153,5 \cdot 0,95 = 145,8 \text{ м}^3 / \text{час} .$

Производительность насоса при перекачке в течение 0,25 часа:

$$q = \frac{Q_1}{t_1} = \frac{145,8}{0,25} = 583,2 \text{ м}^3 / \text{час} \quad (96)$$

Манометрический напор насоса:

$$H_{\#} = 6,8 + 6,7 = 13,5 \text{ м}$$

где:

6,8 – разность отметок горизонта воды в фильтре, и дна аккумулирующей емкости;

6,7 – потери напора в трубопроводе от резервуаров до фильтров.

Принимаем насос марки 1Д500 – 63, мощность 160 кВт.

Насос для перекачки шламовой воды из аккумулирующей емкости в канализацию:

Объем воды:  $Q_2 = q \cdot 0,05 = 153,5 \cdot 0,02 = 7,7 \text{ м}^3 / \text{час}$

Производительность насоса при продолжительности перекачки осадка в течение 0,17 часа:

$$q = \frac{Q_2}{t_2} = \frac{7,7}{0,17} = 45,3 \text{ м}^3 / \text{час} = 12,6 \text{ л} / \text{сек} \quad (97)$$

Принимаем насос марки 1Д200 – 90, мощность 90 кВт.

### 1.17. Обработка промывных вод и осадка

В технологии обработки промывных вод и осадка предусматриваются резервуары-усреднители промывных вод, сгустители, накопители и площадки подсушивания осадка.

Резервуар-усреднитель промывных вод рассчитывается на 2 промывки фильтра.

Определение объема резервуара-усреднителя:

$$W_p = 1,25 \cdot W_{np} = 1,25 \cdot 426,4 \text{ м}^3 = 533 \text{ м}^3; \quad (98)$$

$$W_{np} = 2 \cdot q = 2 \cdot 153,5 = 307 \text{ м}^3 \quad (99)$$

Где

$q$  – расход воды на одну промывку фильтра.

Согласно СНиП 2.04.02 –84, принимаем два резервуара-усреднителя емкостью  $200 \text{ м}^3$ . Размеры резервуаров  $6 \times 6 \times 5,7 \text{ м}$ .

В резервуар-усреднитель встроена небольшая песколовка для задержания песка, вымытого из фильтра при его промывке.

Сгустители с медленным механическим перемешиванием используются для ускорения процесса уплотнения осадка.

Продолжительность цикла сгущения:

- наполнение сгустителя -  $0,5 \text{ часа}$ ;
- сгущение -  $6 \text{ часов}$ ;
- последовательная перекачка осветленной воды и сгущенного осадка -  $0,5 \text{ часа}$

$$\sum T = 0,5 + 6 + 0,5 = 7 \text{ часов}$$

Объем сгустителя:

$$W_c = 1,3 \cdot K_{po} \cdot W_{oc} = 1,3 \cdot 1,5 \cdot 48,5 = 94,6 \text{ м}^3 \quad (100)$$

где:  $K_{po}$  - коэффициент разбавления осадка;

$W_{oc}$  - объем осадочной части сооружения.

Принимаем два сгустителя диаметром 12 м и рабочей глубиной = 4 м.

Накопители предусматриваются для обезвоживания и складирования осадка, с удалением осветленной воды и воды выделившейся при его утолнении.

Расчетный период подачи осадка в накопитель, следует применять не менее 5 лет.

Определение объема накопителя:

$$W_{\text{нак}} = \frac{0,876 \cdot Q_{\text{см}} \cdot C_{\text{ср}}}{\left(\frac{1}{100 - P_{\text{ос1}}}\right) \cdot \rho_1 + \left(\frac{1}{100 - P_{\text{ос2}}}\right) \cdot \rho_2 + \dots + \left(\frac{1}{100 - P_{\text{ос5}}}\right) \cdot \rho_5} =$$

$$= \frac{0,876 \cdot 1175,08 \cdot 5142}{\left(\frac{1}{100 - 90}\right) \cdot 1,05 + \left(\frac{1}{100 - 85}\right) \cdot 1,08 + \left(\frac{1}{100 - 82}\right) \cdot 1,09 + \left(\frac{1}{100 - 81}\right) \cdot 1,1 + \left(\frac{1}{100 - 80}\right) \cdot 1,11} =$$

$$= 1505409,8 \text{ м}^3$$

где  $P$  - среднее значение влажности осадка;

$\rho$  - плотность осадка пятилетнего уплотнения, т/м<sup>3</sup>;  
 $P_{oc1} = 90\%$ ;  $P_{oc2} = 85\%$ ;  $P_{oc3} = 82\%$ ;  $P_{oc4} = 81\%$ ;  $P_{oc5} = 80\%$ ;  
 $\rho_1 = 1,05$ ;  $\rho_2 = 1,08$ ;  $\rho_3 = 1,09$ ;  $\rho_4 = 1,1$ ;  $\rho_5 = 1,11$ .

Принимаем 4 секции накопителя работающие попеременно по годам, при этом напуск осадка предусматривается в одну секцию в течении года, с удалением осветленной воды.

### 1.18. Песковое хозяйство

Кварцевый песок используется в качестве загрузки фильтра, должен быть очищен от примесей и иметь определенный гранулометрический состав. В песковом хозяйстве предусматривается подготовка карьерного песка для первоначальной загрузки фильтров и для ежегодной догрузки в размере 10% общего объема. Кроме этого необходима периодическая отмывка загрязненной загрузки.

*Объем песка загруженный в фильтр:*

$$W_H = N_\phi \cdot f_\phi \cdot H_3 = 8 \cdot 32,8 \cdot 0,7 = 183,7 \text{ м}^3 \quad (101)$$

где:  $N_\phi$  - количество фильтров = 8 шт;  
 $f_\phi$  - площадь одного фильтра = 32,8 м<sup>2</sup>;  
 $H_3$  - высота фильтрующего слоя = 0,7м.

*Годовая потребность в дополнительном количестве песка (10%):*

$$W_D = W_H \cdot 0,1 = 183,7 \cdot 0,1 = 18,4 \text{ м}^3 \quad (102)$$

Принимаем, что в карьерном сырье содержится 55% песка пригодного для загрузки фильтра:

$$\text{для станции: } W_n = \frac{W_H \cdot 100}{55} = \frac{183,7 \cdot 100}{55} = 334 \text{ м}^3, \quad (103)$$

$$\text{для дозагрузки: } W_g = \frac{W_D \cdot 100}{55} = \frac{18,4 \cdot 100}{55} = 33,5 \text{ м}^3. \quad (104)$$

Общий объем дозагрузки:

$$W_{\text{общ}} = W_n + W_g = 334 + 33,5 = 367,5 \text{ м}^3. \quad (105)$$

Слой песка  $L = 0,5 \text{ м}$ , тогда площадь асфальтированной площадки:

$$F = W_{\text{общ}} / L = 367,5 / 0,5 = 735 \text{ м}^2 \quad (106)$$

размеры в плане 25х30м.

### 1.19. Определение емкости резервуара чистой воды (РЧВ)

$$\begin{aligned} W_{\text{РЧВ}} &= W_{\text{реч}} + 3W_{\text{max}} + 3W_{\text{пож}} + W_{\text{нс}} - 3W_{\text{нс1}} = \\ &= 1438,78 + 3525,24 + 297 + 730,34 - 2284,15 = 3707,21 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (107)$$

где:  $W_{\text{реч}}$  – регулирующий объем воды, разница между подачей НС I и НС II подъема = 1438,78;

$W_{\text{max}}$  - максимальный объем воды;

$W_{\text{пож}}$  - объем воды на пожар;

$W_{\text{нс}}$  - объем воды на собственные нужды станции;

$W_{\text{нс1}}$  - объем воды подаваемым с НС I подъема.

$$3W_{\max} = Q_{\text{час}} \cdot 3 = 1175,08 \cdot 3 = 3525,24 \text{ м}^3 ;$$

$$3W_{\text{пож}} = \frac{3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot (q_{\text{нар}}^{\text{пож}} + q_{\text{вн}}^{\text{пож}})}{1000} = \frac{3 \cdot 60 \cdot 60(25 + 2,5)}{1000} = 297 \text{ м}^3 \quad (108)$$

где:  $q_{\text{вн}}$  - внутренний расход воды на пожар;

$$q_{\text{вн}} = 2,5 \text{ л/с} ;$$

$q_{\text{нар}}$  - наружный расход воды на пожар;

$$q_{\text{нар}} = 25 \text{ л/с} ;$$

$$W_{\text{сн}} = \frac{\% \cdot Q_{\text{сут}}}{100} = \frac{4 \cdot 18258,57}{100} = 730,34 \text{ м}^3, \text{ где } \% = 4 - 5; \quad (109)$$

$$3W_{\text{нс1}} = \frac{3 \cdot \% \cdot Q_{\text{сут}}}{100} = \frac{3 \cdot 4,17 \cdot 18258,57}{100} = 2284,15 \text{ м}^3, \text{ где } \% = 4,17. \quad (110)$$

Согласно типового проекта 4 – 18 – 851 проектируем два ж/б прямоугольных резервуара из сборных унифицированных конструкций заводского типа, с размерами в плане  $4,8 \times 24 \times 18 \text{ м}$ .

## 2. Компонировка очистных сооружений.

Взаимное расположение отдельных сооружений станции должно обеспечивать минимальную протяженность трубопроводов между ними, дорого и пешеходных дорожек, но с условием сохранения удобства эксплуатации и производства ремонтных работ.

Следует предусматривать возможность расширения станции в перспективе по мере увеличения водопотребления. Должны быть оставлены свободные от надземной застройки и подземных коммуникаций площадки для сооружений второй очереди.

Для обеспечения бесперебойности водоснабжения на водоочистой станции предусматривается система обводных водоводов, обеспечивающих возможность подачи воды, минуя основные технологические сооружения, а также отключение отдельных сооружений станции.

На территории станций – в санитарной зоне строго режима размещаются все вспомогательные помещения, предусмотренные СНиП, а также насосная станция II подъема, резервуары, трансформаторная подстанция, котельная, мастерские, склады, проходная.

### 2.1. Проектирование генерального плана водоочистой станции.

Генеральный план очистной станции разрабатывается в соответствии со СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

При проектировании генерального плана очистной станции необходимо предусмотреть расположение площадки таким образом, чтобы объем земляных работ был минимальным. Подача воды от сооружения к сооружению должна осуществляться самотеком. Площадку водопроводных очистных сооружений следует располагать вблизи водозаборного сооружения и насосной станции I подъема.

На генеральный план наносят все технологические, подсобные и обслуживающие сооружения и постройки (реагентное хозяйство, осветлитель с взвешенным осадком, хлораторную, фильтры, резервуары чистой воды, насосную станцию подъема, склад хлора, сооружения по повторному использованию промывной воды, материальный склад станции, главная понизительная электроподстанция, котельная, песковое хозяйство); мастерские; проходная.

На генплане показываются следующие инженерные сети: трубопроводы сырой и фильтрованной воды; обводной трубопровод; трубопровод промывной воды; промышленная канализация; трубопровод возврата промывной воды; хозяйственно-противопожарный водопровод; хозяйственно-бытовая канализация; теплосеть и высоковольтный кабель.

На генплане должны быть указаны диаметры трубопроводов. При составлении генплана необходимо предусмотреть возможность расширения сооружений на расчетный период. Для этого оставляется площадка, которая показывается на генплане пунктиром, а трубопроводы трассируются так, чтобы в процессе расширения сооружений не потребовалась их перекладка.

При расположении на генплане хлораторную размещают в низшей точке очистной станции на расстоянии от зданий не менее 30м.

Вся территория водопроводных очистных сооружений должна ограждаться с соблюдением требований СНиП.

## **2.2 Высотная схема движения воды по водоочистным сооружениям**

Высотная схема представляет собой продольный профиль, на котором указываются высоты сооружений по ходу движения воды на участке станции и устанавливается зависимость между абсолютными отметками уровней воды в технологических сооружениях (резервуар чистой воды – фильтр – осветлитель со слоем взвешенного осадка - смеситель). На высотной схеме, выполняемой в произвольном масштабе, указываются отметки уровня воды и отметки дна сооружений.

При проектировании высотной схемы максимальная отметка уровня воды в резервуаре принимается как исходная минимальная. В зависимости от нее подсчитываются отметки остальных сооружений.

Максимальный уровень воды в резервуаре принимается 0,5м выше поверхности земли. Однако при посадке очистных сооружений и составлении высотной схемы необходимо учитывать рельеф площадки, глубину залегания грунтовых вод, максимальный уровень воды в реке в период паводка.

### **3. Экологический раздел**

#### **3.1. Генеральный план станции водоподготовки**

На площадках водопроводных сооружений с зоной санитарной охраны первого пояса должны предусматриваться технические средства охраны:

- запретная зона шириной 5 – 10м вдоль внутренней стороны ограждения площадки, ограждаемая колючей или гладкой проволокой на высоту 1 – 2м;
- тропа наряда внутри запретной зоны шириной 1м на расстоянии 1м от ограждения запретной зоны;
- столбы-указатели, обозначающие границы запретной зоны и устанавливаемые не более чем через 50м;
- охранное освещение по периметру ограждения, при этом светильники надлежит устанавливать над ограждениями из расчета освещения подступов к ограждению, самого ограждения и части запретной зоны до тропы наряда;
- постовая телефонная связь и двух сторонняя электрозвонковая сигнализация постов с пунктом управления или караульным помещением, которое следует предусматривать при необходимости на водопроводах I категории.

#### **3.2. Зоны санитарной охраны станции водоподготовки**

Зоны санитарной охраны должны предусматриваться на всех проектируемых и реконструируемых водопроводах хозяйственно-питьевого назначения в целях обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности.

#### **3.3. Площадки водопроводных сооружений**

Границы первого пояса зоны водопроводных сооружений должна совпадать с ограждением площадки сооружений и предусматриваться на расстоянии:

- от стен резервуаров фильтрованной (питьевой) воды, фильтров (кроме напорных), контактных осветлителей с открытой поверхностью воды - не менее 30м;
- от стен остальных сооружений и стволов водонапорных башен – не менее 15м.

Санитарно-защитная полоса вокруг первого пояса зоны водопроводных сооружений, расположенных за пределами второго пояса зоны источника водоснабжения, должна иметь ширину не менее 100м.

## Часть 2 Пример расчёта задания 2

### 2.1. Сбор и отведение поверхностного стока с территории предприятия (АЗС)

Пример. Площадь водосборной территории объекта составляет 0,15 га. На автозаправочной станции бензин с различным актовым числом. За сутки в среднем через АЗС проходит от 100 и больше транспортных средств.

#### 1. Методы и схемы очистки, состав очистных сооружений

Метод очистки поверхностного стока с территории объекта на основании рекомендаций ВНИИ ВОДГЕО включает следующие операции:

отстаивание (первичная очистка)

фильтрование (вторичная очистка)

Отстаивание дождевых стоков происходит в емкости представляющей собой вертикальный отстойник. Емкость предназначена также для аккумуляции стока. Предварительное отстаивание сточных вод в аккумулялирующей емкости позволяет снизить нагрузку на фильтры и обеспечивает работу сооружений вторичной очистки в периодическом режиме.

После отстаивания, сточные воды поступают на систему фильтров для последующей обработки. Используются методы фильтрования и сорбционной очистки.

*В состав комплекса очистных сооружений входят:*

- Аккумулялирующие емкости с погружным насосом.
- Очистные сооружения состоящие из 3-х ступеней последовательно установленных фильтров (всего 3 шт) с блоком автоматического регулирования.

*Для фильтрационной очистки используются:*

- механический фильтр (1 шт) – I ступень очистки
- механосорбционный фильтр (1шт) – II ступень очистки
- сорбционный фильтр (1 шт) – III ступень очистки

#### 2. Описание технологической схемы очистных сооружений

Работа очистных сооружений на территории объекта проектирования (рис. 1) осуществляется следующим образом.

Поверхностные стоки через дождеприемники и делительный колодец поступают в аккумулялирующие емкости. После заполнения емкостей дождевыми стоками до расчетного уровня установленный датчик включает реле времени, настроенное на расчетную продолжительность периода

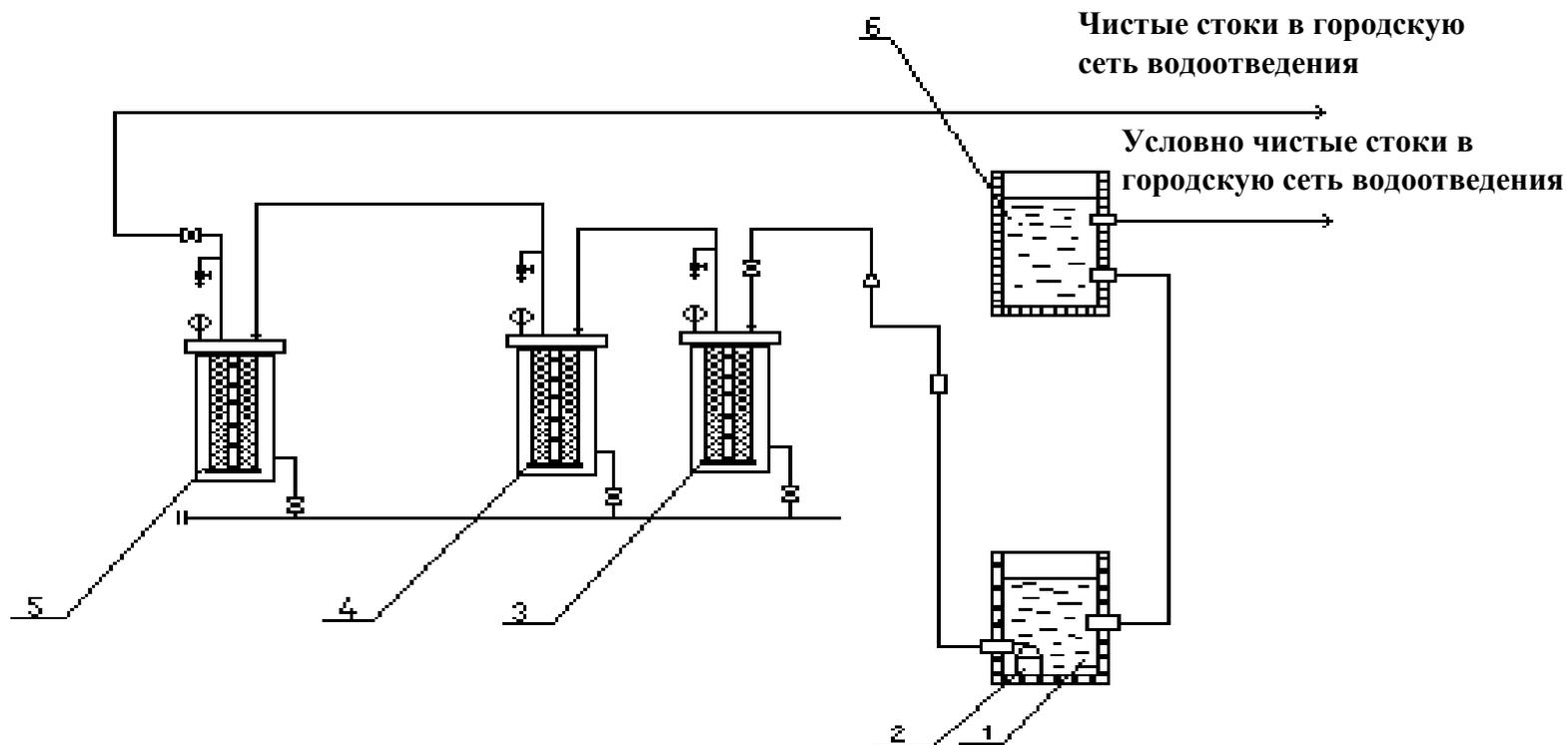
обработки дождевых сточных вод. В течении этого периода происходит отстаивание и на основании данных полученных расчетным путем, до 90% взвесей от исходного количества выпадает на дно емкости.

Частично с осаждающимися взвесями захватываются нефтепродукты. Часть нефтепродуктов всплывает.

По окончании процесса отстаивания по команде реле времени включается погружной насос, который подает с производительностью 1 м<sup>3</sup>/ч отстоявшиеся дождевые стоки на фильтрование и сорбционную очистку. Фильтрование отстоявшихся сточных вод происходит на фильтре механической очистки (I ступень очистки). Далее осветленные сточные воды поступают на 2 последовательные ступени фильтров для механосорбционной и сорбционной очистки от нефтепродуктов и других загрязнений (II и III ступени очистки).

После откачки сточных вод из аккумулирующей емкости до верхнего уровня осадка погружной насос автоматически выключается. Регенерация всех используемых типов фильтров не производится. Полная замена фильтров (фильтрующей загрузки) производится в процессе эксплуатации на основании контрольных анализов при полном загрязнении загрузки.

Выделяющиеся в результате процесса отстаивания на дне аккумулирующей емкости пески и взвеси накапливаются, уплотняются и периодически с использованием специализированного автотранспорта выгружаются для отправки на утилизацию.



#### Экспликация оборудования

Позиция	Наименование	Кол	Характеристика
1	Отстойник	1	w = 6,9
2	Насос гном 10x10	1	
3	Фильтр механический	1	Вес загрузки 1,4
4	Фильтр механосорбционный	1	Вес загрузки 1,8
5	Фильтр сорбционный	1	Вес загрузки 2,95

Рис. 1 Технологическая схема очистки нефтесодержащих стоков

### 3. Технологические расчеты и выбор оборудования для процесса очистки сточных вод

Расчетный состав дождевых и поливомоечных вод, поступающих с водосборной территории объекта в виде сточных вод на проектируемые очистные сооружения, принимается:

- взвешенные вещества.....500 мг/л
- нефтепродукты.....40 мг/л
- БПК<sub>полн</sub>.....25мг/л

В результате процесса очистки дождевых сточных вод должны быть достигнуты следующие показатели, соответствующие нормам ПДК;

- взвешенные вещества..... 3-10 мг/л;
- нефтепродукты..... 0,03-0,05 мг/л;
- БПК<sub>полн</sub>..... 3 мг/л;

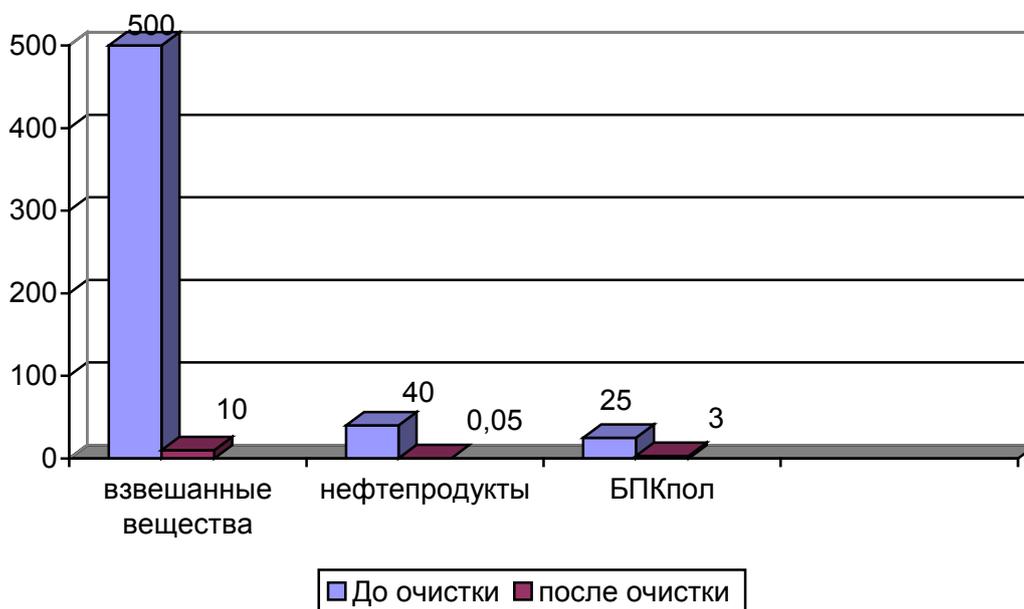


Рис. 2. Сравнение состава дождевых и поливомоечных вод до и после очистки

### 4 Расчет годового объема очищаемых дождевых вод и размера аккумулирующей емкости

Годовой объем поверхностного стока  $W$ , м<sup>3</sup>/год, подлежащего очистке, представляет собой сумму стоков от дождевых  $W_1$  и поливомоечных  $W_n$  вод.

Согласно рекомендациям ВНИИ ВОДГЕО,  $W_1$  определяется по формуле:

$$W_1 = N * [(F_{mb} * Y_{mb}) + (F_{зел} * Y_{зел})], \quad (111)$$

где

$N$  - количество осадков в год для Москвы и Московской области, мм/год;

$F_{mb}$  - площадь твердых покрытий и кровли, м<sup>2</sup>;

$F_{зел}$  - площадь зеленых насаждений м<sup>2</sup>;

$Y_{mb}$ , Узел - коэффициенты стока соответственно с твердых покрытий и зеленых насаждений, принимаются по данным;  
 Годовой объем поливомоечных вод составляет:

$$W_n = F_{mb1} * q * Y_{mb.n} * n, \quad (112)$$

где

$F_{mb1}$ - площадь твердых покрытий, га;

$Y_{mb.n}$  — коэффициент стока при поливомоечных работах;

$q$  - норма расхода воды на полив территории, л/м<sup>2</sup>;

$n$  - количество моек в год;

Исходные данные для расчета  $W$  представлены в таблице 11.

Таблица 11 Исходные данные для расчета  $W$

Значения параметров										
N	F	$F_{mb}$	$F_{зел}$	$F_{mb.l}$	$Y_{mb}$	$Y_{зел}$	$Y_{mb.n}$	q	n	w
677	1500	940	170	390	0,7	од	0,95	0,5	100	481,5

Отсюда

$$W_1 = 0,677 * [(940*0,7) + (170*0,1)] = 462 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$W_n = 390*0,0005*0,95*100 = 19,5 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$W = 462 + 19,5 = 481,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Объем аккумулирующей емкости для накопления поверхностного стока, подлежащего очистке, определяется по формуле [113]:

$$W_{оч} = 10 \times h_0 \times F \times Y_d, \quad (113)$$

где

$h_0$  - максимальный слой осадков за дождь в мм, сток от которого аккумулируется в полном объеме, который составляет 10 мм;

$F$  - общая площадь водосброса, га;

$Y_d$  - общий коэффициент стока дождевых вод, определяется по формуле 114

$$Y_d = Y_{mb} \times F_{mb}/F + Y_{зел} \times F_{зел}/F \quad (114)$$

Тогда

$$Y_d = 0,7*940/1500 + 0,1*170/1500 = 0,46$$

$$W_{оч} = 10*10*0,15*0,46 = 6,9 \text{ м}^3$$

## 5. Расчет времени отстаивания сточных вод в аккумулирующей емкости

Предварительно принимаем время отстаивания взвеси в аккумулирующей емкости 10 час. И определяем расчетным путем количество взвеси (%), которое может выпасть за этот период времени.

Минимальная гидравлическая крупность частиц осадка  $U_0$ , мм/с, задерживаемых в емкости при времени отстаивания  $t$  определяется по формуле [115]:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H \cdot k}{a \cdot t \left[ \frac{k \cdot H}{h_1} \right]^{n_2}} \quad (115)$$

где

k - коэффициент использования объема отстойника, 0,5;

H - глубина отстойника, 2650 мм;

t - время отстаивания, сек, принято равным 10 ч (36000 сек.);

h<sub>1</sub> - высота слоя опытного цилиндра, 500 мм;

n<sub>2</sub> - коэффициент, зависящий от агломерации смеси 0,1;

α - коэффициент, учитывающий влияние температуры (при t = 5 °C α = 1,5)

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 2,65 \cdot 0,5}{1,5 \cdot 36000 \cdot \left[ \frac{0,5 \cdot 2,65}{0,5} \right]} = 0,07 \text{ мм/с}$$

По данным института «МосводоканалНИИпроект» гранулометрический состав осадка в воде ориентировочно может быть определен по таблице 13.

Согласно данным таблицы 13, частицы с гидравлической крупностью более 0,07 мм/с составляют около 90% от общего количества взвешенных веществ.

Отсюда следует, что содержание взвеси в отстоявшейся воде, которая будет поступать на очистку составит около 10%.

Принимаем (с запасом) гидравлическую крупность не осевших частиц U диаметром 0,01 — 0,05 мм. Равной 0,07 мм/с и определяем время за которое происходит выпадение взвеси большей крупности взвеси большей крупности (30)

$$t = \frac{H}{U} \quad (116)$$

$$t = \frac{2650}{0,07} = 9,1$$

час. Принимаем время отстаивания 10 час.

Принимаем время отстаивания 10 час.

Далее определяем количество взвесей C, мг/л, поступающих на последующую очистку:

$$C = \frac{C_0(100 - 90)}{100} \quad (117)$$

где: C<sub>0</sub> - содержание взвеси в исходной воде, мг/л;

90 - процент выпадения взвеси за время отстаивания.

$$C = \frac{500(100 - 90)}{100} = 50 \text{ мг/л}$$

Таблица 12 Гранулометрический состав осадка поступившего в  
аккумулирующую емкость с дождевыми водами

Количество осадка  $P$ ,  $м^3/год$ , выпавшего в аккумулирующей емкости за

Диаметр частиц, мм	Гидравлическая крупность, мм/с	Содержание, %
менее 0,005	-	1
0,005-0,01	-	5
0,01-0,05	0,07-1,73	10
0,05-0,10	1,73-6,92	18
0,10-0,25	6,92-27,0	22
0,25-0,5	27,0-54,0	18
0,5-1,0	54,0-94,4	12
1,0-2,0	94,4-152,9	10
2,0-5,0	152,9-249	3

год, составит ориентировочно:

$$P = \frac{W(C_0 - C)}{(100 - P_{mud})\gamma_{mud} \cdot 10^4} \quad (118)$$

$P_{mud}$  - средний показатель влажности осадка, %  $\gamma_{mud}$  — средний показатель плотности осадка,  $г/см^3$

$$P = \frac{481,5(500 - 50)}{(100 - 95)1,8 \cdot 10^4} = 24 м^3 / год$$

Влажность осадка  $P_{mud} = 95\%$  и плотность осадка  $\gamma_{mud} = 1,8 г/см^3$  (объемная масса осадка), определяются постоянно экспериментальным путем специалистами.

Наряду с отстаиванием взвесей в аккумулирующей емкости происходит выделение и всплытие капель нефтепродуктов.

По данным ВНИИ ВОДГЕО распределение нефтепродуктов по крупности в дождевых водах можно ориентировочно определять по табл.13

Таблица 13 распределение нефтепродуктов по крупности в дождевых водах

Крупность, мкм	$V_{min}$ , см/с;
120	0,102
100	0,071
80	0,0465

Методом интерполяции определили, что скорость всплытия капель крупностью 60 мкм составляет 0,019 см/с.

Время всплытия  $T_{всп}$ , с, капль нефтепродуктов крупностью 60 мкм составляет:

$$T_{всп.} = \frac{Hn}{V_{min}}, \quad (119)$$

$$T_{всп.} = \frac{2,65}{0,019} \cdot 100 = 12105с = 3,6 час.$$

Отсюда следует, что в аккумулирующей емкости за время отстаивания 10 час. выделятся капли нефтепродуктов крупнее 60 мкм.

В соответствии с данными табл.14, количество частиц нефтепродуктов с крупностью не менее 60 мкм, составляет около 1,6 %. Следовательно эффективность Э, %, задержания нефтепродуктов в аккумулирующей емкости составляет 98,4%.

Остаточная концентрация нефтепродуктов  $C_K$  мг/л, поступающих на последующую очистку, определяется по формуле:

$$C_K = C_H \frac{C_H \cdot \mathcal{E}}{100} \quad (120)$$

где :  $C_H$  - начальная концентрация нефтепродуктов, мг/л.

$$C_K = 40 \frac{40 \cdot 98,4}{100} = 0,64 \text{ мг / л}$$

Таблица 14 Гранулометрический состав нефтяных частиц

Диаметр нефтяных частиц, мкм	200-40	40-100	100-60	60-20	20-3
Содержание, %	84,6	9,8	4	0,8	0,8

Количество нефтепродуктов, всплывших в аккумулирующей емкости за год  $P$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , , составит:

$$P = \frac{W(C^H_0 - C^H)}{1000} \quad (121)$$

$$P = \frac{481,5(40 - 0,64)}{1000} = 18,9 \text{ кг / год}$$

После отстаивания в аккумулирующей емкости вода с содержанием взвешенных веществ 50 мг/л и нефтепродуктов 0,64 мг/л подается погружным насосом с расходом 1  $\text{м}^3/\text{ч}$  на фильтры механической очистки

## 2.2. Определение производительности очистных сооружений

На основании данных о средней продолжительности периодов между стокообразующими осадками ВНИИ ВОДГЕО рекомендовано принимать допускаемую продолжительность отстаивания стока в аккумулирующей емкости равной 1-2 суток.

В таких же пределах (до 48 часов) следует принимать и продолжительность отвода осветленной воды.

Исходя из изложенного, производительность очистных сооружений зависит от объема аккумулирующей емкости и предельной продолжительности отвода осветленной воды после отстаивания в емкости.

В таблице 15 даны диапазоны величин объемов аккумулирующей емкости и производительность сооружений очистки.

Опыт проектирования и эксплуатации сооружений обработки сточных вод, показывает, что период отвода осветленных вод следует принимать в пределах 30 — 35 часов.

Таблица 15 Выбор производительности сооружений очистки дождевых сточных вод

Рабочий объем аккумулирующей емкости,	Производительность очистных сооружений,	Продолжительность отвода осветленных вод, час
5-35	1	
36-150	5	7-30
151 и более	10	15 и более

При рабочих объемах аккумулирующей емкости, превышающей 350 м<sup>3</sup>, следует предусматривать два и более комплексов очистных сооружений, работающих параллельно.

Согласно данным табл. 14 производительность очистных сооружений для объекта составляет 1 м<sup>3</sup>/час.

### **1. Расчет механических фильтров I ступени очистки**

При проектировании очистных сооружений использованы разработанные механические фильтры «Комби-М» с волокнистой загрузкой из полипропиленового волокна, предназначенные для задержания взвешенных веществ.

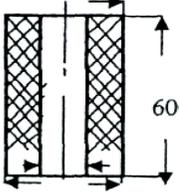
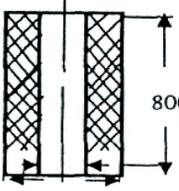
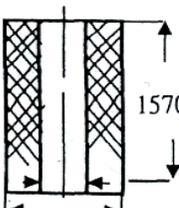
На основании проведенных исследований и опыта эксплуатации установлено, что эффективность задержания взвесей составляет порядка 80 %.

Следовательно, содержание взвеси на выходе из фильтров I ступени составляет около 10 мг/л.

В результате исследований установлено, что оптимальная скорость фильтрования, при которой достигается вышеуказанная эффективность очистки, не должна превышать 3- 3,5 м/час.

В таблице 17 приведены основные характеристики механических фильтров «Комби-М» с рулонной загрузкой из полипропиленового волокна (рис. 3).

Таблица 16 Основные характеристики механических фильтров „Комби” с рулонной загрузкой полипропиленового волокна

Тип фильтра	Наименование по спецификации	Основные параметры фильтрующих элементов из полипропилена нового волокна с учётом зазоров по 0,02 м	Площадь фильтра, м <sup>2</sup>	Производительность фильтра, м <sup>3</sup> /ч	Средняя скорость фильтрации, м/ч	Объём фильтрующей загрузки, м <sup>3</sup>	Вес фильтрующей загрузки, кг	Толщина слоя волокна, м	Ёмкость фильтра, кг	Продолжительность фильтроцикла, ч	Вес снаряженного фильтра, кг
КОМБИ	КомбиМ Øнар 220 Øвн 47 Н - 620		0,34	1	3,0	0,014	1,4	0,067	17	340	90
КОМБИ-5	Комби5М Øнар 350 Øвн 89 Н - 839		0,78	2,5	3,2	0,055	5,5	0,110	39	312	150
КОМБИ-10	Комби10М Øнар 700 Øвн 89 Н - 1600		3,25	10	3,1	0,53	53	0,286	162	324	570

Согласно данных табл. 17, для обеспечения расчетной производительности 1 м<sup>3</sup>/час потребуется 1 фильтр механической очистки «Комби-М».

На каждый фильтр подается расход 1 м /час и при этом обеспечивается оптимальная скорость фильтрования, равная 3 м/час.

Грязеемкость каждого фильтра составляет 17 кг, продолжительность фильтроцикла (защитного действия) — 340 часов.

После очистки от механических примесей дождевые сточные воды с содержанием взвесей 10 мг/л и нефтепродуктов 0,64 мг/л поступают на фильтры сорбционной очистки (II и III ступени), работающие последовательно.

## 2. Расчет механосорбционных фильтров II ступени очистки

При проектировании очистных сооружений на данной ступени обработки воды использованы разработанные конструкции механосорбционных фильтров «Комби-МС», с производительностью 1 м<sup>3</sup>/час, снаряженные карбонизированным волокнистым углеродным материалом (КНМ). Исследования и опыт эксплуатации показали, что материал КНМ при концентрации поступающих взвесей 10 мг/л и нефтепродуктов 0,64 мг/л обеспечивает очистку от взвесей до 3-5 мг/л и нефтепродуктов - до  $C_{оч}$  - 0,3 - 0,5 мг/л. Основные характеристики сорбционных материалов приведены в таблице 17.

Таблица 17 Основные характеристики углеродных материалов

Характеристики	Углеродный	
	КНМ	АНМ
Вес 1 м <sup>2</sup> , кг	200	132
Объем микропор, см <sup>3</sup> /г	0,21	0,33
*Сорбционная емкость по нефтепродуктам в водной среде, А, г/г	0,43	0,095

*Примечание. Значение параметра А приведено по данным организации-производителя.*

Снижение концентрации нефтепродуктов на II ступени  $\Delta C$ , мг/л, составит:

$$\Delta C = C_K - C_{оч} \quad (122)$$

$$\Delta C = 0,64 - 0,3 = 0,34 \text{ мг/л}$$

При общем количестве очищаемых стоков  $W = 481,5 \text{ м}^3/\text{год}$  годовое количество сорбируемых нефтепродуктов  $\Delta P^H_1$  г/год, составит:

$$\Delta P = \Delta C * W, \quad (123)$$

$$\Delta P^H_1 = 0,34 * 481,5 = 163,5 \text{ г/год}$$

Основные характеристики механосорбционных и сорбционных фильтров «Комби» с загрузкой углеродным материалом приведены в таблице 18.

Таблица 18 Основные характеристики фильтров «Комби» с загрузкой углеродным материалом

Тип фильтра	Наименование фильтра по спецификации	Производительность м <sup>3</sup> /час	Вес загрузки, кг	Вес снаряженного фильтра, кг
Комби	Комби-МС*	1	1,8	90
	Комби-С	1	2,95	90
Комби-5	Комби-5МС	5	4,4	150
	Комби-5С	5	6,0	150
Комби-10	Комби-10МС	10	8,8	570
	Комби-10С	10	18,0	570

*Примечание. МС - механосорбционный; С - сорбционный.*

Потребное количество  $G$ , кг, сорбционного материала в фильтрах II - ступени для обеспечения бесперебойной работы в течении 1 года состави:

$$G = \frac{\Delta P^{\text{II}}}{A} \quad (124)$$

$$G = \frac{163,5}{0,43} = 0,38 \text{ кг} / \text{год}$$

Каждый фильтр снаряжен 1,8 кг сорбционного материала.

В соответствии с расчетом принимаем на этой ступени очистки 1 фильтр «Комби-МС» (табл. 18).

### 3. Расчет сорбционных фильтров III ступени очистки

При проектировании очистных сооружений на завершающей ступени обработки воды использованы разработанные конструкции сорбционных фильтров «Комби-С», производительностью 1 м<sup>3</sup>/час, снаряженные активированным углеродным материалом АНМ. Исследования и опыт эксплуатации показывают, что материал АНМ при концентрациях поступающих нефтепродуктов со II ступени обеспечивает их сорбционную очистку до 0,03-0,05 мг/л.

Снижение концентрации  $\Delta C$ , мг/л, нефтепродуктов на фильтрах III ступени составит:

$$\Delta C = 0,3 - 0,05 = 0,25 \text{ мг/л}$$

При общем количестве очищаемых стоков  $W = 481,5$  м<sup>3</sup>/год годовое количество  $\Delta P$ , г/год, сорбируемых нефтепродуктов составит:

$$\Delta P^{\text{III}} = 0,25 \times 481,5 = 120,4 \text{ г/год}$$

Потребное количество  $G$ , кг, сорбционного материала в фильтрах III ступени для обеспечения бесперебойной работы в течении 1 года составит:

$$G = 0,12 / 0,095 = 1,26 \text{ кг}$$

Каждый фильтр разработанной конструкции снаряжен 2,95 кг углеродных сорбентов.

В соответствии с расчетом принимаем на этой ступени очистки I фильтр «Комби-С» (табл. 19).

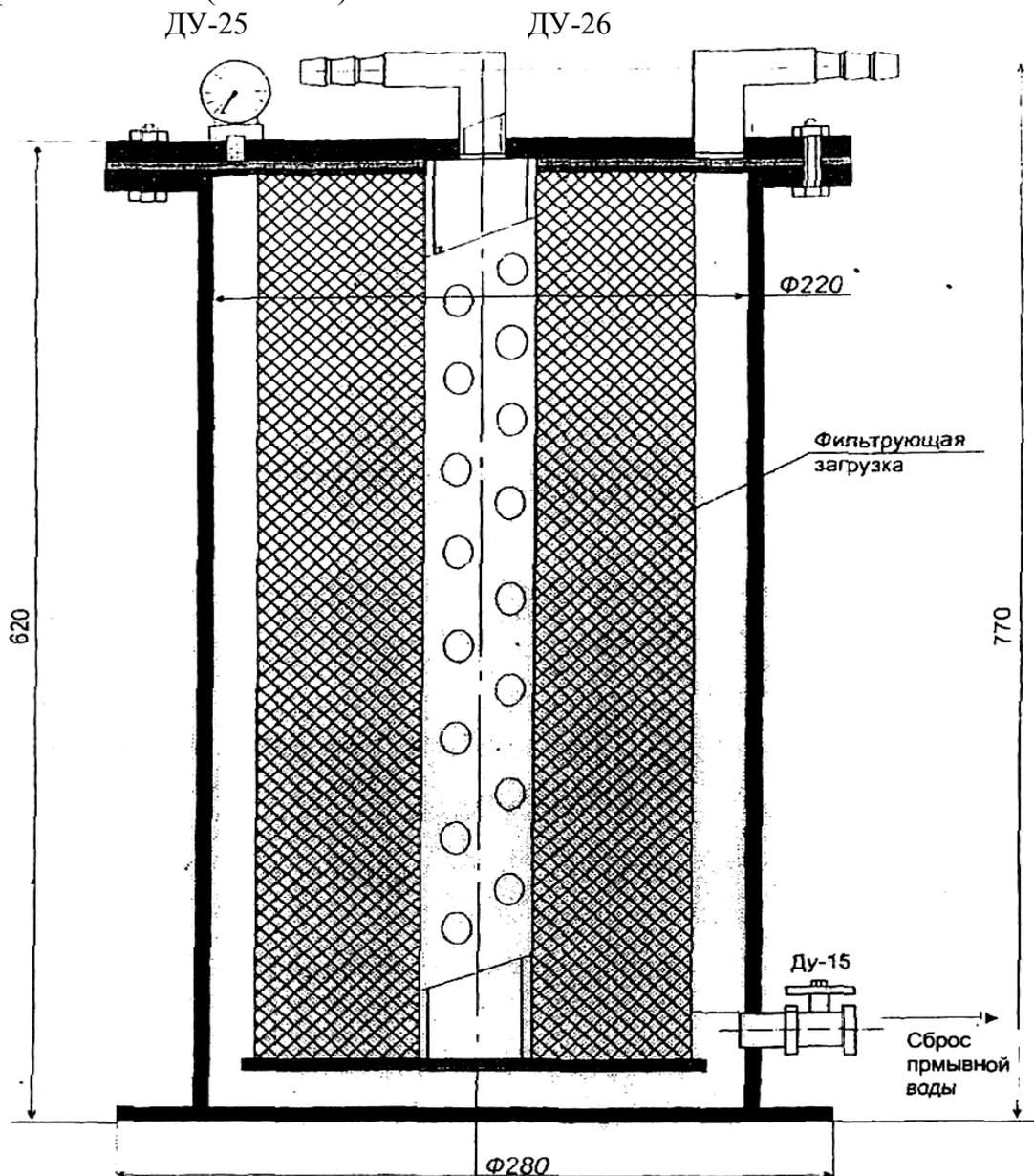


Рис. 3. Фильтр сорбционный „Комби”.

## 2.3. Характеристика оборудования

### 1. Аккумулирующая емкость

Аккумулирующая емкость представляет собой подземный железобетонный резервуар. В верхней части установлен датчик уровня. В нижней части резервуара обустраивается приямок для осадка и устанавливается погружной насос на уровне + 0,5 м от днища.

Высота слоя осадка, равная 0,5 м, определена расчетным путем и соответствует накопленному опыту эксплуатации очистных сооружений, а также производительности илососов (прибор удаляющий избыток из

аккумулирующей ёмкости) КО-510, которые наиболее часто применяются для удаления осадка очистных сооружений дождевых сточных вод.

Аккумулирующая емкость имеет размеры в плане  $d= 2,0$  м, объем резервуара КО-510 составляет 3,5 м, следовательно, слой осадка высотой 0,5 м соответствует полной загрузке илососа.

*Для предохранения погружного насоса от плавающих загрязнений, на всасывающей патрубке установлена съемная решетка с размером ячеек 10x10 мм.*

## **2. Насосный агрегат для перекачки сточных вод**

Конструктивные особенности насосных агрегатов обуславливается составом перекачиваемой сточной жидкости, который характеризуется большим количеством крупных и мелких включений. Кроме этого в стоках содержится и песок, являющийся абразивным материалом.

Для перекачивания сточных вод применяют погружные насосы отечественного производства ГНОМ. Этот насос используют как для проведения аварийной откачки сточной жидкости, так и для стационарной установки на насосных станциях.

В нашем случае используется погружной насос «ГНОМ 10x10» с приводом от встроенного асинхронного электродвигателя, предназначен для перекачки чистой и загрязненной воды, для водозабора из открытых водоемов, осушения подвалов, откачки воды из емкостей и бассейнов. Подача, 10 м<sup>3</sup>/час, напор 10 м вод.

## **3. Фильтр механической очистки**

Фильтр механической очистки представляет собой стальную емкость с цилиндрическим корпусом диаметром 0,35 м, плоским днищем и плоской крышкой, штуцерами подвода очищаемой воды и отвода фильтра.

Днище и крышка фильтра выполнены съемными на болтовом соединении с корпусом для загрузки и выгрузки фильтрующего материала.

Фильтрующий материал представляет собой волокнистую загрузку из полипропиленового волокна.

Намотка рулона волокна проводится с обкруткой на поверхности рулона синтетической сетки при ячейках не менее 3 мм.

Вода под напором подается через патрубков на фильтр, где восходящим потоком сточные воды фильтруются через боковую фильтрующую загрузку и через центральную перфорированную трубу выводятся из фильтра.

## **4. Фильтры механосорбционной и сорбционной очистки**

Фильтр представляет собой конструкцию аналогичную механическому фильтру. В качестве фильтрующего материала применяются волокнистые углеродные материалы, которые наматываются на центральную перфорированную трубу слоями с промежуточными сетками и закрепляются снаружи проволокой.

Принцип работы аналогичен механическому фильтру.

## **5. Электросиловое оборудование и автоматизация**

Пульт управления очистных сооружений располагается в сухом помещении (операторская, щитовая и т.п.) вблизи от щита управления электроснабжением объекта. Габаритные размеры 0,4 x 0,5 м. Пульт управления устанавливается на стене. Напряжение на пульт подается 220 В. Электроснабжение пульта управления производится от автомата В А 101 1Н(10А)с подключением пульта кабелем ВВГ 5 x 2,5 или ВБбшв — 4x4.

Прокладка кабелей от щитовой (пульта управления) до места расположения очистных сооружений осуществляется в асбестоцементных трубах  $D=100$  мм в земле на глубине заложений 0,7 м. Общая установленная мощность токоприемников очистных сооружений - до 3 кВт, в т.ч. погружной насос «Гном 10x10», с мощностью электродвигателя 0,7 кВт, два электродвигателя ( ТЭН) - по 1,0 кВт.

Основными потребителями электроэнергии являются насос «Гном 10x10» и теплоэлектронагреватели.

По степени надежности токоприемники очистных сооружений относятся к потребителям III категории. Пусковая аппаратура для насосного оборудования поставляется комплектно с ним или используются стандартные блоки управления. Все электрооборудование и электротехнические кабельные конструкции подлежат заземлению. В качестве дополнительных мер безопасности используются металлические кабельные и строительные конструкции, защитные кожухи труб электропроводки.

Автоматизация управления включает в себя включение насоса по команде реле времени, подачу звукового, светового сигналов и отключение насоса при команде датчика аварийного уровня. Предусмотрено также автоматическое отключение насоса при возникновении его неисправностей

При эксплуатации очистных сооружений образуются следующие отходы:

1. Осадок.
2. Обводненные нефтепродукты.
3. Отработанная фильтрующая загрузка.

Осадок и обводненные нефтепродукты, задержанные в аккумуляющей емкости, вывозятся спецмашинами (КО - 510) на полигоны для утилизации. Утилизация осуществляется специализированной организацией ГУП «Промотходы».

Отработанная фильтрующая загрузка ( полипропилен, углеволокно КНМ и АНМ ) утилизируется ГУП «Промотходы».

Вопросы охраны почв от загрязнений при эксплуатации очистных сооружений решены усиленной гидроизоляцией их подземной части.

Загрязнений промышленными выбросами в атмосферу от очистных сооружений нет.

### **Регламентные работы по обслуживанию очистных сооружений**

Осадок аккумулирующей емкости вывозится не реже одного раза в квартал. Перед вывозом осадка осуществляются следующие мероприятия:

- переключение очистных сооружений в ручной режим;
- удаление воды из аккумулирующей емкости;
- откачка осадка спецмашиной (илосос КОГ-510);
- очистка предохранительной решетки погружного насоса.

Замена загрузки фильтров механической очистки (I ступень фильтрации) может быть произведена на месте. При этом загрузка упаковывается в соответствии с требованиями утилизирующей организации. Однако целесообразно замену производить в заводских условиях после чего фильтр устанавливать на месте.

Как правило, регенерация (промывка) фильтрующей загрузки производится один раз в 3 месяца. Основным показателем постановки фильтра на регенерацию являются величины давления манометров, установленных на корпусе фильтра. Величина давления на манометре в фильтре с незагрязненной загрузкой составляет 0,5 - кг/см<sup>2</sup>, при загрязненной загрузке показатель увеличивается до 1,-1,5 кг/см<sup>2</sup>.

Промывка загрязненных фильтров осуществляется следующим образом.

Фильтры разбираются, извлекается картридж и под струей воды производится промывка загрузки.

Замена сорбционных фильтров (I и III ступеней очистки) производится не реже одного раза в год.

Замена производится на основании ухудшений показателей очистки (по результатам анализа очищенных вод) по нефтепродуктам. Для обеспечения чистоты на территории проектируемого объекта фильтры в сборе меняются на новые. Последующая выемка фильтрующей загрузки и расфасовка ее в мешки по 40 кг для последующей утилизации (требование ГУП «Промотходы») производится на территории эксплуатирующей организации.

Заказчику рекомендовано не реже двух раз в год проводить очистку от загрязненийждеприемных решеток, колодцев и трубопроводов дождевой канализации с использованием специализированных каналоочистительных машин.

### **В условиях представленного примера рассчитать:**

1. Годовой объем очищаемых дождевых вод и размер аккумулирующей емкости;
2. Время отстаивания сточных вод в аккумулирующей емкости;
3. Определение производительность очистных сооружений;
4. Механические фильтры 1 ступени очистки;
5. Механические фильтры 2 ступени очистки;

6.Механические фильтры 3 ступени очистки;

Задание для второй части выполнить в соответствии с таблицей.

Таблица 19. Задания для выполнения второй части курсовой работы

Параметры	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F	1200	1400	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2400
F <sub>mb</sub>	900	920	950	960	970	980	990	1000	1010	1020
F <sub>mbl</sub>	350	360	380	400	410	420	430	440	450	460
n	90	95	100	110	115	120	125	130	135	140

## Раздел 3. Практические задания

### 3.1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

#### Общие положения

Практические занятия проходят на лабораторно – экзаменационной сессии с преподавателем. Практические работы выполняются самостоятельно с использованием примеров и формул методических рекомендаций.

Зачет по практическим работам студенты получают после представления оформленных отчетов по работам и собеседования с преподавателем.

Содержание отчета:

1. Название работы;
2. Исходные данные;
3. Требуемый расчет и обоснование оборудования;
4. Выводы по работе.

Студенты выполняют шесть расчетных заданий, которые сопровождаются пояснениями по порядку расчета, что можно найти в теоретической части рекомендованной литературы или в представленных примерах.

Студент выполняет тот вариант практической работы, который совпадает с последней цифрой его учебного шифра. Если предпоследняя цифра шифра есть число нечетное /1,3,5,7,9/, то номера заданий для соответствующего варианта даны в табл.21. Если предпоследняя цифра есть число четное или ноль /2,4,6,8,0/, то номера заданий в табл.22.

Таблица 21

Номер варианта	Номер заданий контрольной
1	1,20,21,35,50,52
2	2,19;22;34;49,54
3	3,18;23;33;48,56
4	4,17,24,32,47,58
5	5,16,25,30,46,60
6	6,15,26,36,45,52
7	7,14,27,37,44,53
8	8,13,28,38,43,55
9	9,12,29,39,42,57
10	10,11,30,40,41,59

Таблица 22

Номер варианта	Номер заданий контрольной
1	11,7,31,25,41,51
2	12,8,32,24,42,53
3	13,9,33,23,43,55
4	14,10,34,22,44,57
5	15,6,35,21,45,59
6	1,5,36,26,46,52
7	17,4,37,27,47,54
8	18,3,38,28,48,56
9	19,2,39,29,49,58
10	20,1,40,30,50,60

### 3.2. ПЕРЕЧЕНЬ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

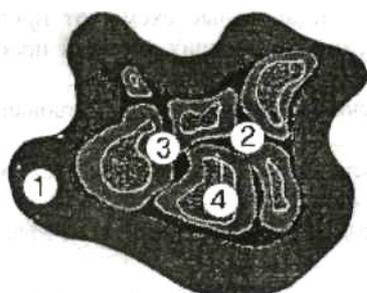
#### 1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДКОВ

##### 1. Физико-химическое строение частиц осадков

Основной составной частью сырого осадка, избыточного и уплотненного активного ила, а также сброженного осадка является вода, которая до-

статочно плохо отделяется от минеральных и органических частиц. Вода в хлопьях осадка представлена в четырех фазах рис. 4

- свободная вода - не связана с твердой частицей;
- физико-механически связанная вода или капиллярная: граничная вода, захваченная частицей и удерживаемая ею, однако молекулы в данной фракции воды могут отрываться непосредственно от хлопьев;
- физико-химически связанная вода или окрестная: слой воды, молекулы которого плотно удерживаются на поверхности твердой частицы водородными связями;
- химически связанная: молекулы воды, входящие непосредственно в состав твердого вещества.



1- свободная вода  
 2- физико-механически связанная вода  
 3- физико-химически связанная вода  
 4- химическая вода  
 Рис. 1.1. Распределение воды в хлопьях осадка

На рис. 5 представлено схематическое строение коллоидной мицеллы в виде электронейтрального агрегата. Мицелла состоит из твердой частицы дисперсной фазы и ионного двойного электрического слоя.

Значение заряда частицы определяется дзета-потенциалом, который представляет отталкивающую силу частицы, противоположную притягивающим силам Ван дер Ваальса.



Рис. 5. Схематическое строение мицеллы осадка:

- а) схема соотношения мицеллы, коллоидной частицы и гранулы осадка;
- б) схема соотношения влаги, удаляемой различными способами;
- в) схема двойного электрического слоя;
- г) схема расположения зарядов.

По различным данным значение дзета-потенциала для осадков муниципальных сточных вод варьируется от 10 до 20 милливольт (mV). Формы связи воды с твердой частицей влияют на выбор методов обработки и обезвоживания осадков.

Для увеличения водоотдачи можно изменить структуру твердой фазы осадков. Это достигается несколькими путями: коагуляцией их химическими реагентами, флокуляцией, введением присадочных материалов, термическим кондиционированием (замораживанием и оттаиванием), магнитной и электромагнитной обработкой. В результате данных методов происходит укрупнение частиц осадков, уменьшается площадь поверхности раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды. Вследствие этого снижается поверхностная энергия, и ослабляются силы связи воды с твердыми частицами. Происходит перераспределение форм связи влаги, увеличивается содержание свободной воды за счет уменьшения общего количества связанной.

Рассмотренный путь обезвоживания осадка требует меньших затрат энергии непосредственно на станции аэрации, но затраты энергии на производство коагулянтов, их транспортировку, хранение компенсируют общие энергетические затраты.

## **1.2. Принципиальные схемы переработки**

В приложении на рис. 13-16 (приложение 2) представлены принципиальные схемы систем, применяемых для обработки осадков различного происхождения, указывающих правильное развитие технологии в зависимости от конечной технологической цели.

В каждой принципиальной схеме содержатся все рациональные технологически необходимые этапы обработки осадков в зависимости от их происхождения и свойств.

Для каждого класса осадков рекомендованы высокоэффективные процессы и аппараты, обеспечивающие экономически оправданную комплексную технологию обработки осадков.

Наиболее оптимальными методами разделения и уплотнения осадков являются гравитационные, флотационные и сепарационные методы. Для кондиционирования в основном рекомендуются химические методы обработки. Стадию обезвоживания можно успешно осуществлять с помощью термодинамических и инерционных способов.

## **1.3 УПЛОТНЕНИЕ**

### **1.3.1. Гравитационные илоуплотнители**

Уплотнители применяются в технологии обработки осадков перед сооружениями обезвоживания или сбраживания для уплотнения - уменьшения в объеме подаваемой в них смеси.

Илоуплотнители используют для уплотнения избыточного активного ила аэротенков, извлекаемого из сточной жидкости во вторичных отстойниках.

Осадкоуплотнители применяют для совместного уплотнения осадков первичных отстойников и избыточного активного ила аэротенков.

В илоуплотнители, как правило, поступает избыточный активный ил из вторичных отстойников с концентрацией  $C = 4$  г/л и реже - иловая смесь из аэротенков с концентрацией ила  $C = 1,5 - 3,0$  г/л. Допускается также совместное уплотнение осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила.

Эффективность уплотнения активного ила после полной биологической очистки выше в радиальных уплотнителях (до 97,3 - 97 %) и ниже в вертикальных (до 98 %). Учитывая это, рекомендуется для станций производительностью 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут и более применять радиальные илоуплотнители.

При расчете илоуплотнителей, илопроводов и систем перекачки ила величину прироста ила, следует принимать с коэффициентом 1,3 для учета сезонной неравномерности прироста ила.

Данные для расчета гравитационных илоуплотнителей принимаются по таблице 23.

Таблица 23 Данные для расчета гравитационных илоуплотнителей

Характер избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила в		Продолжительность уплотнения Т в ч		Скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального уплотнителя, мм/с
	тип уплотнителя				
	вертикальный	радиальный	вертикальный	радиальный	
Иловая смесь из аэротенков с $C = 1,5-3$ г/л	-	97,3		5-8	-
Активный ил из вторичных отстойников с $C = 4$ г/л	98	97,3	10 - 12	9-11	не более 0,1
Активный ил из зоны отстаивания аэротенков-отстойников с $C = 4,5-6,5$ г/л	98	97	16	12- 15	то же

Примечание: продолжительность уплотнения избыточного активного ила производственных сточных вод допускается изменять в зависимости от его свойств.

Вынос взвешенных веществ из отстойников при очистке бытовых сточных вод принимается по табл. 24.

Таблица 24 Вынос взвешенных веществ

Продолжительность отстаивания в час	Вынос взвешенных веществ в мг/л при БПК <sub>полн</sub> очищенной воды в мг/л					
	15	20	25	50	75	100
1,5	15	20	25	51	70	83
2	12	16	21	45	63	75

### 1.3.2. Пример расчета радиального илоуплотнителя

Рекомендации к проектированию:

- 1) Наименьший диаметр илоуплотнителя  $D = 18\text{м}$ ; схема илоуплотнителя рис. 6;
- 2) Отношение диаметра к рабочей глубине  $6.. .7$ ;
- 3) Для удаления осадка уплотнители оборудуются илососами или илоскребками;
- 4) Выпуск уплотненного осадка производится непрерывно под гидростатическим напором не менее  $1\text{ м}$ ;
- 5) Сливная вода из уплотнителей направляется в аэротенки.

Рассчитать илоуплотнитель радиального типа для станции с аэротенками на полную биологическую очистку производительностью ( $Q = 80000\text{ м}^3/\text{сут}$ . БПК<sub>полн</sub> очищенных стоков  $L_t = 15\text{ мг/л}$ ; прирост активного ила в аэротенке  $\Pi = 180\text{ мг/л}$ ; концентрация избыточного ила после вторичных отстойников  $C = 4\text{ г/л}$ .

Часовое количество избыточного активного ила с учетом сезонной неравномерности его прироста определяется по формуле 1,

$$Q_{\text{ил}} = 1,3 \cdot \frac{UQ}{24C} = 1,3 \frac{168 \cdot 8000}{24 \cdot 4000} = 182 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (125)$$

где

$Q$  - суточный расход сточных вод,  $\text{м}^3$ ;

$C$  - концентрация избыточного ила,  $C = 4000\text{ г/м}^3$ ;

$U$  - количество избыточного активного ила в  $\text{г/м}^3$  с учетом выноса ила из вторичных отстойников по таблице 2.3,  $U = 180 - 12 = 168\text{ г/м}^3$ .

Принимаем глубину зоны уплотнения  $H_p = 3,1\text{ м}$  и по таблице 1.3. продолжительность уплотнения  $T = 9\text{ часов}$ . Тогда расчетная гидравлическая нагрузка на поверхность уплотнителя будет равна

$$q_0 = \frac{H_p}{T} = \frac{3,1}{9} = 0,34 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ ч}). \quad (126)$$

Необходимая площадь илоуплотнителей определяется по формуле (127)

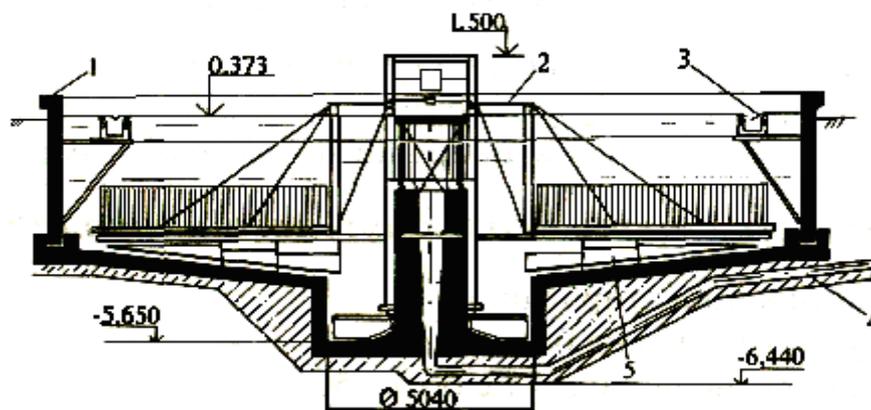
$$F = \frac{Q_{uit}}{q_0} = \frac{182}{0,34} = 523,5 \text{ м}^2. \quad (127)$$

Принимаем количество уплотнителей  $n = 2$ . Тогда диаметр илоуплотнителей будет равен

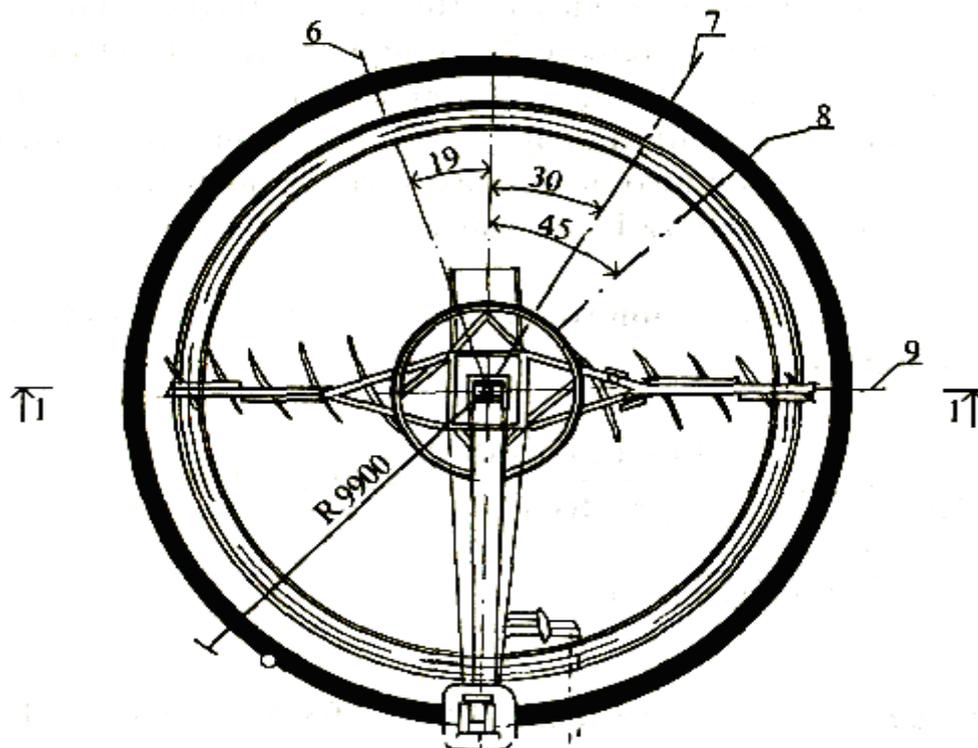
$$D = 1,128 \sqrt{\frac{F}{n}} = 1,128 \sqrt{\frac{523,5}{2}} = 18,4 \text{ м}. \quad (128)$$

Принимаем  $D = 18\text{м}$  согласно типового проекта № 902-5-10.84(28).

### Разрез 1 - 1



### План на отм. 1,500



**Рис. 6. Радиальный илоуплотнитель:**

1 - резервуар, 2 - илоскребок; 3 - водослив с фильтрующим экраном, 4 - подающий трубопровод, 5 - скребковое устройство, 6 - трубопровод уплотненной смеси, 7 - трубопровод плавающих веществ, 8 - подающий трубопровод, 9 - трубопровод сливной воды.

$$\frac{D}{H_p} = \frac{18}{3,1} \approx 6.$$

Отношение

Общая высота илоуплотнителя

$$H = h_b + H_p + h_{ил} + h_n = 0,3 + 3,1 + 0,5 + 0,3 = 4,2 \text{ м, (5)}$$

где  $h_b = 0,3 \text{ м}$  - высота строительного борта

$h_{ил} = 0,5 \text{ м}$  - высота слоя ила

$h_n = 0,3 \text{ м}$  - высота нейтрального слоя

Суточное количество уплотненного избыточного ила с влажностью  $W_{уп} = 97,3 \%$  и объемным весом  $\gamma = 1,005 \text{ т/м}^3$

$$Q_{упл} = \frac{UQ}{\gamma 10^6} \cdot \frac{100}{100 - 97,3} = \frac{168 \cdot 80000}{1,005 \cdot 10^6} \cdot \frac{100}{100 - 97,3} = 500 \text{ м}^3/\text{сут. (129)}$$

Радиальные илоуплотнители конструируются или по типу первичных радиальных отстойников, оборудованных илоскребами, или по типу вторичных радиальных отстойников, оборудованных илососами.

## 1.4. СТАБИЛИЗАЦИЯ

### 1.4.1. Септики. Общие положения

Септики являются комбинированными сооружениями, в которых происходит осветление сточной воды и сбраживание (перегнивание) выпавшего осадка. Септики обычно применяют при очистке небольших количеств сточных вод (до  $25 \text{ м}^3/\text{сут}$ ), поступающих от отдельно стоящих зданий или группы зданий.

Взвешенные вещества, содержащиеся в сточной воде, выпадают в осадок, накапливающийся на дне септика. Осадок представляет собой частицы преимущественно органического происхождения. Под действием анаэробных микроорганизмов органическая часть осадка превращается в газы и переходит в стабильное состояние.

Полный расчетный объем септика следует принимать равным 3 - суточному притоку - при расходе сточных вод до  $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ , и не менее 2,5 - суточному - при расходе более  $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Влажность осадка, сброженного в септике, составляет 90%.

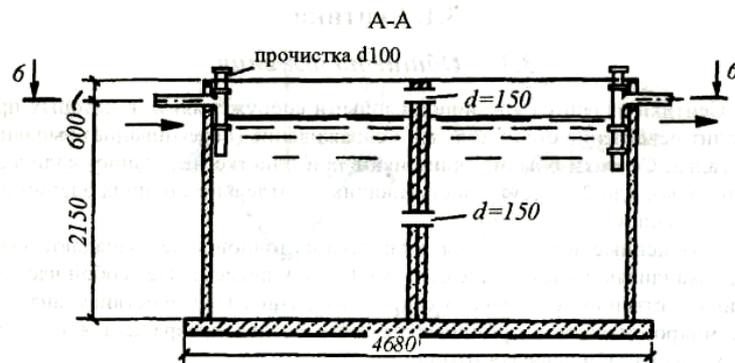
В зависимости от расхода сточных вод следует принимать: однокамерные и двухкамерные септики - при расходе до  $1 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; трехкамерные и более - при расходе свыше  $1 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Таблица 25 Рекомендации по выбору септиков

Типовой проект	Материал	Производительность $Q_w$ $\text{м}^3/\text{сут}$	Количество потребителей $N_p$	Полезная ёмкость $V, \text{м}^3$	Количество камер $n$ , шт	Диаметр $D$ , м	Глубина рабочей части $h_p$ , м	Время пребывания $T$ , сут
902-3-73.1.1	железобетонный	0,45	3	1,6	1	1,0	2,4	3,0
	железобетонный	0,75	5	2,6	1	1,5	1,8	3,0

	1,50	10	4,8	2	2,0	1,8	3,0
	3,00	20	9,6	3	2,0	1,8	3,0
	6,00	40	16,1	6	1,5	1,8	2,5
	12,00	80	33,4	5	2,0	2,4	2,5

Разрез 1-1



План на отм. 0,700

Б-Б

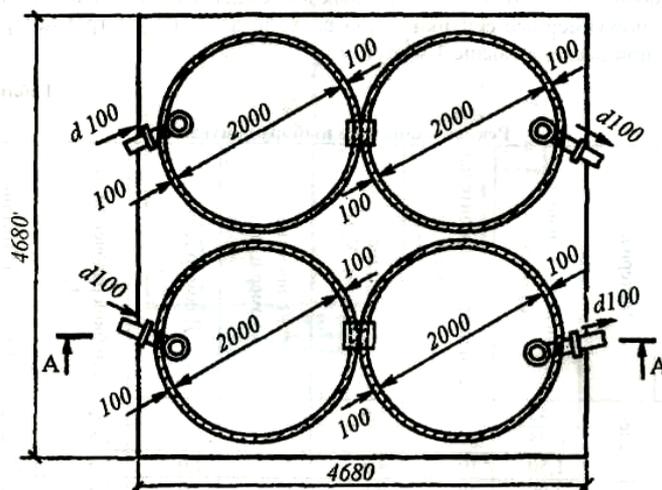


Рис. 7. Двухкамерный септик

1 - подающий трубопровод, 2 - прочистка, 3 - люк с крышкой, 4 - переливная труба, 5 - переливной патрубков, 6 - горловина, 7 - плита перекрытия, 8 - отводящий трубопровод, 9 - проточная часть, 10 - иловая часть, 11 - железобетонное кольцо, 12 - плита основания

Септики, выполненные в виде бетонных или железобетонных колец, показаны на рис. 7 и пластмассовых модулей. Впуск сточной воды в септик и выпуск из него осуществляют с помощью тройников.

Перегнивший осадок, хранящийся на дне камер септиков, периодически выгружается и вывозится ассенизационными автомашинами. При необходимости обеззараживания сточных вод, выходящих из септика, устраивают камеру для контакта обеззараживающего агента со сточной водой.

Размеры в плане надлежит принимать не менее 0,75x1м.

### 1.4.2. Пример расчета септика

Рассчитать септик для очистки бытовых сточных вод от коттеджа, расположенного в средней полосе России, оборудованного внутренним водопроводом, канализацией, ваннами с газовыми водонагревателями, количеством водопотребителей  $N_p = 7$  чел., расходом выделенного осадка  $q_{mud}^{um} = 0,8$  л/сут-чел, влажностью  $W_{mud} = 95$  %.

Сренесуточный расход сточных вод

$$Q_d = \frac{N_p q_{um}^{tot}}{1000} = \frac{7 \cdot 190}{1000} = 1330 \text{ л / сут} = 1,33 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (130)$$

где  $q_{um}^{tot} = 190$  л/сут на чел.

Полный объем септика

$$V_s = K q_d = 3 \cdot 1,3 = 3,9 \text{ м}^3, \quad (131)$$

где  $K = 3$  по СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. – Канализация. Наружные сети и сооружения.

Объем осадочной части септика

$$V_{set} = K_0 \cdot \frac{N_p q_{mud}^{um} T_{mud} (100 - W_{mud}) (1 - K_R)}{100 - W_{mud}} = 1,2 \cdot \frac{7 \cdot 0,8 \cdot 365 \cdot (100 - 95) \cdot (1 - 0,3)}{10 - 90} = 858,5 \text{ л} = 0,859 \text{ м}^3 \quad (132)$$

где  $K_0$  - коэффициент опорожнения осадка, средней влажностью  $W_{mud} = 90$  %, принимаем  $K_0 = 1,2$ ,  $K_R$  - коэффициент распада выпавшего в септике осадка, принимаем  $K_R = 0,3$ ,  $T_{mud}$  - продолжительность пребывания осадка в септике, в днях.

Объем проточной части септика  $V_p = V - V_{set} = 4,80 - 0,86 = 3,94 \text{ м}^3$  (133)

где  $V$  - полезная емкость септика, принимаем по табл. 1.4  $V_{set} = 4,8 \text{ м}^3$  при  $D=2,0$  м согласно типового проекта № 902 - 3 - 73.1.87.

$$\text{Время пребывания жидкости в септике } t = \frac{V_p}{q_d} = \frac{3,94}{1,33} \approx 3 \text{ сут} \quad (134)$$

На основании анализа расчетных параметров и рекомендаций таблицы 23 данным проектом к строительству принимаем двухкамерный септик по типовому проекту № 902-3-73.1.87 из сборного железобетона производительностью  $q_w = 15 \text{ м}^3/\text{сут}$ ,  $V = 4,8 \text{ м}^3$ ,  $D = 2,0$  м.

Общая высота сооружения

$H = h_0 + h_{и} + h_{н} + h_p + h_{л} + h_c + h_{п} + h_r = 0,20 + 0,60 + 0,30 + 0,90 + 0,05 + 0,6 + 0,1 + 0,60 = 3,35$  м. Игде:  $h_0$ ,  $h_{и}$ ,  $h_{н}$ ,  $h_p$ ,  $h_{л}$ ,  $h_c$ ,  $h_{п}$ ,  $h_r$  - соответственно высота: плиты основания, иловой части, нейтрального слоя, расчетного уровня жидкости, расстояние до лотка подводящей трубы от уровня жидкости, строительный борт, плиты перекрытия, горловины.

### 1.5. Пример расчета метантенков при термофильном сбраживании

Определить количество и размеры метантенков, подобрать типовые проекты для станции с объемом смеси осадков  $Q_{см} = 574 \text{ м}^3/\text{сут}$ , влажностью смеси 97,1%; составом органического вещества смеси:

$C_{fat} = 0,25$  г/г беззольного вещества осадка ;  $C_{gl} = 0,099$  г/г;  $C_{prt} = 0,42$  г/г Количество беззольного вещества в смеси осадков — 68,2%.

где

$C_{fat}$ ,  $C_{gl}$ ,  $C_{prt}$  – соответственно содержание жиров, углеводов и белков.

Выбор режима сбраживания (термофильный) следует производить на основании технико-экономических расчетов, санитарно-эпидемиологических требований и способов дальнейшей обработки осадков. Принимаем сбраживание в условиях термофильного режима при  $t = 53^{\circ}\text{C}$ .

Выбор дозы загрузки по табл. 26 принимаем  $d = 19\%$ .

Таблица 26 Доза загружаемой в метантенк смеси

Режим сбраживания	Суточная доза загружаемой в метантенк смеси ( $D_{mt}, \%$ ) при влажности смеси ( $W_{mud} \%$ ), не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

Расчетный объем метантенка

$$V = \frac{Q_{см} \times 100}{19} = \frac{574 \times 100}{19} = 3021 \text{ м}^3 \quad (135)$$

Принимаем по табл. 27  $n = 2$  метантенка  $D = 15$  м по Т. п. 902-2-228 с полезным объемом каждого  $V_{\phi} = 1600 \text{ м}^3$ .

Таблица 27 Конструктивные размеры метантенков

Номер проекта	D, м	Полезный объем одного $\text{м}^3$	Высота, м		Строительный объем		
			Верхнего конуса, $H_{вк}$	цилиндрической части, $H_{ц}$	нижнего конуса $H_{нк}$	здания обслуживания	газового kiosка
902-2-227	12,5	1000	1,9	6,5	2,15	652	100
902-2-228	15,0	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
902-2-229	17,5	2500	2,5	8,5	3,05	2094	136
902-2-230	20,0	4000	2,9	10,6	3,5	2520	174
Ново-Курьяновской станции	18,0	6000	3,15	18,0	3,5	2700	170
Люберецкой станции	22,6	8000	4,45	16,3	3,7	2000	170

$H_{вк} = 2,35$  м;  $H_{ц} = 7,5$  м;  $H_{нк} = 2,6$  м;  $H_{общ} = 12,45$ ;  $H_{г} = 1,5$  м.

Фактическая доза загрузки

$$D_{\phi} = \frac{V_{MT} \times d}{V_{\phi} \times n} = \frac{3021 \times 19}{1600 \times 2} = 17,94 \%. \quad (136)$$

Максимально возможное сбраживание  $R_{lim}$  беззольного вещества загружаемой смеси осадков определяем по формуле (137)

$$R_{lim} = (0,92C_{fat} + 0,62C_{gl} + 0,34C_{prt})100 = (0,92C_{fat} + 0,62C_{gl} + 0,34C_{prt})100 = (0,92*0,25 + 0,62*0,099 + 0,34*0,42)*100 = 43,42 \%$$

Выход газа из метантенков. Принимаем равным 1 г на 1 г распавшегося беззольного вещества осадка. Плотность газа  $p = 1 \text{ кг/м}^3$ . Выход газа в % равен по формуле (14) и данным табл. и 28.

$$R_r = R_{lim} - K_r D_{mi} = 43,42 - 0,17 - 17,94 = 40,37 \%. \quad (15)$$

Таблица 28 Значения коэффициента  $K_r$  от влажности загружаемого осадка

Режим сбраживания	Значения коэффициента $K_r$ при влажности загружаемого осадка				
	93 %	94%	95%	96%	97%
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Удельный выход газа составит:

$$Y = \frac{R_r}{100 * p} = \frac{40,37}{100 * 1} = 0,404 \text{ м}^3 / \text{кг} \quad (137)$$

Количество загружаемого беззольного вещества (в кг)

$$P_{cm} = \frac{Q_{cm} K 1000 \gamma (100 - W_{mudcu})}{100} = \frac{574 * 0,682 * 1000 * 1,02 * (100 - 97,1)}{100} = 11579,6 \text{ кг} \quad (138)$$

где

$K$  - количество беззольного вещества в смеси осадков,  $K=68,2 \%$ ;

$\gamma$  - плотность смеси,  $\gamma = 1,02 \text{ г/см}^3$ ;

$W_{mudcm}$  - влажность смеси,  $W_{mudcm} = 97,1 \%$ .

Съем газа в сутки

$$V_r = P_{cm} Y = 11579,6 - 0,404 = 4678,17 \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (139)$$

Съем газа с одного метантенка в сутки

$$V_r' = \frac{V_r}{n} = \frac{4678,17}{2} = 2339,08 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (140)$$

Определение размеров горловины

а) площадь живого сечения горловины

$$S_{zop} = \frac{V_r'}{Q_r} = \frac{2339,08}{700} = 3,34 \text{ м}^2 \quad (141)$$

где  $Q_r$  - пропускная способность 1 м<sup>2</sup> горловины в м<sup>3</sup>/сут; принимаем  $Q_r = 700 \text{ м}^3 / \text{сут}$  на м<sup>2</sup>;

б) диаметр горловины

$$d_r = \sqrt{\frac{4S_{zop}}{p}} = \sqrt{\frac{4 * 3,34}{3,14}} = 2,05 \text{ м} \quad (142)$$

Теплотехнический расчет

а) расход тепла на обогрев свежего осадка

$$G_{об} = (1+K)Q_{cm}C_T(t_{сб}-t_{вк})1000 = (1+0,1)574 * 4,19(53-13)1000 = 105822600 \text{ ккал/сут}, \quad (143)$$

где

$K = 0,1$  - коэффициент, учитывающий потери тепла через стенки, днище и перекрытие метантенков при емкости  $V_{MT}=1000 \text{ м}^3$ ,  $K=0,09$ ; более  $1100 \text{ м}^3$  -  $K=0,10$ ;

$C_T=4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}^\circ\text{К})$  - теплоемкость осадка;

$t_{сб}=53^\circ$  и  $t_{ВХ}=13^\circ$  - соответственно температура в метантенке и температура поступающего осадка,  $^\circ\text{С}$ .

б) компенсация теплопотерь всего объема (за вычетом добавки свежего осадка), принимается охлаждение за сутки на  $1^\circ\text{С}$

$$G_{ох} = (V_{ф} - Q_{см}) 1000 \cdot 1 = (3200 - 574) \cdot 1000 \cdot 1 = 2626000 \text{ ккал/сут.} \quad (144)$$

в) общее потребное количество тепла

$$G_M = G_{об} + G_{ох} = 105822600 + 2626000 = 108448600 \text{ ккал/сут.}$$

г) требуемая расчетная теплопроизводительность с учетом КПД котельной установки

$$G_{расч} = \frac{G_T}{\eta} = \frac{108448600}{0,8} = 135560700 \text{ ккал/сут} \quad (145)$$

$\eta = 0,7/0,8$  - КПД котельной установки.

д) расчетное потребное количество пара при теплоотдаче  $1 \text{ кг}$  пара  $550 \text{ ккал}$

$$G_{II} = \frac{G_{расч}}{550} = 246474 \text{ кг/сут} = 246,474 \text{ т/сут} \quad (146)$$

е) количество тепла, выделяемое при сжигании газа при теплотворной способности газа  $5000 \text{ ккал}/\text{м}^3$

$$G_T = V_T 5000 = 4678,17 \cdot 5000 = 23390850 \text{ ккал/сут}, \quad (147)$$

$G_T < G_p$ ;  $23390850 < 135560700 \text{ ккал/сут}$ .

Количества тепла, получаемого при сжигании газа, образующегося в метантенках, недостаточно для поддержания термофильного брожения в них.

Газгольдеры.

Газ, получаемый в результате сбраживания осадков в метантенках, надлежит использовать в теплоэнергетическом хозяйстве очистной станции.

Для регулирования давления и хранения газа следует предусматривать мокрые газгольдеры, емкость которых рассчитывается на двух- четырехчасовой выход газа; давление под колпаком  $1,5-2,5 \text{ КПа}$  ( $150/250 \text{ мм вод. ст}$ ).

Таблица 29 Основные данные газгольдеров

Номер п.п.	Объем газгольдера $\text{м}^3$	Внутренний диаметр, мм		Высота, мм			Расход металла. т
		резервуара	колокола	газголь-дера	резервуара	колокола	
7-07-01/66	100	7400	6600	7450	3450	3400	14
7-07-02/66	300	9300	8500	12500	5920	6880	25
7-07-03/66	600	11480	10680	15400	7390	7610	41,4

707-2-5	1000	14500	13700	15400	7390	7610	53
707-2-6	3000	21050	20250	20100	9800	9900	126
707-2-7	6000	26900	26100	24200	11750	12050	192

Пример расчета. Подобрать газгольдеры на основе данных вышеприведенного примера расчета метантенков.

Определение емкости газгольдеров

$$V_{zz} = \frac{V_r \tau}{24} = \frac{4678,17 \cdot 3}{24} = 548,78 \text{ м}^3 \quad (148)$$

где  $\tau = 3$  ч - время выхода газа.

Принимаем один газгольдер емкостью 600 м<sup>3</sup> по т.п. 7-07-03/66 по табл. 27.

## 1.6.Обезвоживание. Виброфильтры

### 1.6.1. Общие положения

Виброфильтры применяются преимущественно для обезвоживания быстро расслаивающихся осадков, например, осадков газоочистки доменного и конверторного производства. Применение этих фильтров для обработки осадков сточных вод ограничено из-за относительно высокой конечной влажности сброженного осадка и низкой эффективности задержания сухого вещества. В основном они используются на станциях очистки вод животноводческих комплексов для предварительного разделения навозных стоков, а также для защиты фильтровального оборудования и теплообменников от засорения крупными частицами.

В качестве безнапорных виброфильтров для обработки осадков городских сточных вод могут использоваться вибрационные грохоты, после замены на них просеивающей поверхности фильтровальной сеткой с размером отверстия 0,1.. .3 мм.

Для уменьшения потерь твердой среды с фильтратом разделение осадка на виброгрохотах целесообразно производить в две стадии. При этом сгущение (I стадия) идет при частоте 20-50 Гц и ускорении 10-50 м/с<sup>2</sup>, а обезвоживание (II стадия) — при тех же значениях частоты и колебания и ускорении до 98,1 м/с<sup>2</sup>.

Технологические показатели работы виброфильтра при обезвоживании осадков городских станций аэрации приведены в табл. 30. Таблица 30 Технологические показатели виброфильтрования осадка на безнапорных виброфильтрах (виброгрохотах) в две стадии

Вид осадка	Начальная влажность, в %	Сгущение 1 стадия		Обезвоживание – 2 стадия		Потери твердой фазы с фильтратом, %
		Конечная влажность, %	Производительность на 1 м <sup>2</sup> фильтра, кг/ч	Конечная влажность, %	Производительность на 1 м <sup>2</sup> фильтра, кг/ч	
Из первичных отстойников	94 – 95	89 – 90	10 – 15	84 – 87	5 – 10	30 – 50
Активный ил	99,3 – 99,5	95,9 - 97	8 - 10	93 - 95	3 - 5	20 - 40

В связи с большим содержанием взвешенных веществ в фильтрате после обезвоживания на виброгрохотах необходимо предусматривать обработку фильтрата, аналогичную обработке фугата при безреагентном обезвоживании осадков на центрифуге.

Основные технические данные виброгрохотов приведены в табл. 31.

Таблица 31 Техническая характеристика вибрационных грохотов

Марка грохота	Условная ширина сита, мм	Длина сита, мм	Число ярусов	Мощность двигателя, кВт
ГИЛ - 32А	1250	2500	2	2,5
ГИЛ - 32	1250	4000	2	4
ГИЛ - 42А	1500	3000	2	5
ГИЛ - 52	1750	4500	2	10

Схема виброгрохота ГИЛ – 32 представлена на рисунке 8

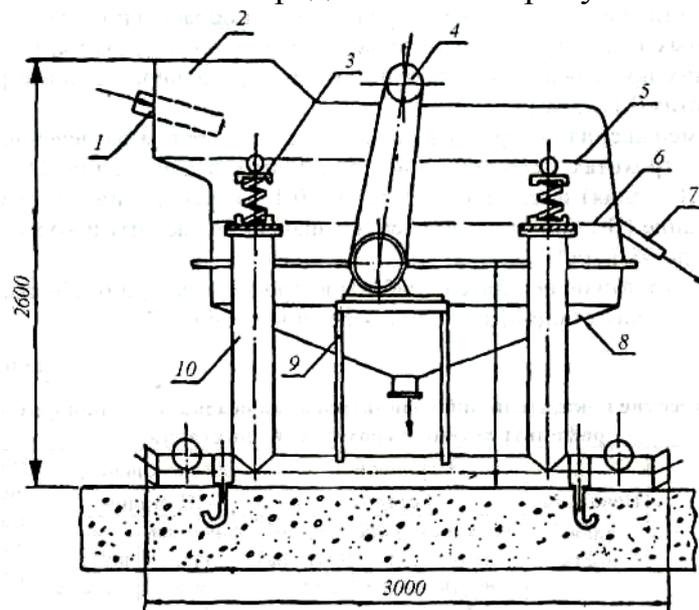


Рис. 8. Схема виброгрохота ГИЛ-32:

1 - распределительный лоток; 2 - короб; 3 - амортизатор; 4 - вибратор; 5 - сито верхнее; 6 - сито нижнее; 7 - лоток отвода твердой фракции; 8 - поддон; 9 - электродвигатель; 10 - поддерживающая рама

Виброгрохот работает следующим образом. Исходная масса через распределительный лоток - 1, служащий для равномерной загрузки фильтрующего элемента, по всей ширине подается на верхнее сито - 5 и под действием инертных сил передвигается вдоль него к лотку для отвода твердой фракции - 7. В то же время часть осадка проходит через отверстия в верхнем сите и попадает на вибрирующее нижнее сито - 6, имеющее ячейки меньшего размера. Фильтрат собирается в поддоне - 8, из которого отводится по трубе в сборник фильтрата. Обезвоженный осадок с верхнего и нижнего сит по вибрирующему лотку подается на дальнейшую обработку.

### 1.6.2. Пример расчета виброфильтров

Подобрать виброгрохоты для обезвоживания осадка станции производительностью 25000 м<sup>3</sup>/сут. Количество осадка по сухому веществу  $G_{\text{муд}} = 16,1$  т/сут, влажность  $W_{\text{муд ен}} = 95$  %.

Требуемая площадь при сгущении смеси (1 стадия)

$$F' = \frac{G_{mud}}{q_{hc} \cdot 24} = \frac{16,1 \cdot 10^3}{10 \cdot 24} = 67,1 \text{ м}^2, \text{ где } q_{hc} = 10 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч.} \quad (149)$$

Требуемая площадь при обезвоживании (II стадия)

$$F'' = \frac{G_{mud} \cdot \Theta}{q_{hc}'' \cdot 24} = \frac{16,1 \cdot 10^3 \cdot 0,45}{5 \cdot 24} = 60,4 \text{ м}^2, \text{ где } q_{hc}'' = 5 \text{ кг/м}^2; \Theta = 0,45. \quad (150)$$

Площадь фильтрования одного виброгрохота

$$S' = 2 \cdot 1,25 \cdot 4,0 = 9 \text{ м}^2,$$

где 2 — число сит; 4 — длина сита, м; 1,25 — ширина сита, м.

Количество виброфильтров

$$\text{на первую стадию } n_1 = \frac{F'}{S'} = \frac{67,1}{9} = 8 \text{ шт.}; \quad (151)$$

$$\text{на вторую стадию } n_2 = \frac{F''}{S''} = \frac{60,4}{4} = 7 \text{ шт.} \quad (152)$$

Принимаем к установке 15 виброгрохотов марки ГИЛ-32.

Количество обезвоженного осадка

$$q_{mud} = G_{mud} \cdot \Theta \cdot \frac{100 - W_{mud,ex}}{100} = 16,1 \cdot 0,45 \cdot \frac{100 - 85}{100} = 48,3 \text{ м}^3/\text{сут}, \text{ где } W_{mud,ex} = 85\%. \quad (153)$$

Объем фильтра

$$q_f = \frac{G_{mud} \cdot 100}{100 - W_{mud,en}} - q_{mud} = \frac{16,1 \cdot 100}{100 - 95} - 48,3 = 274,7 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (154)$$

Концентрация сухого вещества в фильтрате

$$C_f = \frac{0,5 - G_{mud} \cdot 1000}{q_f} = \frac{0,5 \cdot 16,1 \cdot 1000}{274,7} = 29,3 \text{ г/л}. \quad (155)$$

## 1.7. Иловые площадки

### 1.7.1. Общие положения

Допускается проектировать на естественном основании с дренажем и без дренажа, на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем, каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды, площадки-уплотнители.

Примечание. Нагрузки на иловые площадки в других климатических условиях следует определять с учетом климатического коэффициента, приведенного в СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. — Канализация. Наружные сети и сооружения.

При проектировании иловых площадок:

- должны предусматриваться дороги со съездами на карты для автотранспорта и средств механизации (для обеспечения механизированной уборки);
- рабочую глубину карт на естественном основании принимать 0,7 — 1,0 м, высоту оградительных валиков на 0,3 м выше рабочего уровня;

ширину валиков поверху не менее 0,7 м, при использовании механизмов 1,8-2,0 м; уклон дна разводящих труб и лотков — по расчету, но не менее 0,01; количество карт не менее 4;

- иловые площадки на естественном основании допускается проектировать при условии залегания грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и только при возможности фильтрации иловых вод в грунт;
- подачу иловой воды с иловых площадок передавать на очистные сооружения с дополнительных загрязняющих веществ, поступающих с ней; количество дополнительных загрязнений — по взвешенным веществам 1000 — 2000 мг/л, по БПК<sub>полн</sub> 1000-2000 мг/л (большие значения для площадок уплотнителей, меньшие — для других типов); иловая вода из уплотнителей аэробно-стабилизированного осадка должна направляться в аэротенки;
- ее загрязнения следует принимать по БПК<sub>полн</sub> 200 мг/л, по взвешенным веществам до 100 мг/л; влажность уплотненного осадка 96,5 — 98,5 % п.6.367 СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. — Канализация. Наружные сети и сооружения.

Допускается предусматривать иловые площадки-уплотнители рабочей глубиной до 2 м в виде прямоугольных карт-резервуаров с водонепроницаемыми днищами и стенками. Для выпуска иловой воды вдоль продольных стен предусматривать отверстия с шиберами. Следует предусматривать:

- ширину карт 9 - 18 м; расстояние между выпусками не более 18 м;
- устройство пандусов для возможности механизированной уборки высушенного осадка.

Площадь иловых площадок следует проверять на намораживание (80 %, остальные 20 % использовать во время весеннего таяния намороженного осадка). Продолжительность намораживания принимать равной количеству дней со среднесуточной  $t$  воздуха ниже — 10 °С; количество намороженного осадка следует принимать 75% от поданного на иловые площадки на период намораживания. Высоту намороженного слоя принимать на 0.1 м менее высоты валика. Дно разводящих труб или лотков — выше горизонта намораживания. Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10 % площади карты. Твердое покрытие иловых площадок необходимо устраивать из двух слоев асфальта.

### **1.7.2. Пример расчета иловых площадок с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды**

Запроектировать иловые площадки для станции с производительностью по осадку 185 м<sup>3</sup>/сут. Осадок представляет собой смесь сырого осадка и аэробностабилизированного активного ила. Влажность 94,6 %. Грунты на

территории станции — суглинки. Населенный пункт расположен в Нижегородской области.

Количество ила, подаваемого на иловые площадки

$$Q = Q_{\text{сут}} \cdot 365 = 185 \cdot 365 = 67525 \text{ м}^3/\text{г}. \quad (156)$$

Расчетная нагрузка на иловые площадки.

Принимаем по  $H' = 1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$  в год. С учетом коэффициента  $K = 0,95$ .

$$H = H' \cdot K = 1,5 \cdot 0,95 = 1,42 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ в год}. \quad (157)$$

Расчетная полезная площадь иловых карт

$$F_p = \frac{Q_{\text{ав}}}{H_p} = \frac{67525}{1,42} = 47552 \text{ м}^2 \approx 4,8 \text{ га} \quad (158)$$

Общая площадь карт  $F_{\text{общ}} = 1,2 \cdot F_p = 1,2 \cdot 4,8 = 5,76 \text{ га}$ .

Площадь одной карты, принимаем из условия налива ила на площадку при длине не более 70 м, учитывая, что  $b:l = 1:2$  или  $b:l = 1:2,5$ ;  $b = 35 \text{ м}$ ;  $l = 70 \text{ м}$ ;  $b \cdot l = 35 \cdot 70 = 2450 \text{ м}^2$ .

Необходимое количество карт

$$n = \frac{F_p}{f_p} = \frac{47552}{2450} = 19,4 \text{ карт} \quad (159)$$

Принимаем 20 карт: 4 каскада по 5 карт.

Количество иловой воды принимаем 50 % от среднесуточного количества осадка

$$Q_{\text{ив}} = 0,5 \cdot Q = 0,5 \cdot 185 = 92,5 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (160)$$

Количество загрязнений, поступающих с иловой водой.

По БПК<sub>полн</sub>

$$L = \frac{1500 \times Q_{\text{ив}}}{1000} = \frac{1500 \times 92,5}{1000} = 138,8 \text{ кг / сут}. \quad (161)$$

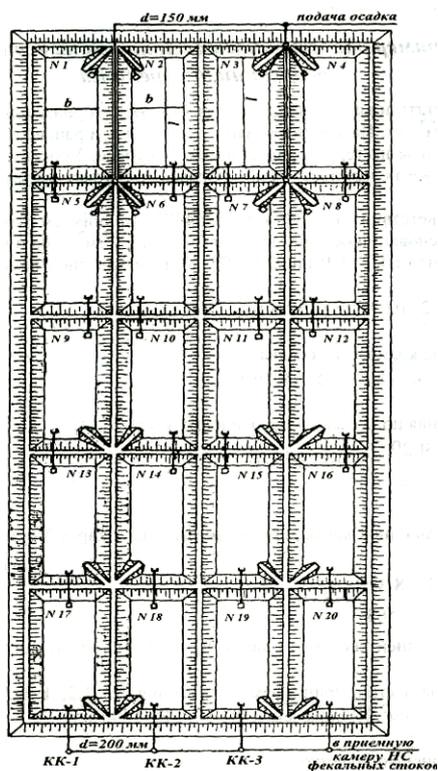


Рис.9. Каскадные иловые площадки

## 1.8. ДЕСТРУКЦИЯ

### 1.8.1. Общие положения

Осадки подвергаются деструкции, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна, территория для их складирования ограничена или отсутствует, а также в тех случаях, когда это допускается санитарно-гигиеническими соображениями. В Японии, Швеции и Голландии считают, что сжигание наиболее полно удовлетворяет требованиям защиты окружающей среды, поскольку в 80-100 раз сокращается объем осадка и достигается его полное обезвреживание.

Технологическое и конструктивное оформление процесса деструкции зависит от условий и режима окисления и разложения осадков сточных вод. Различают следующие способы деструкции:

- окисление органических веществ при температуре 100 - 300°C, давлении выше 0,2 МПа и неполном испарении воды - «мокрое» сжигание или жидкофазное окисление;
- окисление органических веществ в присутствии катализатора при температуре 100 - 500°C, и атмосферном давлении;
- окисление органических веществ в присутствии катализатора при температуре 100 - 500°C, и давлении до 35 МПа
- окисление органических веществ при температуре выше 700°C, и давлении ниже 0,2 МПа кислородом воздуха- сжигание;
- разложение органических веществ при температуре выше 1500-1700°C, в бескислородной или бедной кислородом среде - пиролиз;
- разложение органических веществ при температуре 1500-2700°C, в бескислородной или бедной кислородом среде - газификация;
- разложение органических веществ при температуре до 4500°C, в бескислородной среде - плазменное горение;

Наибольшее распространение при деструкции осадков сточных вод получили процессы сжигания, т.е. окисления и разложения, протекающие в интервале температур 700-1500°C.

Процесс сжигания осадков в печах можно условно разделить на следующие стадии:

- нагревание;
- сушка;
- отгонка летучих веществ;
- сжигание горючей органической части и выгорание остатков углерода.

На нагревание осадка до температуры 100°C, затем на его сушку при температуре около 200°C расходуется основное количество тепла и основное время. Эти параметры также влияют на выбор габаритов основного и вспомогательного оборудования, а следовательно, определяют стоимость и технико-экономические показатели в целом. При испарении влаги в зоне сушки вместе с водяным паром происходит отгонка летучих веществ, чем иногда обуславливается неприятный запах.

Возгорание осадка происходит при температуре 200-500°C вследствие тепловой радиации факела и раскаленных стенок камеры

сжигания, а также конвекционной теплопередачи дымовых газов. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением до температуры, при которой золу можно вывозить за пределы площадки.

Расчетная температура в топке печи при сжигании не должна превышать температуру плавления золы (обычно около 1050°C) и должна быть не ниже 700°C, при которой обеспечивается надежная дезодорация газов.

При проектировании установок для сжигания осадков следует добиваться полноты сгорания органической части осадка, исключая выбросы диоксинов в атмосферу, и утилизации тепла уходящих газов.

В настоящее время основное распространение получили печи кипящего слоя, многоподовые и вращающиеся барабанные печи.

#### Установки с печами кипящего слоя

Установки с печами кипящего слоя (КС) хорошо известны в технологии сушки и обжига в различных отраслях промышленности. Печь, представляющая собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри шамотным кирпичом или жаропрочным бетоном, состоит из цилиндрической топочной камеры и нижней конусной части с воздухораспределительной беспровальной решеткой. Вверху печь заканчивается куполообразным сводом. На решетку наносится слой толщиной 0,8-1 м термически стойкого кварцевого песка фракции 0,6-2,5 мм.

Кипящий (псевдооживленный) слой в печи образуется при продувании воздуха через распределительную решетку со скоростью, при которой части песка турбулентно перемещаются и как бы кипят в газовом потоке. Воздух нагнетается воздуходувкой в рекуператор, в котором подогревается отходящими из печи дымовыми газами до температуры 600-700°C, и затем поступает под распределительную решетку под давлением 12-15кПа.

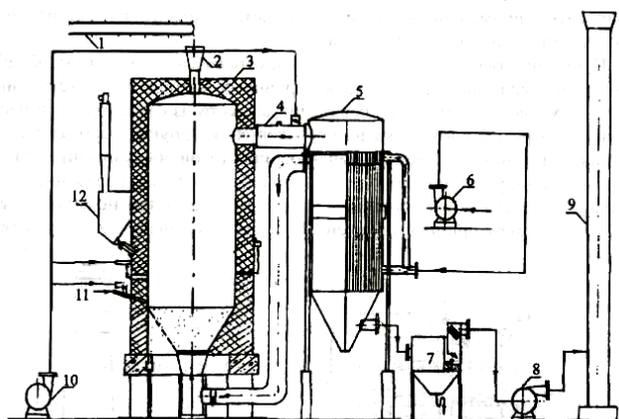
На рис. 10 показана схема установки с печью кипящего слоя по проекту «Мосводоканалпроекта». Обезвоженный осадок с влажностью 60-75 % транспортером подается через загрузочный бункер и шнековый питатель в печь. Проходя через топочную камеру, температура в которой 900-1000°C, осадок подсушивается и рассредоточивается в кипящем слое, где происходит его интенсивное перемешивание с раскаленным кварцевым песком, а также измельчение агломератов осадка, мгновенное испарение влаги, выделение летучих органических веществ, сгорание коксового остатка и обжиг минеральной части.

Весь процесс вследствие интенсивного массо - и теплообмена длится не более 1-2 мин. Летучая часть горючей массы осадка полностью выгорает над кипящим слоем, в результате чего температура газа повышается. Первоначальная загрузка и последующее поддержание заданного уровня песка на решетке осуществляется через шлюзовой питатель. Песок, при необходимости его замены, может выгружаться снизу решетки через специальный шлюзовой затвор.

Мелкая зола и пыль выносятся из печи с потоком отходящих газов, которые поступают в рекуператор (воздухонагреватель). Для снижения температуры дымовых газов до 900°С перед входом в рекуператор предусматривается принудительная подача холодного воздуха, количество которого регулируется системой автоматики. Нагнетаемый под давлением воздух проходит в межтрубном пространстве рекуператора и перемешивается по принципу перекрестного противотока, для чего межтрубное пространство рекуператора по высоте разделено перегородками.

Нагретый воздух, проходя через решетку сети КС с расчетной скоростью, обеспечивает псевдоожижение слоя и поддержание в нем необходимой температуры горения. В том случае, когда собственной теплоты сгорания органической части осадка недостаточно для поддержания процесса горения, в печь через боковые горелки вводится дополнительное топливо.

Запыленные дымовые газы, охлажденные в рекуператоре, направляются на мокрую пылеочистку, где освобождаются от золы и пыли и выбрасываются в атмосферу.



**Рис. 10. Схема установки печи кипящего слоя:**

1 - транспортер, 2 - печь, 3 - бункер, 4 - газоход, 5 - воздухоподогреватель, 6 - воздуходувка, 7 - золоуловитель, 8 - дымосос, 9 - труба, 10 - вентилятор, 11 - горелка, 12 - песковой бункер

#### Установки с многоподовыми печами

Принципиальная схема установки с многоподовой печью (МП) приведена на рис. 11. Корпусом печи является вертикальный стальной цилиндр диаметром 6-8 м, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом или жаропрочным бетоном. Топочное пространство печи делится по высоте на семь-девять горизонтальных огнеупорных подов. Через центр печи проходит вертикальный вращающийся вал, на котором радиально укреплены горизонтальные фермы гребковых устройств, отлитые из жаропрочного чугуна. Каждый под имеет пересыпные отверстия, расположенные у одного пода по периферии, а у другого, нижележащего - в центральной части.

Осадок подается транспортером через загрузочный люк в верхнюю камеру печи, перемещается гребками к пересыпному отверстию,

сбрасывается на нижележащий под, вновь перемещается и т.д. Таким образом обеспечивается непрерывное движение массы осадка навстречу горячим топочным газам. Применение гребковых механизмов для перемешивания и измельчения осадков способствует интенсификации процессов сушки и горения. Вертикальный вал и фермы гребковых механизмов выполняются полыми и охлаждаются воздухом, подаваемым вентилятором. Часть этого воздуха по специальному воздуховоду подается в зону охлаждения золы и далее в зону сжигания осадка.

Многоподовые печи работают с подачей примерно 50 % избыточного воздуха. Количество подаваемого воздуха обычно регулируется автоматически с использованием анализаторов кислорода, контролирующих его концентрацию в дымовых газах.

Вертикальные камеры печи являются зоной сушки влажного осадка, где происходит испарение основной части влаги. В средних камерах органические вещества осадка сгорают при температуре 600-900°C, в нижних - зола охлаждается перед сбросом в зольный бункер.

Зола из бункеров многоподовой печи может транспортироваться как в сухом виде - пневмотранспортером и периодически на золоотвал, так и в мокром, см. рис. 11 — вместе с золой пылеуловителя на иловые площадки.

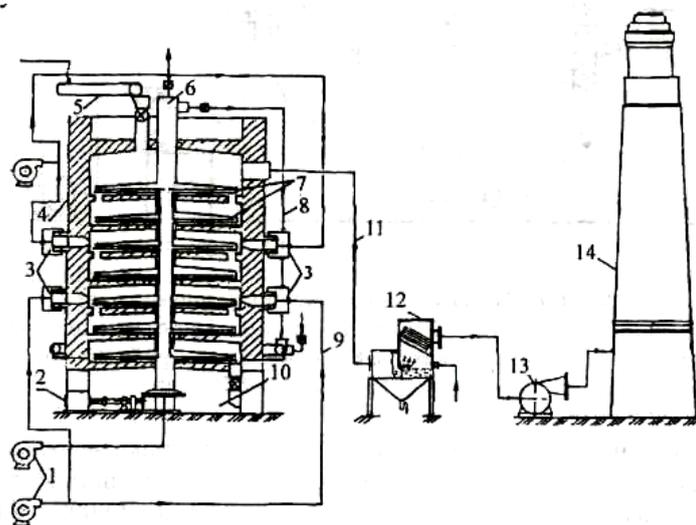
Встречное движение влажного осадка и горючих топочных газов в зоне сушки способствует охлаждению газов до температуры 250-300°C. Газы отводятся в мокрый пылеуловитель и дымососом выбрасываются в атмосферу.

Для розжига, а также поддержания устойчивой работы, печь снабжена тремя-четырьмя выносными топками, оборудованными горелками с принудительной подачей воздуха.

Летучие вещества на ранних стадиях сушки почти отсутствуют. Интенсивное их выделение происходит в непосредственной близости от зоны горения основной массы осадка, где они успевают сгореть практически полностью. По зарубежным данным, при нормальной эксплуатации печи дымовые газы почти не имеют неприятных запахов.

В случае необходимости влажный газ после зоны сушки можно дезодорировать с применением специальной камеры дожигания, устанавливаемой или отдельно, или в самой печи.

К достоинствам многоподовых печей относятся возможность обработки (сушки и сжигания) как осадков первичных и вторичных отстойников, так и отбросов с решеток, всплывающих веществ из отстойников и нефтеловушек, загрязненного песка из песколовок и других промышленных отходов. Многоподовые печи отличаются простотой обслуживания, а также надежностью и устойчивостью работы при значительных колебаниях количества и качества обрабатываемых осадков. Отмечается небольшой унос пыли в атмосферу при работе печей. Печи могут устанавливаться на открытом воздухе.



**Рис. 11. Схема установки многоподовой печи:**

1- вентиляторы, 2 - привод вала, 3 - выносные топки, 4 - печь, 5 - загрузочное устройство, 6 - центральный вал, 7 - скребковый механизм, 8 - рециркуляционный трубопровод горящих газов, 9 - кольцевой коллектор, 10 - зольный бункер, 11 - газоход, 12 - мокрый пылеуловитель, 13 - дымосос, 14 - дымовая труба

К недостаткам многоподовых печей относятся: сравнительно высокая строительная стоимость, большие габариты, наличие вращающихся механизмов в высокотемпературной зоне, частый выход из строя гребковых устройств.

Техническая характеристика многоподовой печи. Температура воздуха и газов, °С:

- на входе в печь....200
- в зоне охлаждения золы.. ..300
- в зоне горения..... 800-950
- в зоне сушки.....250-350

Нагрузка по испаряемой влаге на 1 м<sup>3</sup> объема сушильной зоны, кг/ч ..... 60

Унос золы с отходящими газами, % .... 5-8

Удельный расход на 1 кг испаряемой влаги:

- тепла,МДж..... 3,8-4,8
- электроэнергии, кВт-ч.....0,03-0,04

Расчет печи сводится к определению материального и теплового балансов процессов сжигания осадка, установлению геометрических размеров элементов печи, количества дополнительного топлива, воздуха и дымовых газов. Размеры печи КС определяют исходя из объема сжигаемого осадка и скорости воздуха в распределительной решетке. Эта скорость зависит от гидродинамического режима работы печи и принятой крупности песка, а также свойств обжигаемого осадка (влажности, зольности, дисперсности золы). Количество воздуха, необходимого для полного окисления органического вещества осадка, находят из его элементного состава.

## 1.9. УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

### 1.9.1. Общие положения

Среди многочисленных экологических проблем в Российской Федерации проблема осадков сточных вод является одной из наиболее важных. Сложность состоит не только в технологической стороне вопроса, но и в законодательной базе. Предъявляя все более жесткие требования к качеству очистки сточных вод, законодательство не регламентирует вопросы переработки и утилизации осадков. Результатом этого является вторичное загрязнение окружающей среды на стадии неопределенно долгого хранения.

Вопрос утилизации обезвоженных осадков сточных вод поднимался российскими учеными еще в 1914 году, их рекомендовалось использовать как удобрение или топливо. В настоящее время накоплен значительный опыт по использованию осадков городских и производственных сточных вод. Определены основные направления утилизации осадков представленные на рис. 12

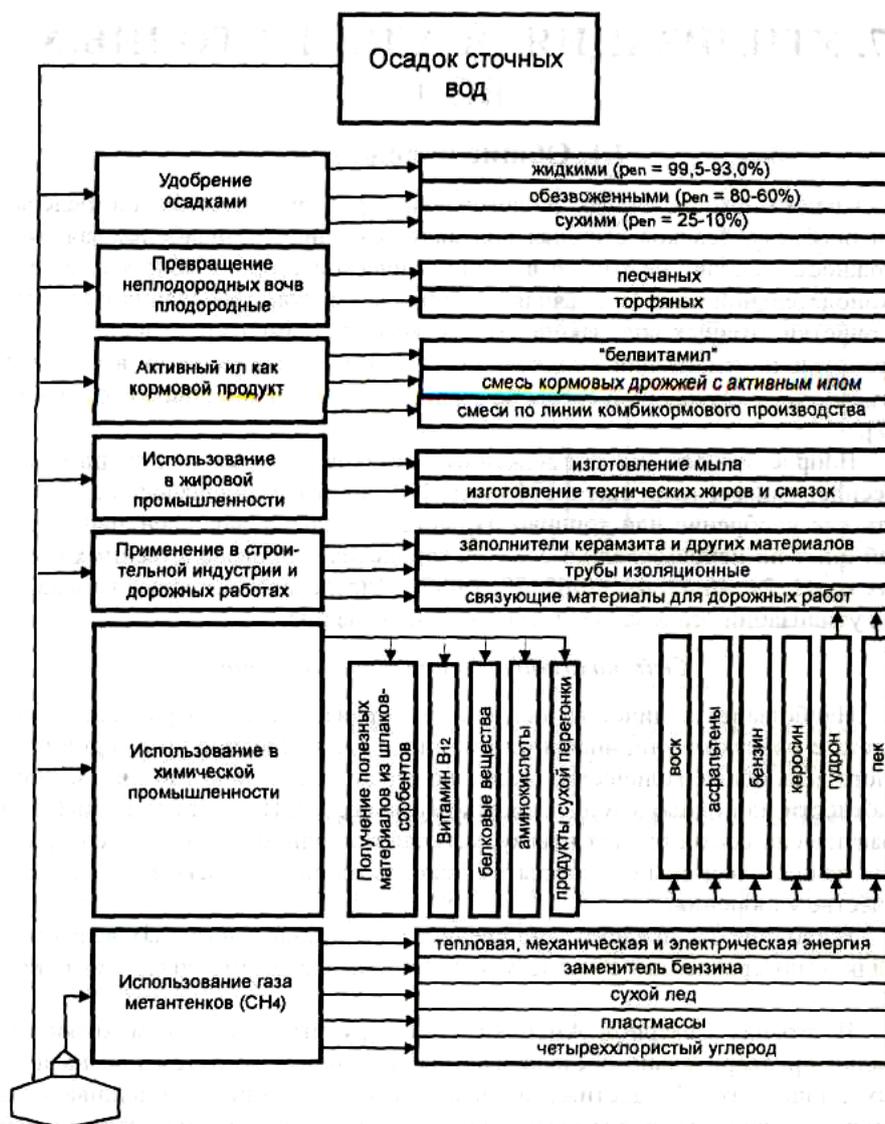


Рис. 12. Основные направления утилизации осадков сточных вод

### 1.9.2. Пример расчета

Рассчитать количество азота, вносимого с осадком муниципальных сточных вод, для рекультивации территории лесопарковой зоны.

Исходные данные по осадку: доля общего (N) и органического (F) азота в сухом веществе осадка соответственно - 0,05 и 0,7; доля неорганического азота, вымываемого из осадка (v) - 0,5; доля вносимого осадка, минерализующаяся в течение первого года после обработки (a) - 0,2; доля сухого вещества осадка (s) — 0,04. Исходные данные по гидрологическим и метеоусловиям в районе лесопарковой зоны: концентрация нитратов в грунтовых водах ( $n_s$ ) - 10 мг/л; слой осадков на территории лесопарковой зоны, выпавших за год ( $W^b$ ) - 10 см; количество азота, поступающего из атмосферы (A) - 12 кг/га. Исходные данные по составу почвы: суммарная потребность земли лесопарковой зоны в азоте ( $C_p$ ) - 60 кг/га; степень ежегодной минерализации почвы лесопарковой зоны (т) - 0,053. Осадок вносился в землю в течение 3 лет.

Определяем параметр  $\alpha$  по формуле (41)

$$\alpha = N((1 - v) (1 - F) + a F), \quad (162)$$

$$\alpha = 1000 N ((1-v) (1 - F) + a F) = 1000 \cdot 0,05 \cdot ((1 - 0,5) \cdot (1-0,7) + 0,2 \cdot 0,7) = 14,5$$

Определяем параметр  $\beta$  по формуле (163)

$$\beta = (1 - a) N F, \quad (163)$$

$$\beta = 1000 (1-a) N F = 1000 \cdot (1-0,2) \cdot 0,05 \cdot 0,7 = 28$$

По формуле 43 определяем массу осадка по сухому веществу, которую необходимо внести в течение года:

$$X = \frac{\frac{n_s}{10} W^b + C_p - A}{\frac{\beta \cdot m(1-m)^2}{1-(1-m)^n} + \alpha - \frac{n_s}{10} \left( \frac{1-s}{100s} \right)} = \frac{\frac{10}{10} \cdot 10 + 60 - 12}{\frac{28 \cdot 0,053 \cdot (1-0,053)^2}{1-(1-0,053)^3} + 14,5 - \frac{10}{10} \cdot \left( \frac{1-0,04}{100 \cdot 0,04} \right)} = 2,5 \text{ м/га} \quad (164)$$

Таким образом, для рекультивации земли лесопарковой зоны требуется внести 2,5 тонны осадка на гектар площади рекультивируемых земель.

### 2.3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Задание 1. В условиях примера 1 провести расчет радиального илоуплотнителя по данным, представленным в таблице 33.

Таблица 33.

Величины	Номера заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$L_t$ , мг/л	20	25	30	40	50	60	75	80	90	100
C, г/л	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Q, м <sup>3</sup> /сут	50000	55000	60000	65000	70000	75000	85000	90000	95000	98000

Задание 2. В условиях примера 2 провести расчет септика по данным, представленным в таблице 34.

Таблица 34.

Величины	Номера заданий									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№, чел	3	4	5	6	8	9	10	11	12	20

Задание 3. В условиях примера 3 провести расчет метантенка при термофильном сбраживании по данным, представленным в таблице 35.

Таблица 35.

Величины	Номера заданий									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$Q_{см}, м^3/сут$	200	350	400	450	500	550	600	750	900	100
Влажность загружаемого осадка в %	93	94	95	96	97	93	94	95	96	97

Задание 4. В условиях примера 4 провести расчет виброфильтров по данным, представленным в таблице 36

Таблица 36

Величины	Номера заданий									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$G_{муд}, т/сут$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$W_{муд ен}$	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98

Задание 5. В условиях примера 5 провести расчет иловых площадок по данным, представленным в таблице 37

Таблица 37

Величины	Номера заданий									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$Q_{сут} м^3/сут$	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260

Задание 6. В условиях примера 6 провести расчет количества азота для рекультивации территории по данным, представленным в таблице 38

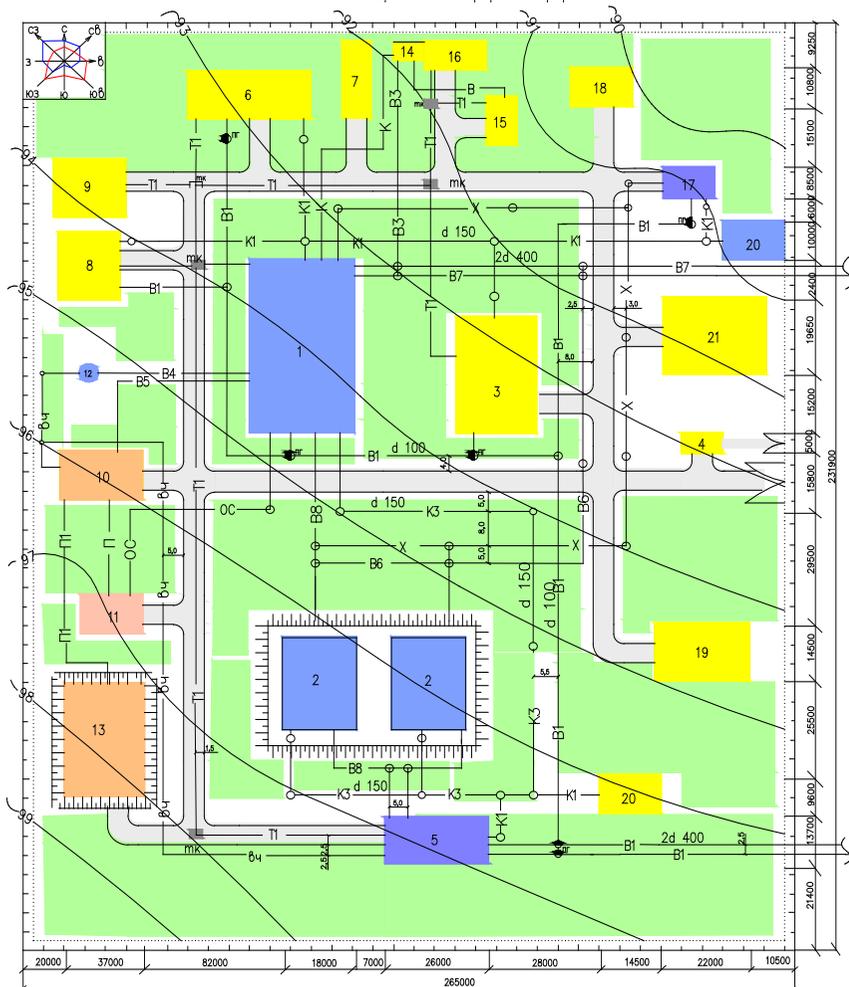
Таблица 38

Величины	Номера заданий									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
$C_p, кг/га$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
N	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
F	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,4
$W^b, см$	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

# Приложение 1

## ЭКСПЛИКАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ГЕНПЛАН СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ М 1:500



ПОЗ	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ-ВО	ПРИМЕЧАНИЕ
1	Блок основных сооружений	1	
2	Резервуар чистой воды	2	
3	Административный корпус	1	
4	Проходная	1	
5	Насосная станция 2 подъема	1	
6	Котельная	1	
7	Склад угля	1	
8	Мастерская	1	
9	Складское помещение	1	
10	Сооружения по приему и отстаиванию промывной воды	1	
11	Сооружения по обработке осадка	1	
12	Бак хранения промывной воды	1	
13	Песковая площадка	1	
14	Реагентное хозяйство	1	
15	Воздуховдная станция	1	
16	Склад реагента	1	
17	Хлораторная	1	
18	Склад хлора	1	
19	Трансформаторная	1	
20	Выгреб	2	
21	Стоянка	1	

Условные обозначения

- К1 - хозяйственно-фекальная канализация
- К3 - производственная канализация
- Т1 - теплосеть
- В - подача воздуха
- В1 - хоз.- противопожарный водопровод
- В3 - трубопровод подачи воды
- В4 - трубопровод подачи промывной воды
- В5 - трубопровод возвр. промывной воды
- В6 - аварийный трубопровод
- В7 - водопровод сырой воды
- В8 - водопровод фильтровальной воды
- П1 - песковод
- ОС - отвод осадка
- К - линия подачи коагулянта
- а - трубопровод для аммиачной воды
- П - трубопровод для промывной воды
- В - воздух
- К3 - производственная канализация

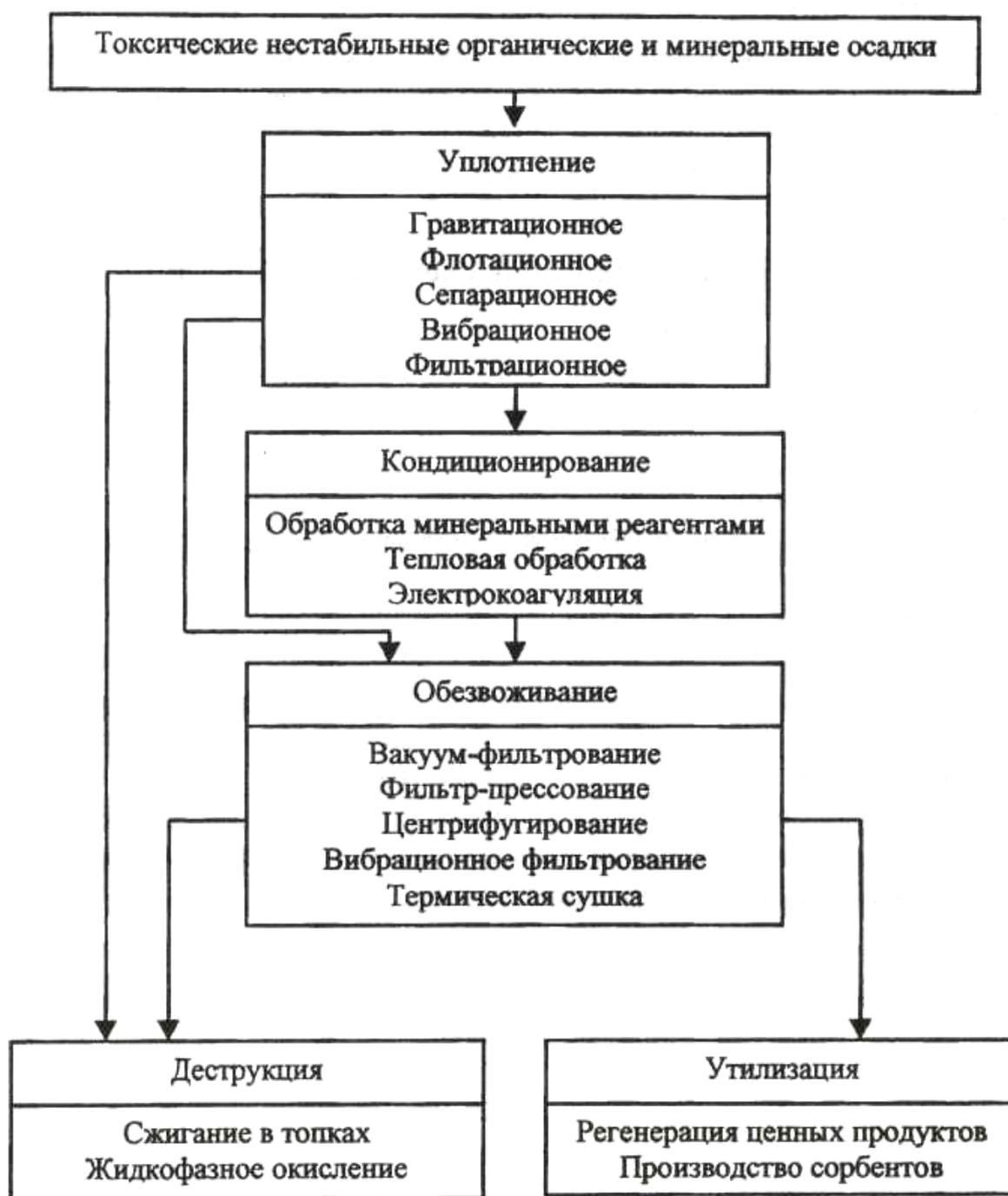


Рис. 13. Принципиальная схема системы обработки токсических нестабильных органических и минеральных осадков

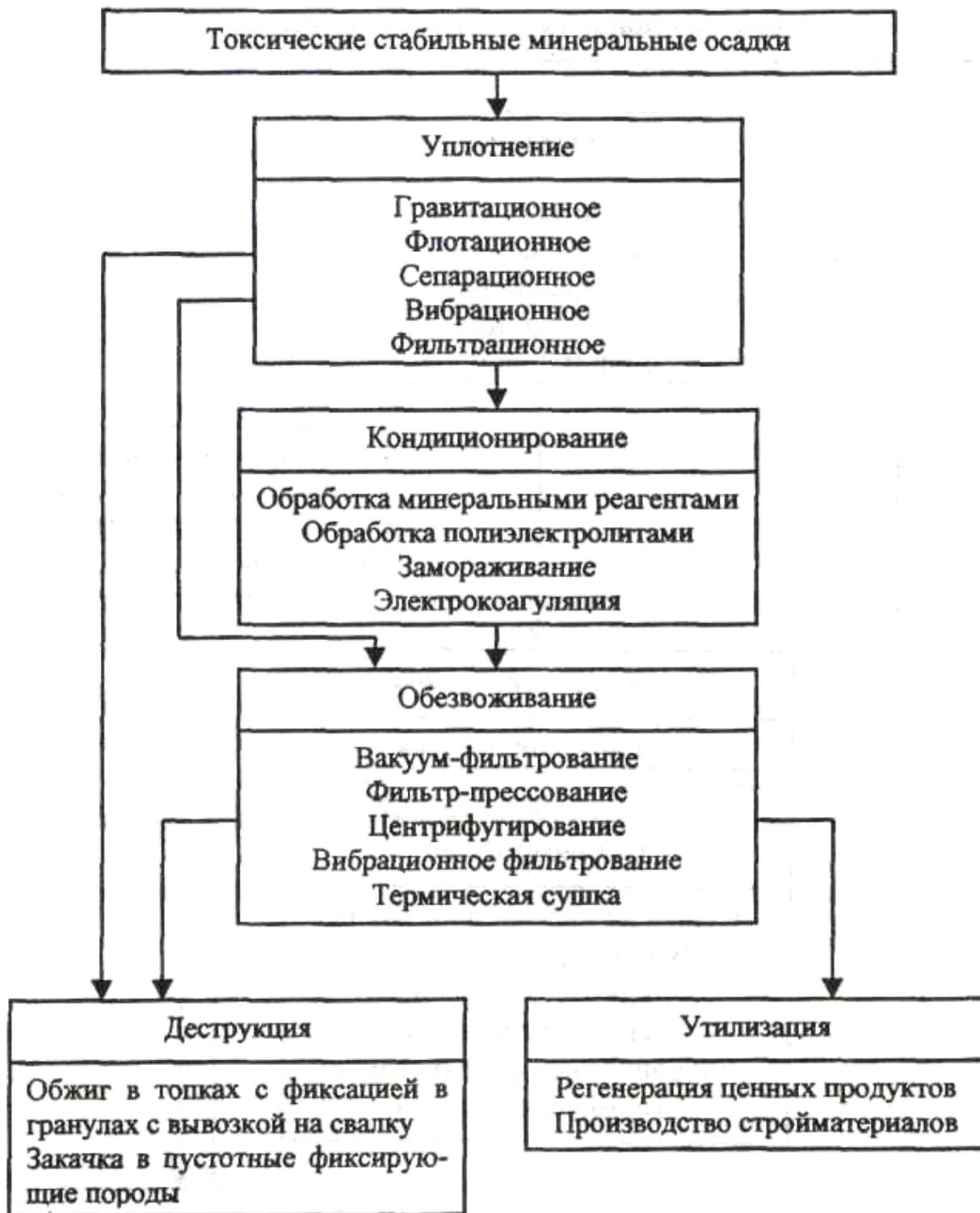


Рис. 14. Принципиальная схема системы обработки токсических стабильных минеральных осадков



Рис. 15. Принципиальная схема системы обработки инертных нестабильных органических осадков



Рис. 16. Принципиальная схема системы обработки инертных стабильных минеральных осадков