

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Вологодский государственный технический университет

А.Г. ГУДКОВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛЫХ ОЧИСТНЫХ
СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ С ИСКУССТВЕННОЙ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКОЙ**

Учебное пособие

**Вологда
2000**

УДК 628.3

Гудков А.Г. Проектирование малых очистных сооружений канализации с искусственной биологической очисткой: Учебное пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2000.- 60 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы проектирования и расчета малогабаритных сооружений и установок для очистки сточных вод малых населенных пунктов. Пособие предназначено для студентов специальности 290800 при подготовке к занятиям по дисциплинам “Технология очистки сточных вод” и “Водоотведение и очистка сточных вод”.

Утверждено издательско-библиотечным советом ВоПИ в качестве учебного пособия.

Рецензенты: Л.А.Коробейникова, докт.пед.наук, проф., ВГПУ
Ю.Р.Приемышев, директор МП “Вологдагорводоканал”

ISBN 5-87851-074-X

© Вологодский государственный
технический университет, 2000
© Гудков А.Г., 1998

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие предназначено для подготовки студентов специальности “Водоснабжение и водоотведение” по дисциплинам “Технология очистки сточных вод” и “Водоотведение и очистка сточных вод”. В пособии содержатся основные материалы по проектированию и расчету сооружений и установок очистки бытовых сточных вод малых населенных пунктов. Приводится справочный материал по наиболее распространенным компактным установкам биологической очистки и типовым проектам на их основе. Кроме того, пособие содержит основные формулы и последовательности расчета решеток, песколовков, отстойников, септиков, аэротенков, регенераторов, биофильтров, циркуляционных окислительных каналов, фильтров и биопрудов.

1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОКОВ

Механическая очистка производится для выделения из сточной воды находящихся в ней нерастворенных крупнодисперсных примесей путем процеживания, отстаивания и фильтрования. Как самостоятельный метод механическую очистку применяют в тех случаях, если достигаемое при ее применении освобождение сточных вод от загрязнений позволяет использовать осветленную воду для тех или иных производственных целей или спускать эти воды в водоем. Во всех других случаях механическая очистка служит предварительной стадией перед биологической очисткой.

На очистных сооружениях малой мощности используют отстойные сооружения в тех случаях, когда обработка большого количества сточных вод с помощью септиков становится невозможной и можно ограничиться лишь механической очисткой. На рис.1 изображена примерная схема сооружений для механической очистки, которая предусматривает обработку стоков последовательно на решетках, песколовках и отстойниках [1]. Осадок сбрасывается в метантенке и подсушивается на иловых площадках.

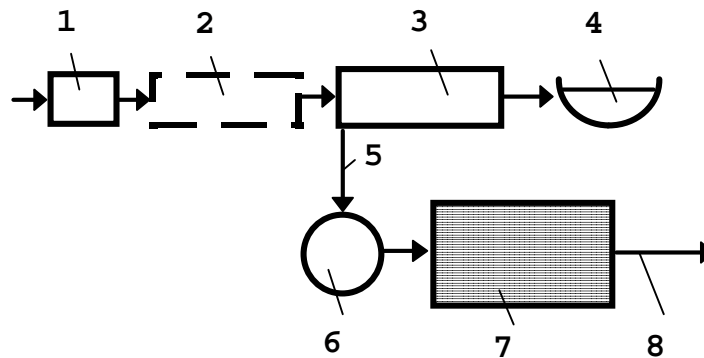


Рис.1. Схема сооружений для механической очистки сточных вод

1 - решетка, 2 - песколовка, 3 - отстойник, 4 - приемный резервуар, 5 - осадок, 6 - метантенк, 7 - сушка осадка на иловых площадках, 8 - использование в сельском хозяйстве

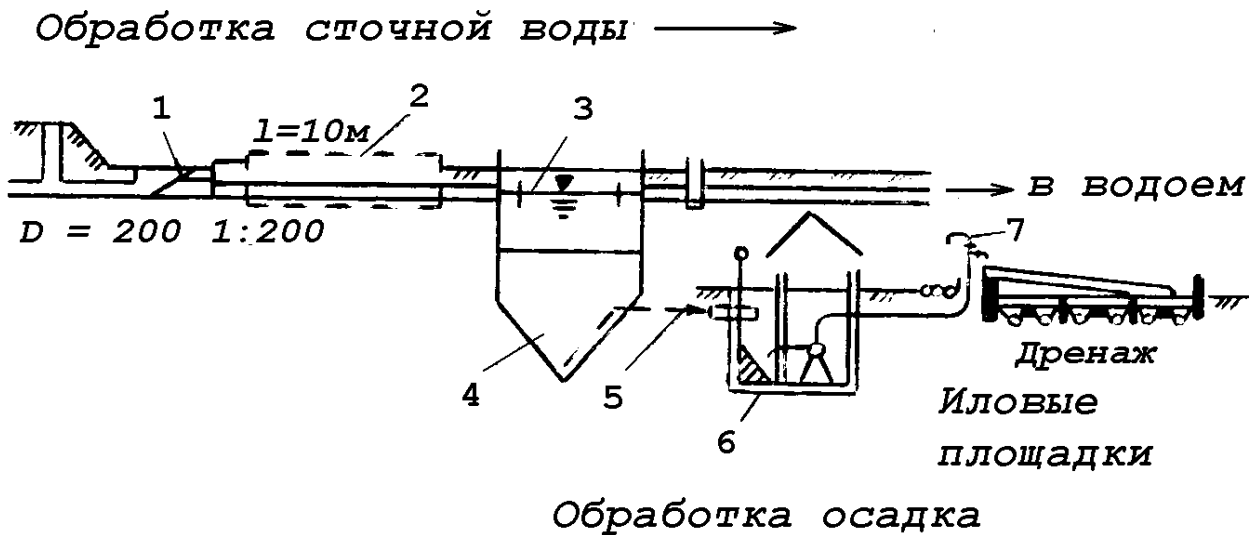


Рис.2. Упрощенная технологическая схема очистки с двухъярусным отстойником
1 - решетка с ручным удалением отбросов, 2 - песколовка, 3 - двухъярусный отстойник, 4 - септическая камера, 5 - сброженный осадок, 6 - насосная станция, 7 - удаление осадка

Во многих случаях для сокращения затрат вместо отстойника и метантенка предусматривают сооружения, в которых одновременно происходят процессы отстаивания и сбраживания - двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели. Упрощенная технологическая схема очистки сточных вод с таким двухъярусным отстойником [1] изображена на рис.2.

1.1. Решетки

Решетки устанавливают для защиты насосов и очистных сооружений от попадания в них крупных плавающих загрязнений. Решетки подразделяются на неподвижные типа МГ и РМУ, подвижные и решетки-дробилки (комминаторы) типа РД. В зависимости от способа удаления задержанных загрязнений решетки бывают простейшие, очищаемые вручную, и механизированные. При количестве отбросов менее $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ применяют простейшие решетки (рис.3).

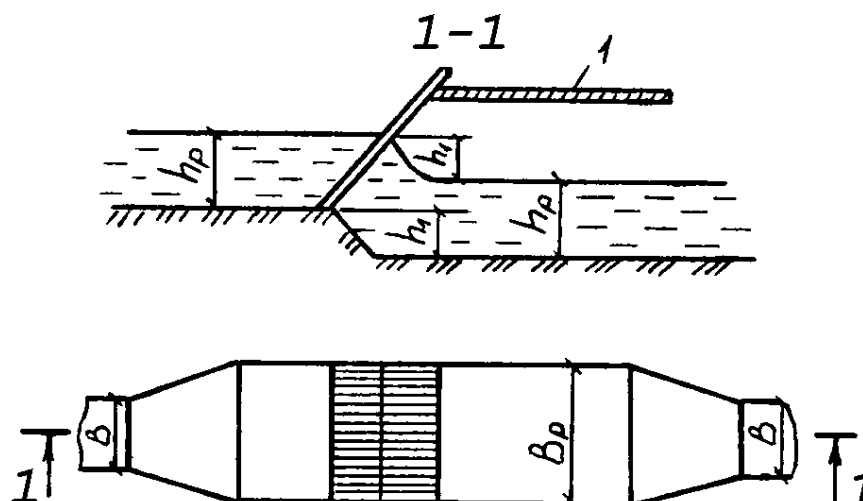


Рис.3. Схема простейшей решетки с ручным удалением отбросов

B - ширина подводящего и отводящего каналов, B_p - ширина решетки, h_p - расчетная глубина воды в подводящем и отводящем каналах, h_1 - потери напора в решетке (0,1...0,4 м), 1 - настил

Решетки-дробилки одновременно задерживают и перемалывают крупные загрязнения. Устанавливаются решетки-дробилки непосредственно на трубопроводе в здании.

Основным элементом решетки является рама, на которой установлен ряд стержней прямоугольной или круглой формы, ширина прозоров между ними составляет 16 мм. Размеры решетки определяют по расходу стоков, ширине прозоров и стержней, а также средней скорости прохождения воды через решетку. Для исключения продавливания отбросов скорость потока сточных вод через решетку должна быть в пределах 0,7 м/с при среднем и не более 1 м/с при максимальном притоке. Скорость в канале перед решеткой не должна быть меньше 0,6 м/с при минимальном притоке во избежание выпадения осадка перед решеткой [2].

Отбросы, снимаемые с решеток, могут быть раздроблены дробилками молоткового типа (марки Д) и отправлены обратно в канал перед решетками. Характеристики отбросов: плотность - 750 кг/м³, влажность - 80%, зольность - 7-8%, коэффициент часовой неравномерности поступления - 2 [3].

Расчет решеток

При подборе типовых решеток принимается в первом приближении их количество N и тип, затем по известной ширине и требуемой скорости воды (0,6...0,8 м/с) находится уклон i и глубина воды h_1 в канале перед решеткой.

Затем проверяется скорость движения воды v_p в прозорах решетки, которая должна быть в пределах 0,7...1,0 м/с:

$$v_p = 1,05 q_{max} / (Nbh_1n), \quad (1)$$

где q_{max} - максимальный секундный приток сточных вод; b - ширина прозора; n - количество прозоров в одной решетке.

Если значение v_p не входит в эти пределы, изменяют количество или тип решеток и расчет повторяют.

После успешного подбора типовых решеток определяются размеры канала и камеры решетки в плане, а также высота уступа h_p , которая приравнивается к потерям напора:

$$h_p = \zeta_p \frac{v_p^2}{2g} K, \quad (2)$$

где ζ_p - коэффициент местного сопротивления решетки; K - коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки и равный 3.

1.2. Песколовки

Песколовки предназначены для задержания песка и других минеральных примесей крупностью свыше 0,2 - 0,25 мм, содержащихся в сточной воде. Применяются на очистных сооружениях производительностью 100 м³/сут и более. Число песколовок или отделений надлежит принимать не менее двух, причем все песколовки или отделения должны быть рабочими. На очистных сооружениях малой производительности применяют горизонтальные песколовки с ручным удалением песка, горизонтальные песколовки с круговым движением воды и тангенциальные песколовки [4].

Горизонтальная песколовка с ручным удалением песка (рис.4) состоит из рабочей части, в которой движется сточная вода и осадочной, в которой собирается выпавший осадок.

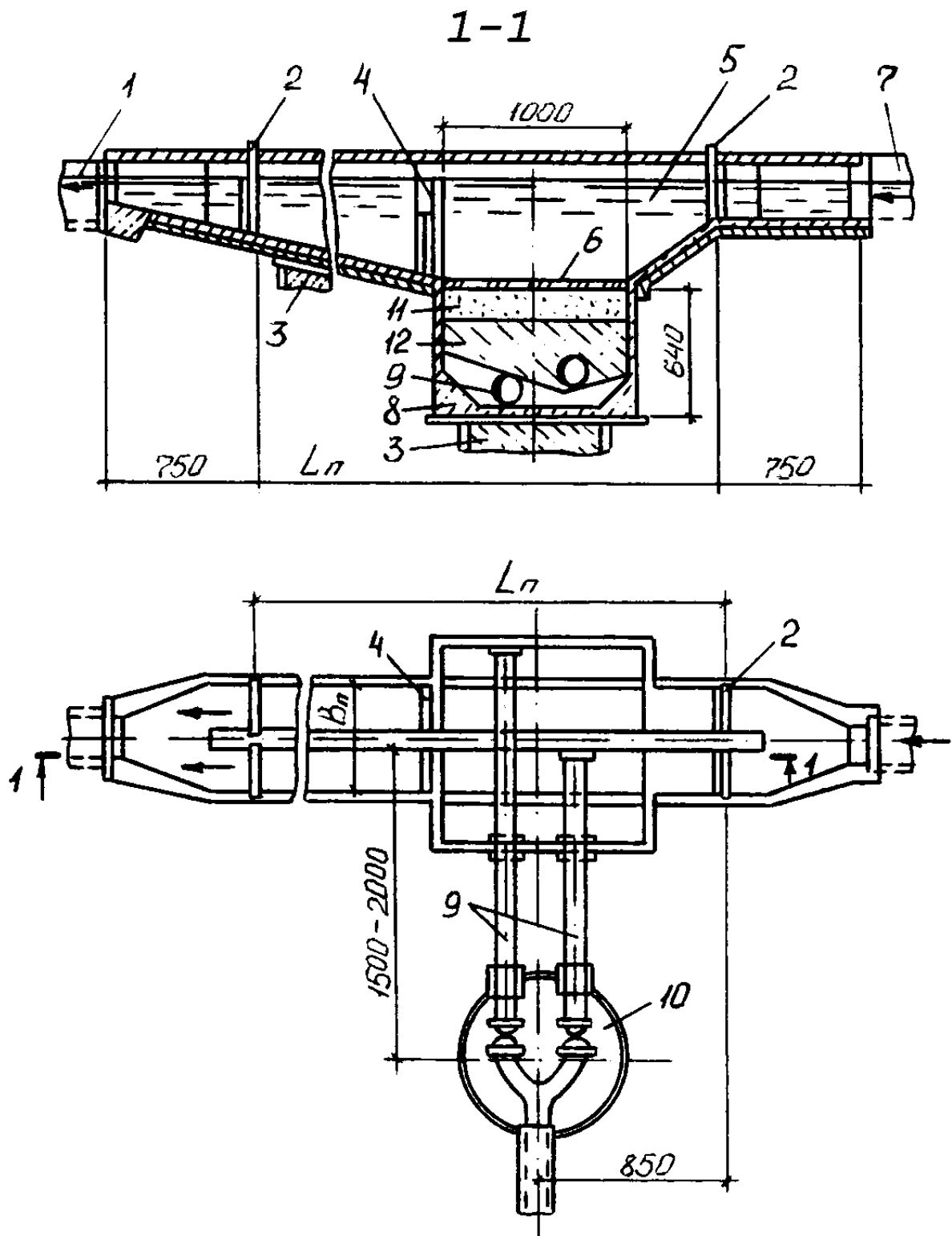


Рис.4. Горизонтальная песколовка

1 - отводящий лоток, 2 - шибер, 3 - опора в пределах насыпи, 4 - съемные погружные щиты, 5 - отстойная часть, 6 - деревянная решетка, 7 - подводящий лоток, 8 - дренажный карман, 9 - дренажные трубы

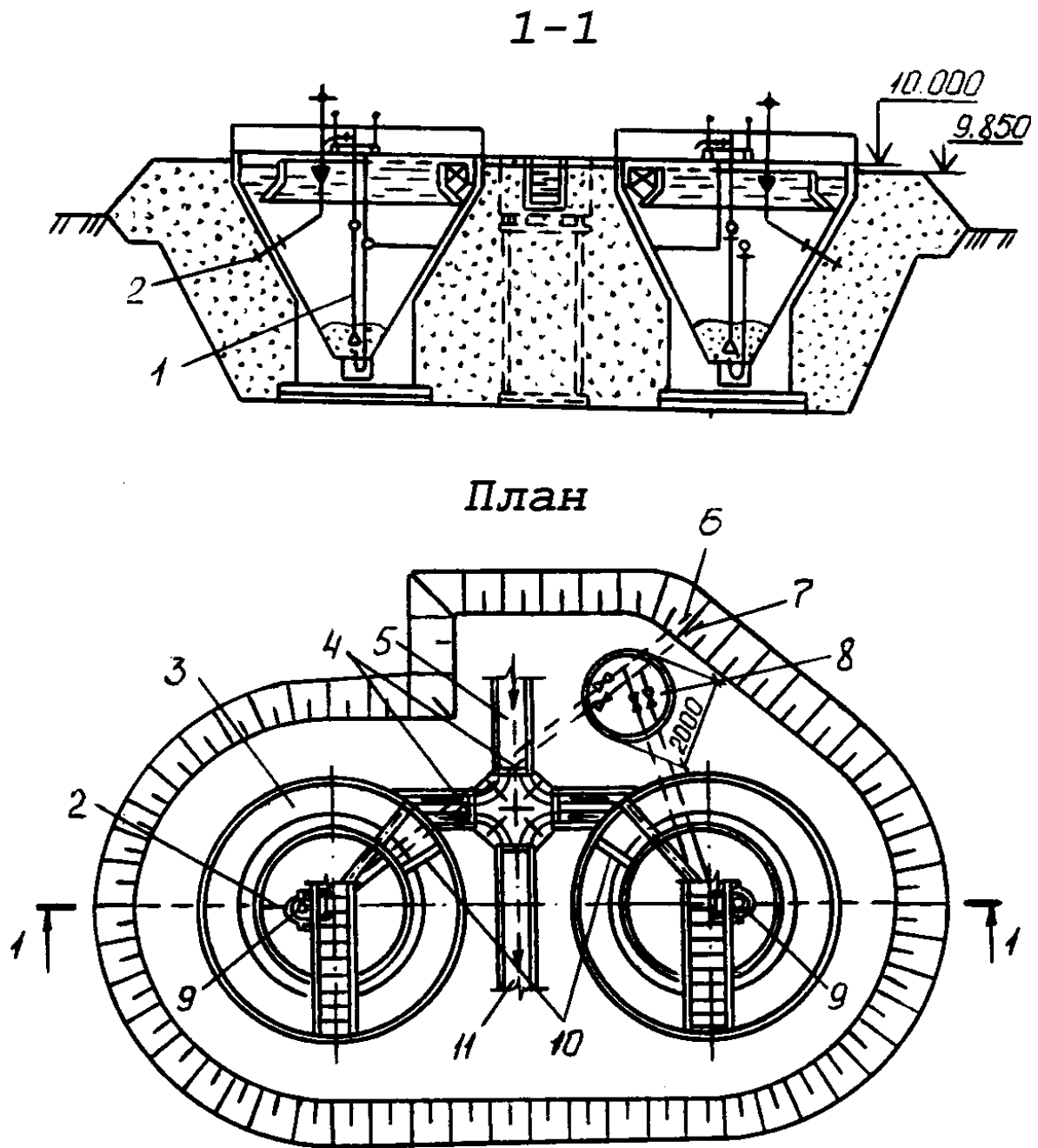


Рис.5. Песколовки с круговым движением воды

1 - гидроэлеватор, 2 - трубопровод для отвода всплывающих примесей, 3 - желоб, 4 - затворы с ручным приводом, 5 - подводный лоток, 6 - пульпопровод, 7 - трубопровод для рабочей жидкости, 8 - камера переключения, 9 - устройство для сбора всплывающих примесей, 10 - полупогружные щиты, 11 - отводящий лоток

Горизонтальная песколовка с круговым движением воды (рис.5) представляет собой круглый резервуар конической формы с периферийным лотком для протекания сточной воды. Песок удаляется гидроэлеватором. Для всех горизонтальных песколовок продолжительность протекания сточных вод при их максимальном притоке должна быть не менее 30 секунд.

Тангенциальная песколовка изображена на рис.6. Сточная вода в ней закручивается в горизонтальной плоскости, одновременно перемещаясь вниз. Нагрузку на тангенциальные песколовки следует принимать $110 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при максимальном притоке, диаметр - не более 6 м и глубину - равную половине диаметра.

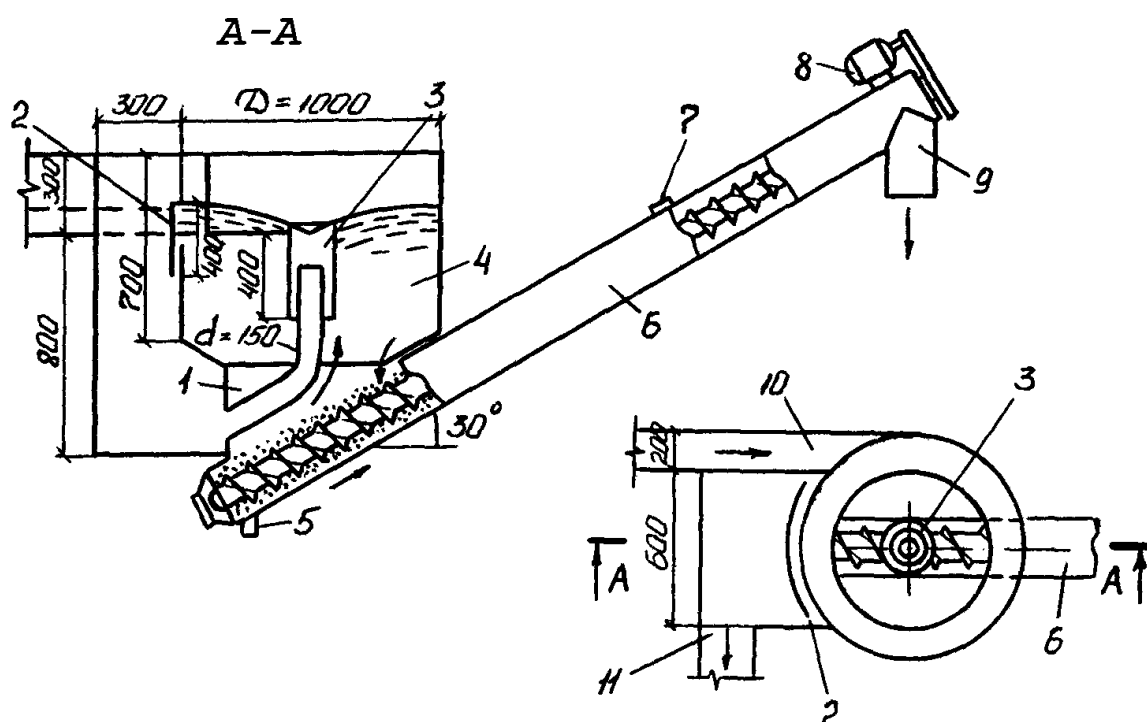


Рис.6. Тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой

1 - осадочная часть, 2 - подвижный боковой водослив, 3 - телескопическая труба, 4 - рабочая часть, 5 - заглушка, 6 - шнек, 7 - отверстие для сброса отмытых органических загрязнений, 8 - электродвигатель с редуктором, 9 - штуцер для отвода песка, 10 - подающий лоток, 11 - отводящий лоток

Задерживаемое количество песка в песколовках принимается $0,02 \text{ л}/(\text{сут} \cdot \text{чел})$ влажностью 60% и плотностью $1,5 \text{ т}/\text{м}^3$. Если количество улавливаемого песка свыше $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, его удаляют механическим или гидромеханическим способом. Пескопульпа подается для обезвоживания в песковые бункера, песковые площадки, гидроциклоны или центрифуги. Примерные технологические схемы обработки пескопульпы представлены на рис.7.

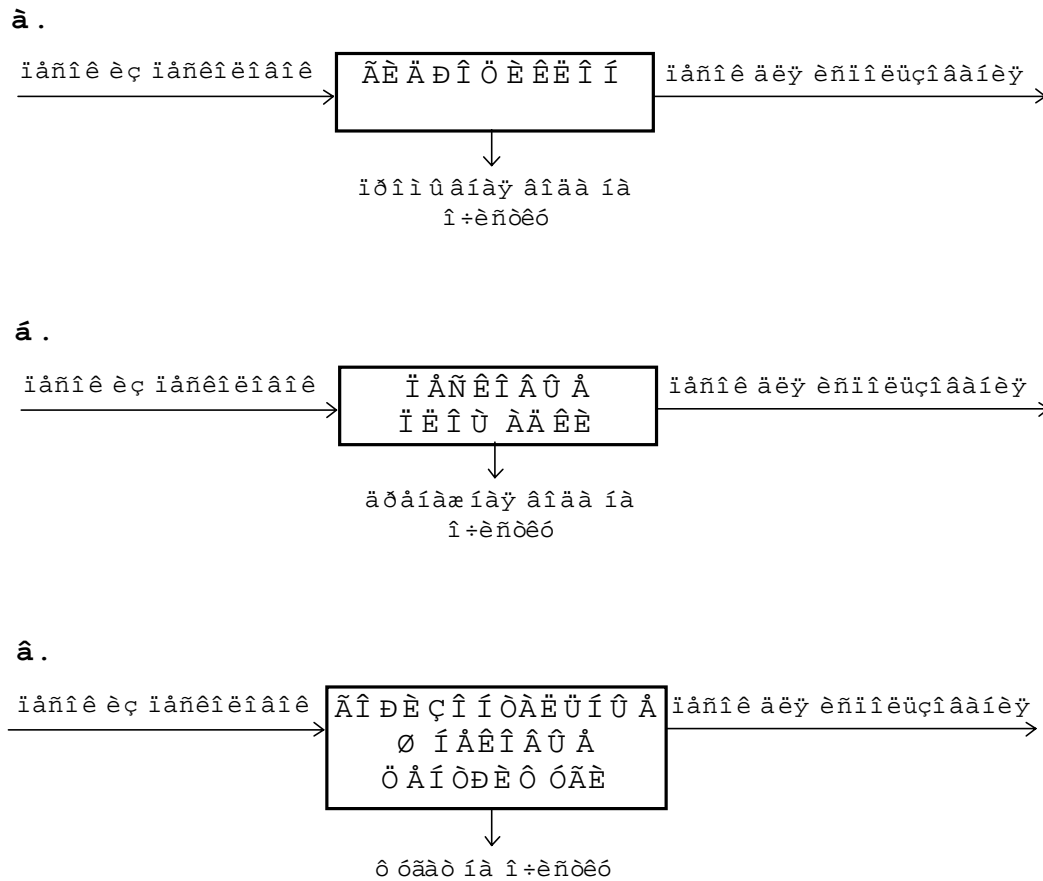


Рис.7. Схемы обработки пескоульпы

Удаляемую с этих сооружений воду следует направлять в начало очистных сооружений. Отмытый в гидроциклоне песок не нуждается в дальнейшей обработке и может быть использован как строительный материал.

Расчет песколовок [5]

I. Для горизонтальных песколовок определяется необходимая площадь живого сечения ω :

$$\omega = q_{max} / (v_s n), \quad (3)$$

где q_{max} - максимальный секундный приток сточных вод; v_s - скорость движения сточных вод; n - количество отделений.

Для песколовок с прямолинейным движением определяется длина песколовки L :

$$L = 1000 K_s H_s V_s / u_0, \quad (4)$$

где K_s - коэффициент, учитывающий влияние турбулентности и неравномерность распределения скоростей движения воды по высоте и ширине сооружения; H_s - расчетная глубина песколовки; u_0 - гидравлическая крупность песка.

Ширина отделения:

$$B = \omega / H_s. \quad (5)$$

Для песколовок с круговым движением определяется диаметр D :

$$D = 1000 K_s H_s V_s / (\pi u_0) + b, \quad (6)$$

где b - ширина кольцевого желоба, принимается от 0,9 до 2,0 м в зависимости от расхода стоков.

Затем проверяется продолжительность протекания стоков (не менее 30 сек.), рассчитываются дополнительные геометрические характеристики песколовков и суточный объем песка.

II. Расчет тангенциальных песколовков производится по нагрузке q_0 , площадь одной песколовки:

$$\omega = q_{max}/(q_0 n). \quad (7)$$

1.3. Отстойники

Отстойники предназначены для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дно или всплывают на поверхность. На малых очистных сооружениях используют преимущественно вертикальные отстойники, двухъярусные отстойники и осветлители-перегиватели. Два последних типа отстойников предназначены для осветления сточной воды и сбрасывания образующегося осадка.

Вертикальный отстойник применяют обычно при низком уровне грунтовых вод и пропускной способности очистных сооружений до 10000 м³/сут. Он представляет собой круглый в плане резервуар с коническим дном (рис.8). Сточная вода по центральной трубе спускается вниз и при выходе меняет направление движения на противоположное. При медленном движении вверх из стоков выпадает основная масса грубодисперсных примесей. Осадок удаляется под гидростатическим давлением через иловую трубу.

Эффект осветления в вертикальном отстойнике не превышает 50%. Скорость движения сточных вод в центральной трубе должна быть не более 30 мм/с. Рабочая глубина отстойника - 2,7...3,8 м [4].

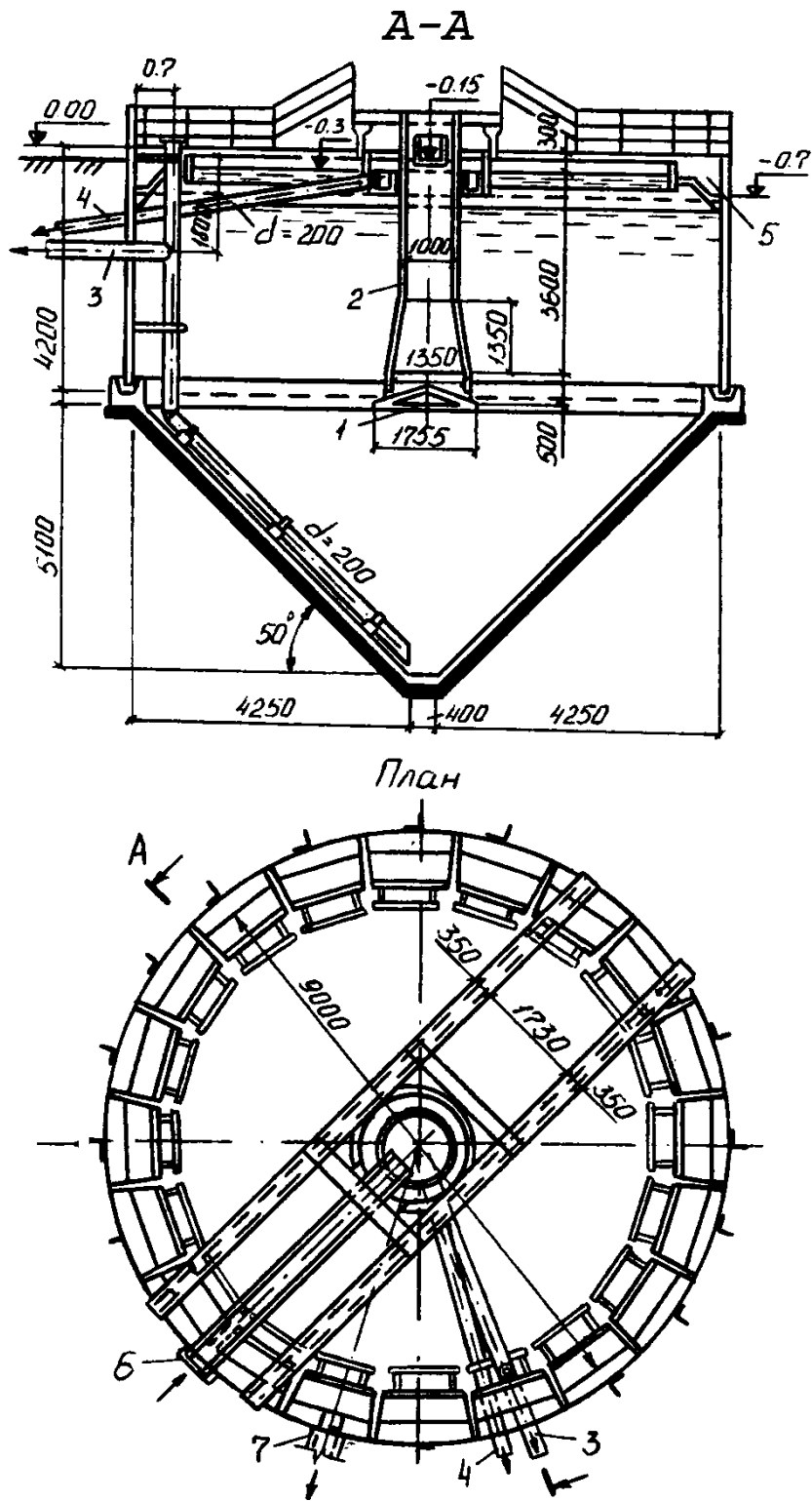
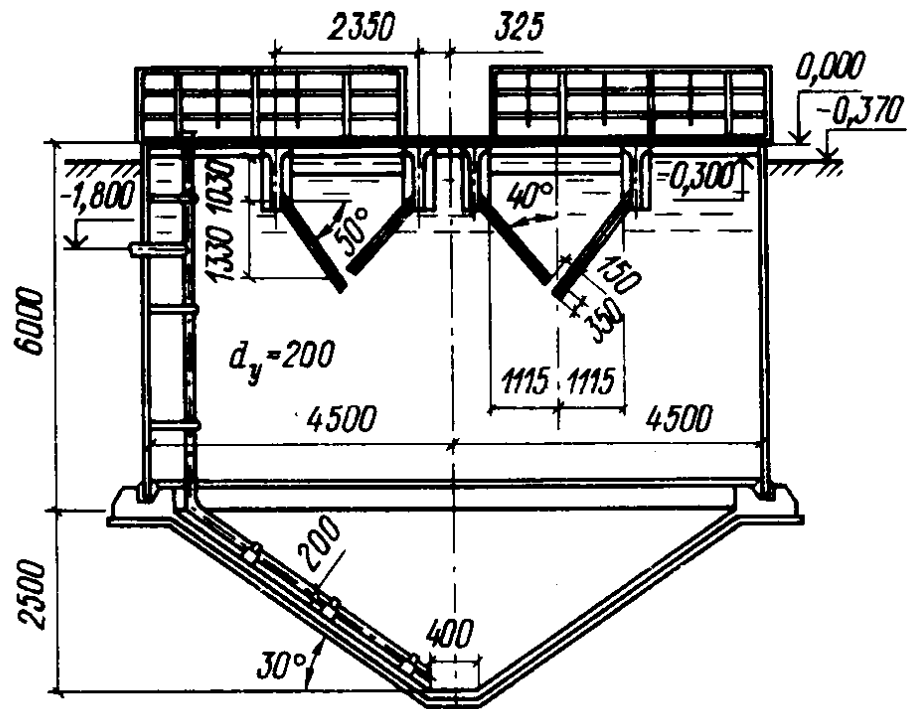


Рис.8. Вертикальный отстойник

1 - отражательный щит, 2 - центральная труба, 3 - труба для выпуска осадка, 4 - то же, плавающих веществ, 5 - водосборный лоток, 6 - подводящий лоток, 7 - отводящий лоток



План

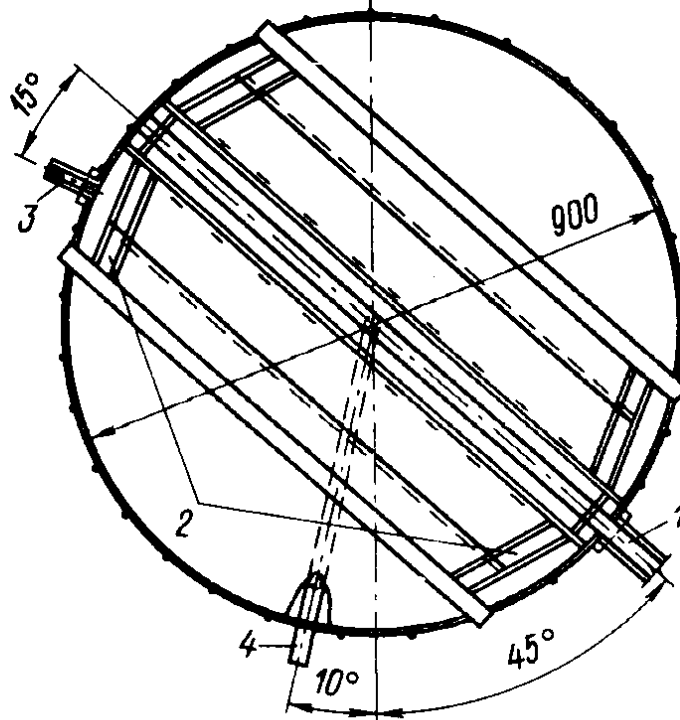


Рис.9. Одиночный двухъярусный отстойник

1 - подводящий лоток, 2 - полупогружная доска, 3 - отводящий лоток, 4 - выпуск ила

К преимуществам вертикальных отстойников относят удобство удаления осадка и занимаемую малую площадь, к недостаткам - ограниченную пропускную способность и большую глубину.

Двухъярусные отстойники (эмшерские колодцы) применяют для отстаивания, сбраживания и уплотнения выпавшего осадка на небольших и средних очистных сооружениях. Отстойник (рис.9) представляет собой сооружение цилиндрической или конической формы с коническим или пирамидальным днищем, в верхней части отстойника находятся осадочные желоба, а нижняя служит иловой (гнилостной или септической) камерой [2].

Осветление протекающей сточной воды происходит в осадочных желобах, особенностью конструкции которых является перекрытие одной нижней стенки другой не менее чем на 0,15м, чтобы всплывающие при перегнивании частицы ила и пузырьки газа не попадали в желоб. Сбраживание осадка происходит в две фазы (кислую и щелочную) в иловой камере, откуда затем осадок удаляется под гидростатическим давлением.

Эффект очистки стоков в одиночных сооружениях составляет только 20...25%, в спаренных он увеличивается до 50...55%. Осадочные желоба проектируют из условия продолжительности отстаивания 1,5 ч. Вместимость септической камеры определяют в зависимости от среднетемпературной температуры.

Основными недостатками двухъярусного отстойника являются несовершенство конструкции горизонтального желоба, большой объем септической части и частое образование на поверхности воды корки, которая ухудшает качество очистки.

Осветлители-перегниватели (рис.10) были предложены ЛИСИ взамен двухъярусных отстойников. Горизонтальный отстойник заменен осветлителем с естественной аэрацией и камерой флокуляции, обеспечивающим более высокий эффект очистки - до 70% по взвешенным веществам и 15% по БПК_{полн}. Камера брожения отделена от отстойника и расположена вокруг него, что способствует подогреву осадка поступающими сточными водами. В результате стало возможным осуществить механическое перемешивание осадка насосами, что предотвратило образование корки и чрезмерное уплотнение осадка [4].

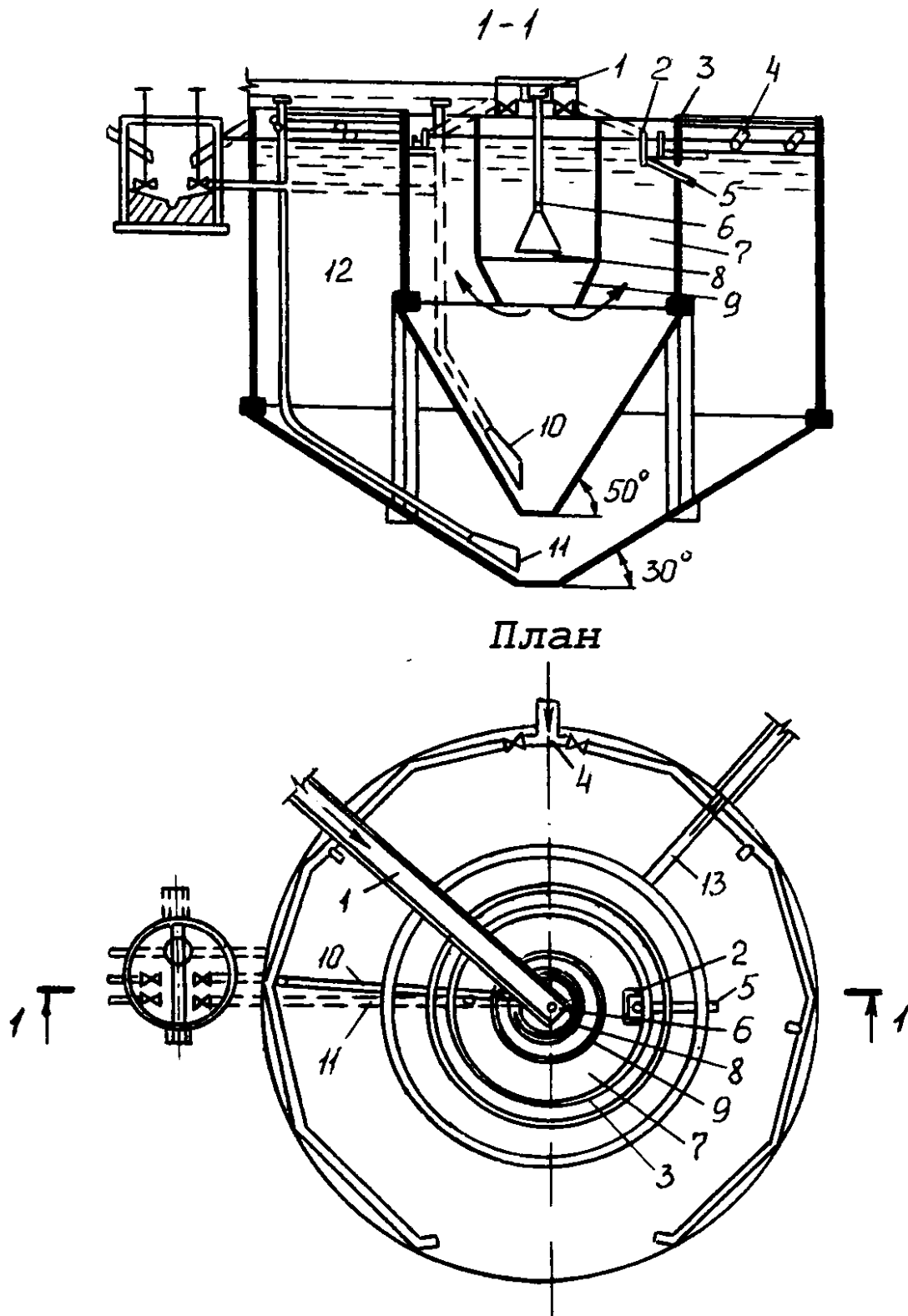


Рис.10. Осветлитель-перегниватель

1 - подающий лоток, 2 - лоток для удаления корки, 3 - сборный лоток, 4 - илораспределительная труба, 5 - труба для удаления корки, 6 - подающая труба, 7 - отстойная камера, 8 - отражательный щит, 9 - камера флокуляции, 10 - иловая труба, 11 - труба для удаления сброженного осадка, 12 - камера для сбрасывания осадка, 12 - лоток для удаления осветленной воды

Разность уровней воды в распределительной чаше и осветлителе должна быть 0,6 м, вместимость камеры флокуляции рассчитывают на продолжительность пребывания в ней не более 20 минут. Вместительность камеры брожения (перегнивателя) определяют по суточной дозе загрузки, которая зависит от средней температуры и влажности осадка [3].

Расчет отстойников [5]

I. Вертикальный отстойник :

- определяется значение условной гидравлической крупности u_0 :

$$u_0 = \frac{1000H_{set}K_{set}}{t_{set} \left(\frac{K_{set}H_{set}}{h_l} \right)^n}, \quad (8)$$

где H_{set} - глубина проточной части отстойника; K_{set} - коэффициент использования объема; t_{set} - продолжительность отстаивания в модели при глубине $h_l = 500$ мм; n - показатель степени, отражающий способность взвеси к агломерации;

- принимается типовой диаметр D (4, 6, 9 м) и рассчитывается количество отстойников N :

$$N = D^2 K_{set} \pi (u_0 - v_{tb}) / q_{max}, \quad (9)$$

где v_{tb} - турбулентная составляющая; q_{max} - максимальный секундный приток сточных вод;

- находится диаметр центральной трубы и раструба, геометрические параметры отстойника, а также объем выпавшего осадка.

II. Двухъярусный отстойник :

- определяются размеры проточных желобов, исходя из продолжительности отстаивания 1,5 часа;

- определяются размеры септической камеры по ее удельной вместительности в зависимости от среднезимней температуры стоков.

III. Осветлитель-перегниватель : вместительность камеры флокуляции рассчитывается на время пребывания 20 мин; зоны отстаивания - 1,5 часа; перегнивателя - в зависимости от суточной дозы загрузки.

1.4. Септики

Септики применяют для механической очистки сточных вод, поступающих на поля подземной фильтрации, в песчано-гравийные фильтры, фильтрующие траншеи и фильтрующие колодцы от малых населенных пунктов и отдельно расположенных объектов с расходом не более 25 м³/сут (рис.11). В септиках происходит одновременно осветление сточной жидкости и сбраживание осадка.

По конструкции септик представляет круглый или прямоугольный в плане проточный резервуар, в котором из сточной воды при медленном движении выпадают взвешенные вещества. Различают одно-, двух- и трехкамерные септики. Однокамерный септик применяется при расходе сточных вод до 1м³/сут, двухкамерный - до 10, трехкамерный - свыше 10. Полный расчетный объем септика при расходе свыше 5 м³/сут равен 3-кратному суточному

притоку, а при расходе сточных вод до $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ - 2,5-кратному суточному притоку [3,6].

При регулярном удалении осадка (1...2 раза в год) максимально возможный эффект очистки в септике по взвешенным веществам составляет 70-75% и БПК_{полн} - 30-35%.

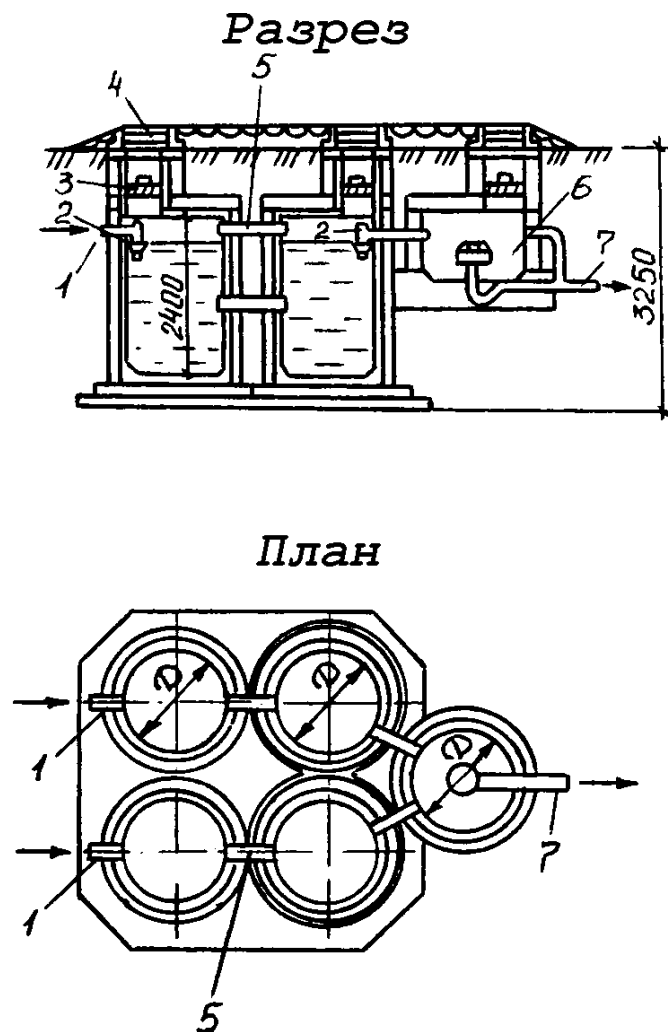


Рис.11. Двухкамерный септик

1 - подача сточных вод, 2 - тройник, 3 - деревянная крышка, 4 - чугунная крышка люка, 5 - перепускная труба, 6 - дозатор, 7 - отвод осветленной воды

2. СООРУЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Для полной биологической очистки сточных вод малых населенных пунктов в искусственно созданных условиях могут применяться [6]:

- аэрационные установки, работающие по методу полного окисления (аэротенки продленной аэрации);
- аэрационные установки с аэробной стабилизацией избыточного активного ила;
- циркуляционные окислительные каналы;
- капельные биофильтры.

Аэрационные установки на полное окисление рекомендуется применять для очистки сточных вод с расходом до $700 \text{ м}^3/\text{сут}$. Механическая очистка производится только на решетках и решетках-дробилках. Установки существуют в двух вариантах: строящиеся на месте из сборного или монолитного железобетона и серийные установки заводского изготовления (марки КУ, БИО и др.)

Аэрационные установки с аэробной стабилизацией активного ила применяются при расходах стоков более $200 \text{ м}^3/\text{сут}$. Механическая очистка предусматривается такая же, как для аэротенков с продленной аэрацией. Такие установки изготавливаются на заводах серийно.

Циркуляционные окислительные каналы наиболее дешевые и простые из всех сооружений биологической очистки в искусственно созданных условиях. Они применяются в районах с расчетной температурой не ниже -25°C в случаях, когда установки заводского изготовления применять нецелесообразно.

Капельные биофильтры допускается применять в особых случаях, сточные воды предварительно должны пройти механическую очистку в септиках или в решетках, песколовках и двухъярусных отстойниках. В средней полосе России биофильтры располагают в зданиях, что обуславливает их высокую строительную стоимость.

2.1. Аэротенки

Способ биологической очистки сточных вод в аэротенках заключается в переработке аэробными микроорганизмами органических веществ, приводящих к их частичной или полной минерализации в присутствии кислорода воздуха, подаваемого в аэротенк (аэрационный бассейн).

Различают пять фаз работы и развития активного ила в аэротенках [4,7]:

I фаза: биосорбция органики хлопьями активного ила. Одновременно начинается прирост массы активного ила;

II фаза: биохимическое окисление легкоокисляемых углеродсодержащих органических веществ с выделением энергии, используемой микроорганизма-

ми для синтеза клеточного вещества активного ила - фаза логарифмического роста.

III фаза: синтез клеточного вещества активного ила при замедленной скорости процесса - стационарная фаза.

IV фаза: отмирание или постепенное уменьшение массы ила - фаза эндогенного дыхания.

V фаза: фаза глубокого самоокисления ила. Здесь происходят процессы нитрификации и денитрификации с дальнейшей деградацией и минерализацией активного ила.

Для очистки сточных вод малых населенных пунктов представляет интерес фаза замедленного роста, в которой прирост ила сдерживается количеством органических загрязнений, находящихся в сточных водах, и фаза эндогенного дыхания, сопровождающаяся распадом ила. В фазе замедленного роста прирост ила по отношению к количеству поступивших органических загрязнений заметно сокращается. Придерживая низкие нагрузки на ил, можно существенно снизить прирост ила, производить его удаление периодически и тем самым упростить обработку.

Такой прием обработки ила называется *аэробной стабилизацией* ила. При этом стабилизация может осуществляться либо непосредственно в аэротенках, либо в отдельных резервуарах - аэробных стабилизаторах.

Отказавшись от первичного отстаивания и создав условия для развития активного ила в указанной форме, можно получить достаточно простую схему очистки сточных вод, которая сводится к освобождению воды от крупных отбросов, аэрации ее с активным илом и вторичному отстаиванию. Способ очистки стоков в аэротенках при низких нагрузках называется *методом полного окисления* или *продленной аэрации*.

Активный ил в стадии полного окисления имеет специфические свойства: бедный видовой состав простейших (6...8 видов), малое общее количество микроорганизмов (7...8 тыс.шт. в 1мл), низкое потребление кислорода и меньшая окислительная способность, дегидрогеназная активность и окислительно-восстановительный потенциал.

Процесс очистки сопровождается глубокой нитрификацией и минерализацией ила. Минерализованный ил имеет сравнительно низкое удельное сопротивление фильтрации, равное $(26,3...73) \cdot 10^{10}$ см/г, легко отдает воду и не загнивает.

Рекомендуемые расчетные параметры аэротенков продленной аэрации [4]:

- продолжительность аэрации, ч	24...72
- продолжительность отстаивания, ч	2,5...2
- концентрация ила в аэротенке по сухому веществу, г/л	3..6
- нагрузка на ил по беззольному веществу, г $BPK_{полн}/г$ ила·сут	0,15...0,18

- объемная нагрузка, г $BPK_{полн}/м^3 \cdot сут$	600
- скорость окисления органических веществ, г $BPK_{полн}/г ила \cdot сут$	0,15
- прирост ила, г ила/г $BPK_{полн}$	0,45
- зольность ила	0,35
- возраст ила, сут	10...40
- влажность ила из отстойника, %	98
- влажность ила из аэротенка, %	99,4
- удельный расход кислорода, мг $O_2/мг снятой BPK_{полн}$	1,25

При небольших количествах стоков аэротенки совмещают с отстойниками (*аэротенки-отстойники*, см. главу “Компактные установки для искусственной биологической очистки сточных вод”), однако могут применяться и отдельные схемы очистки.

Для отделения минерализованного ила от жидкой фазы после аэротенков могут применяться вертикальные отстойники круглого или прямоугольного сечения. Процесс разделения иловой смеси зависит от продолжительности отстаивания (не менее 1,5 час при максимальном расходе сточных вод и иловом индексе менее $100 \text{ см}^3/\text{г}$), гидравлической нагрузки и глубины зоны отстаивания.

Институтом ЦНИИЭП инженерного оборудования разработаны проекты типовых очистных сооружений с аэротенками продленной аэрации и двумя вариантами систем аэрации: механической и пневматической. Пропускная способность станций - 100, 200, 400 и $700 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Очистные сооружения с пневматической аэрацией (типовые проекты 902-2-189...902-2-191, 902-2-154) состоят из приемной камеры, здания решеток, блока аэротенков и отстойников, контактных резервуаров, производственно-вспомогательных зданий и иловых площадок. Эти станции предназначены для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод с доведением $BPK_{полн}$ до 20-25 мг/л [6].

Однокоридорный аэротенк сблокирован с вертикальным квадратным отстойником (рис.12). Подача воздуха в аэротенках осуществляется воздуходувками типа 1А через систему дырчатых труб. Для обеззараживания применяется хлорная известь или жидкий хлор.

Очистная станция с механической аэрацией (типовые проекты 902-2-149...902-2-151) включает приемную камеру, лоток с решеткой и водосливом для измерения расхода, иловую камеру для смешения сточных вод с активным илом, блок аэротенков и вертикальных отстойников, контактные резервуары, производственно-вспомогательное здание и иловые площадки [6]. Сооружения рассчитаны для очистки стоков до $BPK_{полн}$ и содержания взвешенных веществ до 15 мг/л, а в случае доочистки - до 5-6 мг/л. Аэротенки оборудованы механическими поверхностными аэраторами с вертикальным валом типа МП. Доочистка может производиться на каркасно-засыпных

фильтрах. Обеззараживание очищенных стоков осуществляется установками на жидком хлоре или электролизными установками. Принципиальная схема очистки по типовому проекту 902-2-150 приведена на рис.13.

Аэробная стабилизация ила осуществляется в открытых сооружениях типа аэротенков. Основными параметрами для инженерных расчетов являются требуемая продолжительность стабилизации и удельный расход кислорода, которые в основном зависят от температуры и возраста ила. Продолжительность аэрации для неуплотненного активного ила - 2...5 сут, диапазон температур - 8...35°C, расход воздуха - 1...2 м³/ч на 1 м³ вместимости стабилизатора, интенсивность аэрации должна быть не менее 6 м³/(м²·ч).

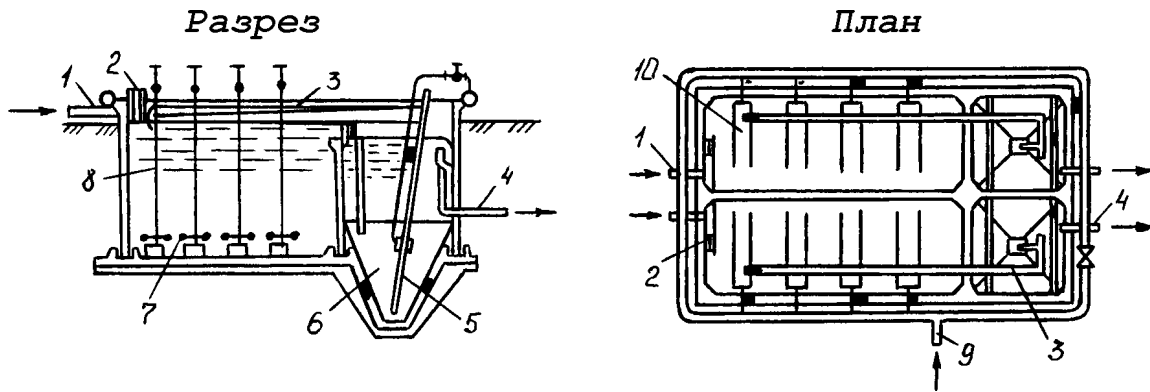


Рис.12. Блок аэротенков и вторичных отстойников

1 - подача сточных вод, 2 - решетки, 3 - трубопровод возвратного ила, 4 - отвод очищенной сточной воды, 5 - эрлифт, 6 - отстойник, 7 - дырчатые трубы, 8 - воздушные стояки, 9 - подача воздуха, 10 - аэротенк

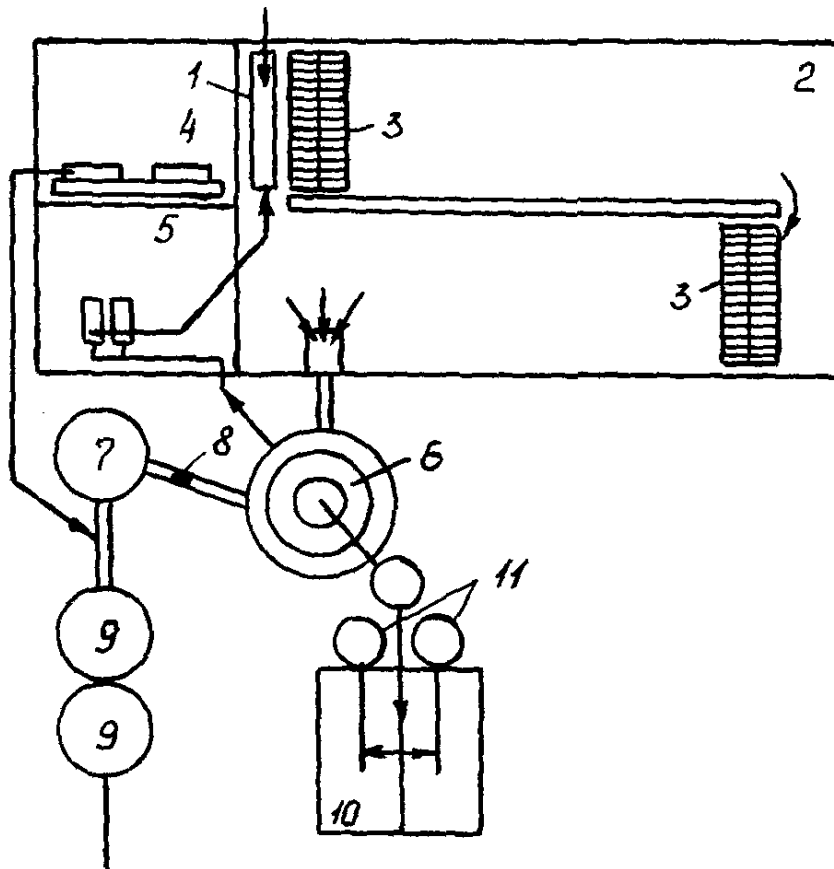


Рис.13. Принципиальная схема очистных сооружений канализации производительностью 150 м³/сут

1 - распределительный лоток, 2 - аэротенк, 3 - механический аэратор, 4 - баки с раствором хлорной извести, 5 - помещение для насосов возврата ила, 6 - вторичный отстойник, 7,8,11 - колодцы, 9 - контактные резервуары, 10 - иловые площадки

Расчет аэротенков продленной аэрации [5]

1. Рассчитывается объем зоны аэрации:

- определяется продолжительность аэрации t_{at} :

$$t_{at} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i(1 - S) \rho}, \quad (10)$$

где L_{en} - БПК_{полн} поступающей сточной воды, L_{ex} - БПК_{полн} очищенных сточных вод, a_i - доза ила, S - зольность ила, ρ - удельная скорость окисления;

- определяется объем аэротенка.

2. Рассчитывается аэрационная система:

I. Пневматическая система

- определяется удельный расход воздуха q_{air} :

$$q_{air} = \frac{q_o (L_{en} - L_{ex})}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)}, \quad (11)$$

где q_o - удельный расход кислорода воздуха, K_1 - коэффициент, учитывающий тип аэратора, K_2 - коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов, K_3 - коэффициент качества воды, K_T - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, C_a - растворимость кислорода воздуха в стоках, C_o - средняя концентрация кислорода в аэротенке;

- проверяется значение интенсивности аэрации, которое должно находиться между минимальным и максимальным табличными значениями;

- рассчитывается расход воздуха, затем подбираются тип и необходимое количество воздуходувок.

II. Механическая система

- подбираются количество и тип аэраторов по паспортной производительности по кислороду.

3. Рассчитывается объем отстойника или отстойной зоны.

Расчет аэротенков с аэробной стабилизацией активного ила [5]

1. Рассчитывается аэротенк:

- выбор типа аэрационного сооружения (аэротенк-смеситель или аэротенк-вытеснитель) и режима его работы (с регенерацией ила или без нее) по величине БПК_{полн};

- принимается доза активного ила a_i и иловый индекс J ;

- рассчитывается коэффициент рециркуляции R_i :

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J} - a_i}. \quad (12)$$

I. Аэротенки без регенерации

- для аэротенков-вытеснителей определяется БПК_{полн} стоков с учетом рециркуляции активного ила L_{mix} :

$$L_{mix} = (L_{en} + L_{ex}R_i)/(1+R_i); \quad (13)$$

- определяется необходимая продолжительность аэрации:

- для аэротенков-вытеснителей t_{atv} :

$$t_{atv} = \frac{1 + \varphi a_i}{\rho_{max} C_o a_i (1 - S)} \left[(C_o + K_o)(L_{mix} - L_{ex}) + K_L C_o \ln \frac{L_{en}}{L_{ex}} \right] K_p, \quad (14)$$

где φ - коэффициент ингибирования, ρ_{max} - максимальная скорость окисления, K_o - константа, характеризующая влияние кислорода, K_L - константа, характеризующая свойства органических загрязнений, K_p - коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания;

- для *аэротенков-смесителей* t_{atm} :

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i (1 - S) \rho}; \quad (15)$$

- рассчитывается нагрузка на активный ил q_i :

- для *аэротенков-вытеснителей*:

$$q_i = \frac{24 (L_{mix} - L_{ex})}{a_i (1 - S) t_{atv}}; \quad (16)$$

- для *аэротенков-смесителей*:

$$q_i = \frac{24 (L_{en} - L_{ex})}{a_i (1 - S) t_{atm}}; \quad (17)$$

- проверяется соответствие предварительно заданного илового индекса полученной нагрузке на ил. Если соответствия нет, расчет повторяют, принимая иловый индекс, соответствующий нагрузке;

- рассчитывается необходимый объем аэротенка (для вытеснителей учитывается рециркуляционный расход) и выбираются его геометрические размеры, согласно выбранному типу и конструкции;

- определяется удельный расход воздуха, рассчитывается интенсивность аэрации и проверяется на максимальную и минимальную границы;

- подбирается аэрационное оборудование и определяется прирост ила P_i :

$$P_i = 0,8 C_{cdp} + 0,3 L_{en}, \quad (18)$$

где C_{cdp} - концентрация взвешенных веществ в стоках.

II. Аэротенки с регенерацией

- определяется БПК_{полн} стоков с учетом рециркуляции активного ила L_{mix} ;

- определяется необходимая продолжительность аэрации t_{at} :

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \lg \frac{L_{mix}}{L_{ex}}; \quad (19)$$

- рассчитывается доза активного ила в регенераторе a_r :

$$a_r = a_i \left(\frac{1}{2R_i} + 1 \right); \quad (20)$$

- определяется общая продолжительность окисления загрязнений:

$$t_o = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_i (1 - S) \rho}, \quad (21)$$

где значение ρ определяется по формуле для аэротенков-смесителей при дозе ила a_r ;

- продолжительность регенерации t_r равна:

$$t_r = t_o - t_{at}; \quad (22)$$

- время пребывания сточных вод в системе “аэротенк-регенератор” t_{ar} :

$$t_{ar} = (1 + R_i)t_{at} + R_i t_r; \quad (23)$$

- рассчитывается средняя доза ила в системе “аэротенк-регенератор” a_{ar} :

$$a_{ar} = \frac{(1 + R_i)t_{at} a_i + R_i t_r a_r}{t_{ar}}; \quad (24)$$

- рассчитывается нагрузка на ил по средней дозе и проверяется на соответствие с табличным значением илового индекса;

- рассчитывается объем аэротенка и регенератора;

- дальнейший расчет аналогичен расчету аэротенков без регенерации.

2. *Рассчитывается стабилизатор активного ила:*

- расчет ведется аналогично аэротенкам с учетом приведенных выше ограничений.

2.2. Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК)

ЦОК имеют замкнутую О-образную форму в плане и оборудованы механическими аэраторами, с помощью которых жидкость насыщается кислородом и приводится в движение для быстрого перемешивания и поддержания активного ила во взвешенном состоянии. Они могут обеспечить полную биологическую очистку при расходе до 1400 м³/сут с БПК₅ и концентрацией взвешенных веществ в очищенных водах до 25 мг/л.

Чаще всего на очистных сооружениях строят по два ЦОК периодического действия, с поочередным выключением механического аэратора и осажением активного ила. Перед поступлением в ЦОК сточная вода проходит решетку, из ЦОК иловая смесь направляется в вертикальный отстойник со средней продолжительностью отстаивания 1,5 ч, откуда избыточный активный ил подается на иловые площадки, а возвратный ил - снова в ЦОК. Расчетная глубина канала - около 1 м. Продолжительность аэрации, объем и необходимое количество воздуха определяются так же, как и для аэротенков, работающих по методу полного окисления. При этом принимают среднюю скорость окисления по БПК_{полн} - 6 мг/(г·ч), а удельный расход кислорода - 1,25 мг/мг снятой БПК_{полн}. Количество избыточного активного ила - 0,4 кг/кг БПК_{полн}. Доза активного ила - 3-4 г/л, зольность ила - 0,35 [6].

Типовыми проектами (902-2-255...902-2-257) предусматриваются ЦОК пропускной способностью 100, 200, 400, 700 и 1400 м³/сут. Концентрация по БПК₅ поступающих сточных вод для станции каждой производительности принята 150, 200 и 400 мг/л. Каналы приняты трапециевидального сечения с количеством аэраторов от одного до четырех. В состав очистных сооружений также входят здание решеток с решетками-дробилками РД-200 и аварийной решеткой с ручной очисткой, вертикальный отстойник диаметром 4-9 м, контактный резервуар диаметром 2-6 м, иловые площадки и вспомогательное здание. Обеззараживание производится жидким хлором. Примерная схема очистной станции с ЦОК изображена на рис. 14.

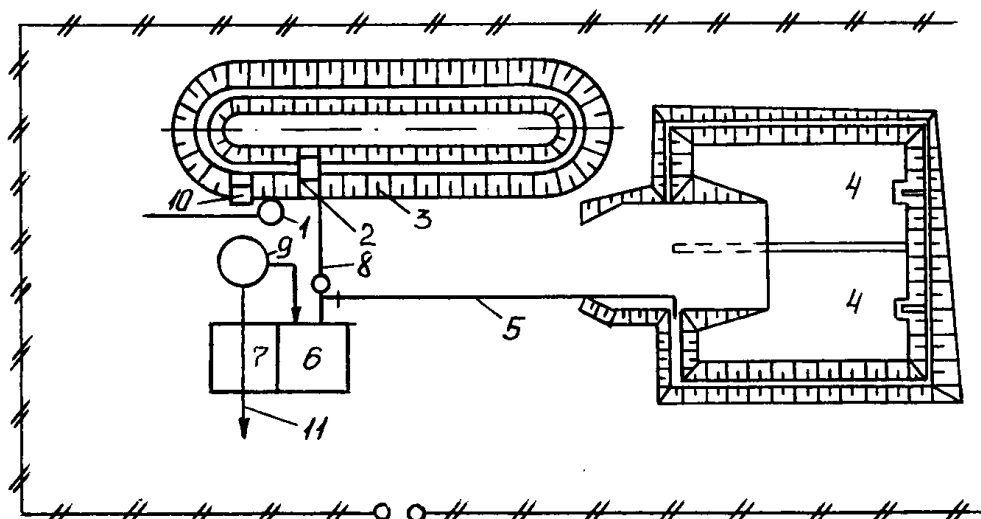


Рис.14. Примерный генеральный план очистной станции с окислительными каналами

1 - приемная камера, 2 - механический аэратор, 3 - канал, 4 - иловые площадки, 5 - трубопровод избыточного ила, 6 - насосная станция, 7 - хлораторная, 8 - трубопровод возвратного ила, 9 - отстойник, 10 - выпускное устройство из канала, 11 - отвод очищенных сточных вод

Расчет ЦОК [5]

- определяется продолжительность аэрации t :

$$t = \frac{L_a - L_t}{a(1 - S) \rho}, \quad (25)$$

где L_a - БПК_{полн} поступающей сточной воды, L_t - БПК_{полн} очищенных сточных вод, a - доза ила, S - зольность ила, ρ - удельная скорость окисления;

- принимается форма ЦОК, рабочая глубина H_w и ширина;

- определяется необходимое количество кислорода M_{mp} , которое необходимо подать в сточную воду:

$$M_{mp} = Z(L_a - L_t)Q/1000, \quad (26)$$

где Z - удельный расход кислорода воздуха, Q - расход сточных вод;

- выбирается тип аэратора (например, механический клеточного типа), затем по его паспортной производительности по кислороду определяется количество аэраторов;

- определяется требуемая скорость v_{mp} движения воды в канале:

$$v_{mp} = 0,25(aH_w)^{0,5}; \quad (27)$$

-определяется скорость движения жидкости в канале, создаваемая аэратором. Если это значение меньше v_{mp} , то изменяют характеристики или тип аэратора и расчет повторяют;

- рассчитываются количество и объем избыточного активного ила.

2.3. Капельные биофильтры

Способ биологической очистки на биофильтрах заключается в фильтровании сточных вод через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой, образованной колониями микроорганизмов. В капельном биофильтре (рис.15) сточная вода на поверхность подается в виде капель или

струй. Естественная вентиляция воздуха происходит через поверхность биофильтра и дренаж.

Сточная вода, осветленная в первичных отстойниках, поступает в распределительные устройства, из которых периодически напускается на поверхность биофильтра. Профильтрованная через толщу загрузки вода попадает в дренажную систему и далее по сплошному непроницаемому днищу стекает к отводным лоткам. Затем вода отстаивается во вторичных отстойниках, где отделяется вынесенная из биофильтра пленка.

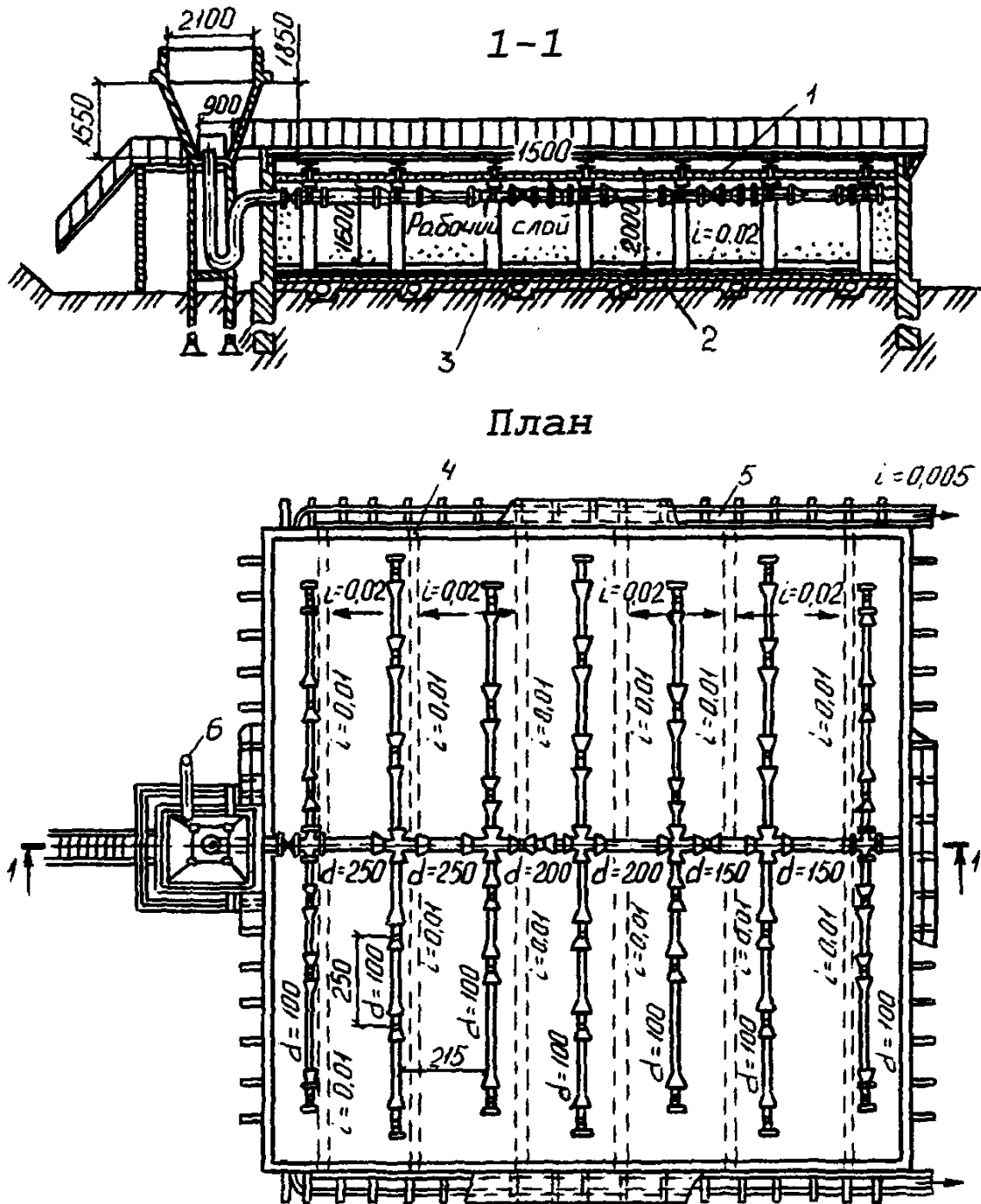


Рис.15. Капельный биофильтр

1 - распределительный слой, 2 - бетон, 3 - поддерживающий слой, 4- дренаж, 5 - сборный лоток, 6 - подача сточной воды

Капельные биофильтры рекомендуется применять при расходе сточных вод не более $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ для полной биологической очистки (БПК_{полн} очищенной воды - 15 мг/л). В качестве загрузки используют щебень или керамзит крупностью 20-40 мм, рабочую высоту загрузки принимают 1,5-2 м. Гидравлическая нагрузка на биофильтр должна находиться в пределах $1 \div 3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ [4].

При БПК_{полн} стоков больше 220 мг/л, подаваемых на капельные биофильтры, следует предусматривать рециркуляцию очищенных сточных вод.

Типовые проекты станций биофильтрации (№ 4-18-810...4-18-812, 4-18-781, 4-18-820, 4-18-821) разработаны на производительность 12, 25, 50, 100, 200, 400 и 700 $\text{м}^3/\text{сут}$.

Расчет капельных биофильтров [3,5]

I. Без рециркуляции:

- определяется коэффициент K_{bf} :

$$K_{bf} = L_{en}/L_{ex} \quad (28)$$

где L_{en} - значение БПК_{полн} поступающих в биофильтр стоков; L_{ex} - значение БПК_{полн} очищенных стоков;

- по K_{bf} и температуре стоков находится гидравлическая нагрузка q_{bf} и высота биофильтра H_{bf} ;

- определяется общая площадь биофильтров F_{bf} :

$$F_{bf} = Q/q_{bf} \quad (29)$$

где Q - суточный расход сточных вод;

- подбирается количество и размеры типовых биофильтров, объем загрузки и количество избыточной биопленки.

II. С рециркуляцией:

- определяется коэффициент K_{bf} :

$$K_{bf} = L_{en}^{m \text{ ax}} / L_{ex}, \quad (30)$$

где $L_{en}^{m \text{ ax}}$ - максимально допустимое значение БПК_{полн} (220 мг/л);

- находится гидравлическая нагрузка q_{bf} и высота биофильтра H_{bf} ;

- определяется среднее значение БПК_{полн} в смеси стоков перед биофильтром L_{mix} :

$$L_{mix} = L_{ex} \cdot K_{bf}^{\text{табл}}, \quad (31)$$

где $K_{bf}^{\text{табл}}$ - наименьшее ближайшее к K_{bf} табличное значение;

- определяется коэффициент рециркуляции K_{rec} :

$$K_{rec} = (L_{en} - L_{mix}) / (L_{mix} - L_{ex}); \quad (32)$$

- определяется общая площадь биофильтров F_{bf} :

$$F_{bf} = Q(1 + K_{rec}) / q_{bf}; \quad (33)$$

- подбираются количество и размеры типовых биофильтров, объем загрузки и количество избыточной биопленки.

3. УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Обеззараживание (дезинфекция) хозяйственно-фекальных сточных вод производится с целью уничтожения содержащихся в них патогенных микроорганизмов и устранения опасности заражения водоема - приемника очищенных сточных вод. Среди известных методов наиболее широкое практическое применение получило хлорирование: хлорной известью CaOCl_2 , жидким хлором Cl_2 , электролитически получаемым гипохлоритом натрия NaClO и путем прямого электролиза.

При растворении этих веществ в воде происходит образование *активного хлора* - комплекса химических соединений хлора, из которых наиболее активными являются хлорноватистая кислота HClO и гипохлорит-ион ClO^- . В настоящее время предполагается, что гибель бактерий при хлорировании происходит в результате химического воздействия активного хлора на органическое вещество и ферментную систему клеток, что в конечном итоге приводит к утрачиванию бактериями способности к окислению глюкозы и гибели [6].

В качестве косвенного санитарно-бактериологического показателя фекального загрязнения воды используют количество в воде кишечных палочек *Coli*. Коли-индекс - число кишечных палочек в 1 литре воды, коли-титр - наименьший объем воды в мл, в котором содержится 1 кишечная палочка.

Расчетную дозу активного хлора (г/м^3), согласно требованиям [3] следует принимать:

- после механической очистки.....	10
- после неполной биологической очистки.....	5
- после полной биологической, физико-химической и глубокой очистки.....	3

Бактерицидная эффективность обеззараживающего действия хлора и хлорсодержащих соединений находится в прямой зависимости от продолжительности контакта, возрастая с увеличением длительности действия хлора. Продолжительность взаимодействия хлора со сточной водой в контактном резервуаре или отводящих лотках и трубопроводах следует принимать не менее 30 минут.

В каждом конкретном случае доза активного хлора уточняется в процессе эксплуатации. При этом количество остаточного хлора в обеззараженной воде после контакта не должно превышать $1,5 \text{ г/м}^3$, а коли-индекс - не более 1000.

В настоящее время применяется несколько типов установок для приготовления и дозирования растворов, содержащих активный хлор. Первый тип - установки для приготовления раствора хлорной извести или гипохлоритов с необходимой концентрацией с последующей подачей его в воду. Второй тип - хлораторы, в них последовательно происходит испарение хлора, его механическая очистка, дозирование и растворение в воде с образованием хлорной воды, которая затем смешивается в смесителях со стоками. К третьему типу относятся электролизеры, которые позволяют получить гипохлорит натрия электрохимическим путем из сырья - раствора поваренной соли. И,

наконец, четвертым типом являются установки прямого электролиза сточной воды, которые позволяют получать обеззараживающие продукты путем электролитического разложения хлоридов, находящихся в сточной воде [4].

Установки с использованием хлорной извести в основном однотипны и отличаются лишь некоторыми конструктивными деталями и габаритами. Схема этой установки с поплавковым дозатором представлена на рис.16. Расходные баки работают поочередно: в одном готовят раствор, из другого подают его на обеззараживание.

На установках с использованием жидкого хлора в обеззараживаемую жидкость хлор поступает в виде хлорной воды, получаемой при растворении газообразного хлора (рис.17). Широкое распространение получили вакуумные хлораторы, которые более безопасны в работе и не допускают проникновение хлора в помещение. Из всех конструкций вакуумных хлораторов наиболее часто используют хлораторы ЛОНИИ - СТО и ЛК системы Л.А.Кульского.

Электрохимический способ получения гипохлорита натрия основан на получении хлора и его взаимодействии со щелочью в электролизере. При электролизе водного раствора NaCl на аноде происходит выделение газообразного хлора, который растворяется в воде с образованием хлорноватистой HClO и соляной HCl кислоты:

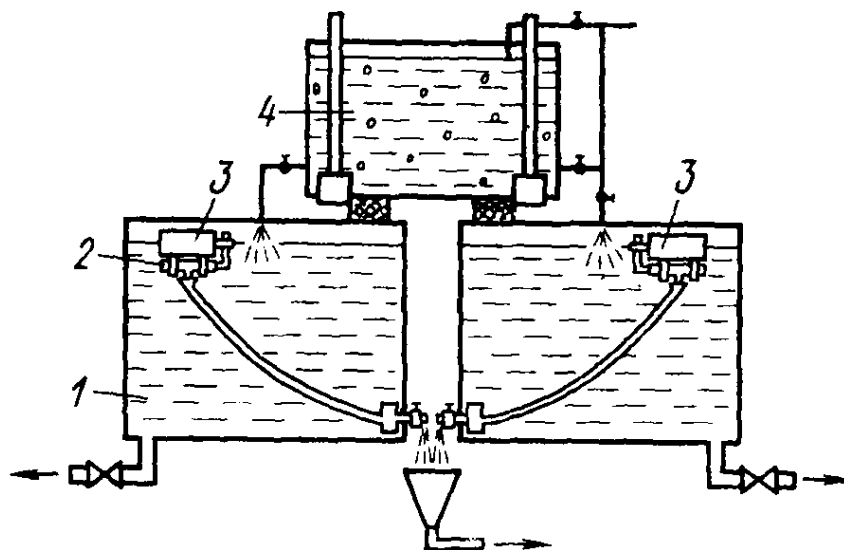


Рис.16. Установка для обеззараживания воды хлорной известью

1 - расходный бак, 2 - оттарированная шайба, 3 - поплавков-дозатор, 4 - растворный бак

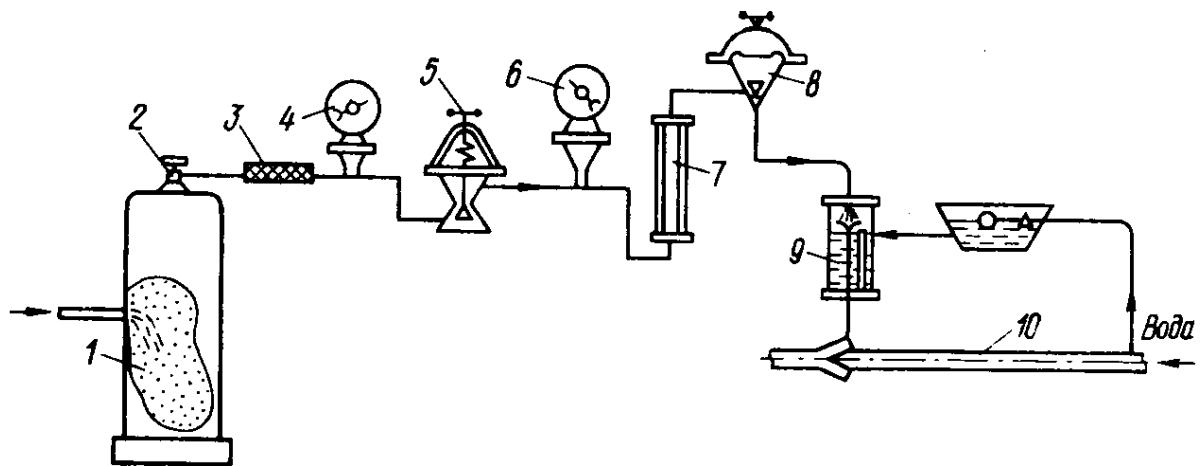


Рис.17. Схема вакуумного хлоратора

1 - промежуточный баллон, 2 - вентиль, 3 - фильтр, 4,6 - манометры, 5 - понижающий редуктор, 7 - измеритель расхода хлора, 8 - предохранительный клапан, 9 - смеситель, 10 - эжектор

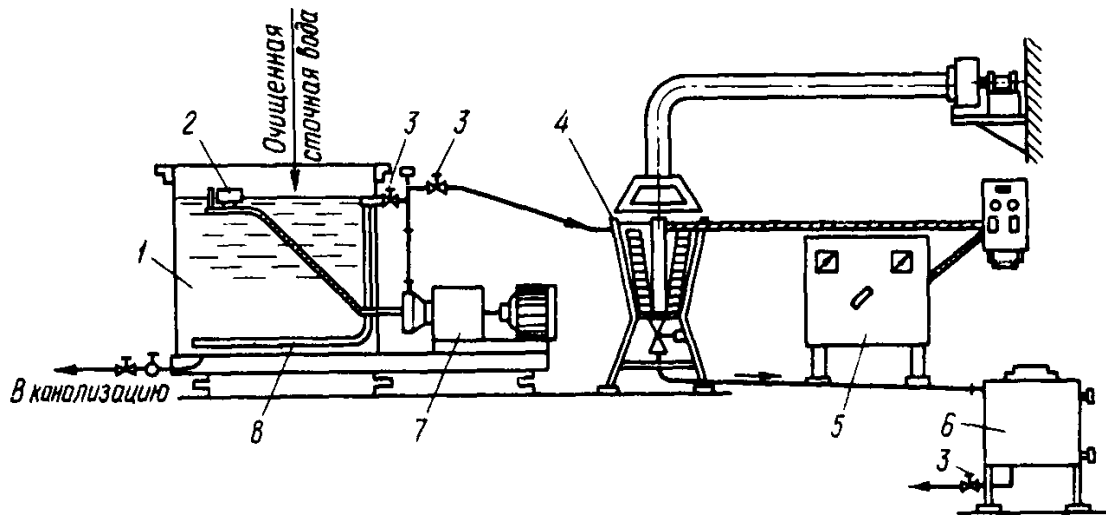


Рис.18. Схема электролизной установки непроточного типа ЭН

1 - растворный бак слои, 2 - поплавок, 3 - вентиль, 4 - электролизер, 5 - выпрямительный агрегат, 6 - бак-накопитель гипохлорита натрия, 7 - насос, 8 - распределительная гребенка

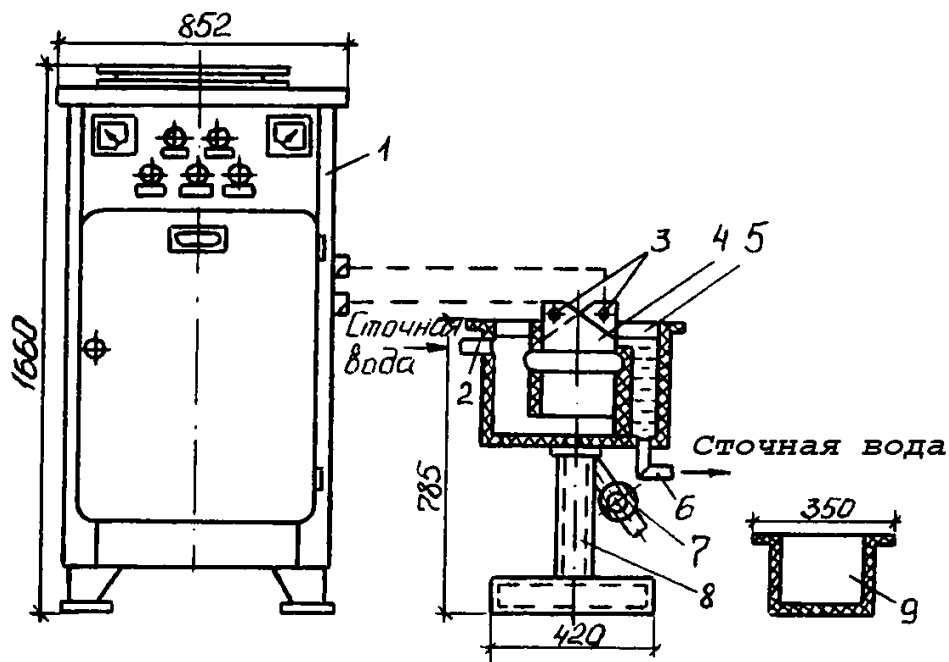
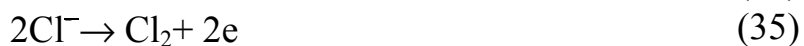
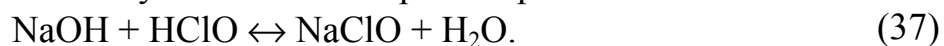


Рис.19. Электролизная установка "Каскад"

1 - выпрямительный агрегат, 2,6 - штуцеры, 3 - токопроводы, 4 - кассета, 5 - электролитическая ванна, 7 - вентиль, 8 - рама, 9 - бак



На катоде происходит выделение водорода и образование гидроксида натрия, который вступает в реакцию нейтрализации с хлорноватистой кислотой, в результате чего и получается гипохлорит натрия NaClO :



Для обеззараживания сточных вод по этому методу применяются непроточные электролизные установки типа ЭН-1, ЭН-5, ЭН-25 и ЭН-100 производительностью по активному хлору от 1 до 100 кг/сут (рис.18). Наиболее простыми по конструкции являются установки ЭН-1 и ЭН-5, работающие в режиме неглубокого разложения соли (до 6...7%-го). Более экономичные электролизеры ЭН-25 и ЭН-100 работают в режиме глубокого разложения соли (10...12%-го). Концентрация активного хлора в получаемом растворе - 6...14 г/л [4,6].

Для обеззараживания по методу прямого электролиза разработана и применяется электролизная установка "Каскад" производительностью 2...2,5 м³/ч (рис.19). В этой установке применены малоизнашивающиеся и долговечные аноды ОРТА (титановая основа, покрытая солями рутения) и катоды из титана. Обеззараживание по методу прямого электролиза целесообразно осуществлять на очистных станциях производительностью 200...400 м³/сут. Технические характеристики электролизных установок приведены в табл.1.

Надежным и безвредным заменителем хлора является озон, благодаря своей высокой биоцидной и окислительной способности. Озон оказывает универсальное действие, проявляющееся в том, что одновременно с обеззараживанием воды происходит повышение прозрачности, устранение запахов и снижение цветности. Озонаторные установки комплектуются озонаторами для синтеза озона, оборудованием для подготовки воздуха, устройствами электропитания, камерами контакта озона с обрабатываемой водой. Озон получают из обеспыленного и высушенного воздуха.

Обработка сточной воды озоном производится в контактных камерах, где обеспечивается интенсивное перемешивание барботированием. Доза озона после полной биологической очистки должна быть 15-30 мг/л, с продолжительностью контакта 20-30 мин, после доочистки воды на микрофилтрах соответственно 6-10 мг/л и 8-10 мин [3].

Таблица 1

Технические параметры электролизных установок

Показатель	Значения параметров электролизеров				
	ЭН-1	ЭН-5	ЭН-25	"Каскад"	"Поток"
Производительность по					

активному хлору :					
- кг/сут	1	5	25	---	---
- м ³ /сут	---	---	---	2-2,5	15-150
Сила тока, А	55-65	55-65	130-140	30	600
Напряжение, В	40-42	40-42	55-65	6-12	
Номинальная мощность, кВт	До 3	До 3	До 8,4	До 3,5	До 7
Концентрация активного хлора в растворе, г/л	6-7	7-8	12-14	---	---
Расход на 1 кг активного хлора :					
- соли, кг	12-15	12-15	8-10	---	---
- электроэнергии, кВт*ч	7-9	7-9	8-10	---	---
Объем ванны, м ³	0,035	0,035	1	0,18	1,28
Производительность активного хлора за 1 цикл, кг	0,5-0,25	2,4-2,6	10-12	---	---
Продолжительность цикла, ч	0,75-0,9	7-8	10-12	---	---
Число циклов в сут	2-4	2	2	---	---

Расчет обеззараживания

I. Обеззараживание хлорированием: по принятой дозе хлора определяется часовая и суточный расход активного хлора при максимальном притоке сточных вод, затем рассчитывается необходимое количество хлорсодержащих реагентов или подбирается электролизная установка по ее производительности. Рассчитывается необходимый объем контактных резервуаров.

II. Обеззараживание озонированием: по принятой дозе озона определяется максимальный расход озона, затем подбираются озонаторы и рассчитываются размеры контактных (барботажных) камер для смешения озон-воздушной смеси с водой.

4. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В тех случаях, когда эффективность очистки сточных вод, достигаемая на биологических очистных сооружениях, недостаточна, применяется глубокая очистка (доочистка). С учетом современных требований доочищать сточные воды необходимо не только от органических и взвешенных веществ, но и от

биогенных и поверхностно-активных веществ. Для малых расходов сточных вод могут применяться естественные методы доочистки - в биологических прудах и искусственные методы - на скорых фильтрах с барабанными сетками и на микрофильтрах.

4.1. Доочистка в биологических прудах

Биологические пруды делят на биопруды с естественной аэрацией и биопруды с искусственной аэрацией. В прудах с естественной аэрацией кислород поступает через открытую поверхность воды, глубина пруда должна быть не более 1 м. Искусственная аэрация в биопрудах осуществляется подачей сжатого воздуха через дырчатые трубы или с помощью механических аэраторов, глубина пруда в этом случае может быть увеличена до 3,5 м.

БПК_{полн} сточных вод, направляемых на доочистку в биопруды с естественной аэрацией, не должно быть больше 25 мг/л, для прудов с искусственной аэрацией - не более 50 мг/л.

В теплый период года БПК очищенных в биопрудах стоков уменьшается до 5-6 мг/л, а содержание взвешенных веществ - до 15-30 мг/л. В холодное время года БПК может снижаться до 3-4 мг/л, а содержание взвешенных веществ - до 10 мг/л.

Рекомендуется принимать число прудов, состоящих не менее чем из трех секций. Для снижения содержания биогенных элементов (азот и фосфор) в очищенной воде рекомендуется разводить высшую водную растительность - тростник, камыш, рогоз и др. ЦНИИЭП инженерного оборудования разработаны типовые проекты на биологические пруды, применяемые в IV климатической зоне. Типовыми проектами 902-3-6 предусматривается применение биологических прудов с пневматической или механической аэрацией пропускной способностью 12, 25 и 50 м³/сут, типовыми проектами 902-3-7 - пропускной способностью 100 и 200 м³/сут; типовыми проектами 902-3-8 и 902-3-9 - биологических прудов пропускной способностью 400-700 м³/сут, с типовыми проектами 902-3-10 и 902-3-11 - пропускной способностью 1400 м³/сут; при этом в четных номерах проектов используется механическая аэрация, а в нечетных - пневматическая [6].

Расчет биологических прудов [5]

I. Пруды с естественной аэрацией:

- принимается количество ступеней биопруда (до 5-ти) таким образом, чтобы эффект очистки по БПК_{полн} на каждой ступени был 50-60%;

- определяется продолжительность пребывания стоков t_i в зимний и летний период в каждой i -ой ступени, за исключением последней:

$$t_i = \frac{1}{kK_{lag}} \ln \frac{L_{en}}{L_{ex}}, \quad (38)$$

где k - константа скорости потребления кислорода, K_{lag} - коэффициент объемного использования каждой ступени пруда, L_{en} - БПК_{полн} воды, поступающей в i -ую ступень пруда, L_{ex} - БПК_{полн} воды, выходящей из i -ой ступени;

- определяется продолжительность пребывания стоков в последней ступени t_{fin} (в летний и зимний периоды):

$$t_{fin}' = \frac{1}{kK_{\text{лг}}} \lg \frac{L_{en}' - L_{fin}'}{L_{ex}' - L_{fin}'}, \quad (39)$$

где L_{en}' - БПК_{полн} воды, поступающей в последнюю ступень, L_{ex}' - БПК_{полн} воды, выходящей из последней ступени, L_{fin}' - остаточная БПК_{полн}, обусловленная внутриводоемными процессами и принимаемая летом 2-3 мг/л, зимой 1-2 мг/л;

- рассчитывается объем W_i каждой ступени на оба периода;
 - определяется площадь F_i каждой ступени, требуемая для естественной аэрации в зимний и летний периоды:

$$F_i = \frac{Q_{\text{сут}} C_a (L_{en}' - L_{ex}')}{K_{\text{лг}} (C_a - C_{ex}') r_a}, \quad (40)$$

где $Q_{\text{сут}}$ - суточный расход сточных вод, C_a - растворимость кислорода в воде, C_{ex}' - концентрация кислорода, которую необходимо поддерживать в воде, выходящей из пруда, r_a - величина атмосферной реаэрации - 3-4 г/(м²·сут);

- за окончательное значение площади каждой ступени принимается наибольшее из двух (в летний и зимний периоды);

- определяется глубина пруда H_i (если $H_i < 1$ м, то H_i принимается равной 1 м и площадь ступени будет равна: $F_i = W_i/H_i$);

- принимается количество параллельно работающих секций прудов (не менее двух), определяются размеры каждой секции, причем отношение длины к ширине должно быть не менее 20.

II. Пруды с искусственной аэрацией:

- принимается количество ступеней биопруда N (до 5-ти) таким образом, чтобы эффект очистки по БПК_{полн} на каждой ступени был 50-60%;

- определяется продолжительность пребывания стоков t'_{lag} в каждой ступени в летний и зимний периоды:

$$t'_{lag} = \frac{N}{2.3k_d} \left(\sqrt[N]{\frac{L_{en}'}{L_{en}' - L_{fin}'}} - 1 \right), \quad (41)$$

где k_d - динамическая константа скорости потребления кислорода;

- за расчетную продолжительность пребывания стоков в каждой ступени принимается большее значение t'_{lag} из двух периодов;

- определяется объем, принимается глубина и рассчитывается площадь каждой ступени;

- принимается тип аэратора и определяется их количество N_{ma} для каждой ступени:

$$N_{ma} = \frac{q_0 (L_{en}' - L_{ex}') W_i}{1000 K_T K_3 \left(\frac{C_a - C_{ex}'}{C_a} \right) t'_{lag} Q_{ma}}, \quad (42)$$

где q_0 - удельный расход кислорода воздуха, K_T - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, K_3 - коэффициент качества воды, Q_{ma} - производительность аэратора по кислороду, принимаемая по паспортным данным;

- принимается количество секций и определяются их размеры в соответствии с габаритами аэраторов.

4.2. Доочистка на механических фильтрах

При отсутствии земельных участков для устройства биологических прудов и ограничения их применения по гидрогеологическим, климатическим и другим местным условиям возможно для доочистки устраивать зернистые фильтры. Рекомендуются фильтры следующих конструкций: однослойные, двухслойные и каркасно-засыпные (КЗФ). В качестве фильтрующего материала возможно использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры, а также другие зернистые загрузки, обладающие необходимыми технологическими свойствами и химической прочностью [4].

Фильтры проектируются с учетом требований СНиП 2.04.02-84 и СНиП 2.04.03-85 на минимальный часовой расход с вычетом допустимой неравномерности поступления сточных вод, равной 15%. Для предотвращения биообрастания фильтров с зернистой загрузкой в поступающие стоки вводится хлор с дозой до 2 мг/л. Кроме этого, должна осуществляться периодическая обработка фильтров (2...3 раза в год) хлорной водой с содержанием хлора до 150 мг/л при периоде контакта 24 ч.

Имеются типовые проекты "Установки по доочистке сточных вод на песчаных фильтрах" (N 902-2-248...902-2-250) для очистных станций пропускной способностью от 100 до 1400 м³/сут. Эти установки предназначены для доочистки сточных вод, имеющих БПК_{полн} в пределах 20-25 мг/л, со снижением на песчаных фильтрах БПК_{полн} до 6-8 мг/л и содержания взвешенных веществ до 4-6 мг/л. Фильтры выполняются в виде стальных цилиндров диаметром 1,5-3,2 м и высотой 4 м. Фильтр загружен крупнозернистым песком (крупностью 2 мм) и имеет дренажную систему, расположенную в гравийных слоях. Направление фильтрации - сверху вниз, промывка фильтров - водовоздушная. Для промывки используют очищенные сточные воды. В состав сооружений входят здание фильтров, приемный резервуар и резервуары промывной воды [4].

С целью предотвращения заиливания зернистых фильтров (кроме КЗФ) перед ними должны устанавливаться сетчатые барабанные фильтры, которые в этом случае называются барабанными сетками. Содержание взвешенных веществ в биологически очищенной сточной воде перед барабанными сетками не должно превышать 250 мг/л; в ней должны отсутствовать вещества, затрудняющие промывку сетки (смолы, жиры, масла, нефтепродукты и пр.) Эффективность задержания взвешенных веществ на барабанных сетках составляет 20...25% и 5...10% БПК_{полн}. Барабанные сетки должны промываться 8...12 раз в сутки водой, прошедшей сетки, в течение 5 минут с расходом 0,3...0,5% от расчетной производительности.

Сетчатые барабанные фильтры могут использоваться и как самостоятельные сооружения глубокой очистки, в этом случае они называются мик-

рофильтрами. НИИ КВОВ разработаны конструкции микрофильтров производительностью 50 и 200 м³/сут типов МФ-50 и МФ-200. Эффективность очистки при подаче на них биологически обработанных сточных вод составляет по БПК₅ 20...30%, а по взвешенным веществам - 65...70%.

Эксплуатация фильтров с тяжелыми зернистыми нагрузками выявила ряд общих для них недостатков: сложность промывки и большие энергозатраты на нее, трудоемкость и сложность загрузки и выгрузки тяжелых фильтрующих материалов из корпуса фильтра, необходимость установки перед фильтрами барабанных сеток (кроме КЗФ). Указанные недостатки можно устранить, применяя легкие плавающие фильтрующие загрузки из пенополистирола марки ПСВ. Этот материал имеет малую насыпную плотность (30...150 кг/м³) и отвечает всем требованиям, предъявляемым к фильтрующим загрузкам. Имеются различные конструкции фильтров с этой полимерной загрузкой, причем установлено, что более глубокая степень доочистки достигается на гидроавтоматическом фильтре марки АФПЗ-4. Содержание взвешенных веществ в отфильтрованной воде составляет 3...5 мг/л, БПК_{полн} - 3...7 мг/л [4].

Расчет механических фильтров

I. Барабанные сетки или микрофильтры принимаются по их производительности.

II. Фильтры с зернистой загрузкой:

- выбирается тип фильтра в зависимости от необходимого эффекта очистки;

- определяется общая площадь фильтров F_{ϕ} ;

- принимается количество фильтров: $N = 0,5 (F_{\phi})^{1/2}$;

- проверяется скорость фильтрования $v_{\phi\phi}$ при форсированном режиме:

$$v_{\phi\phi} = \frac{N \cdot v_{\phi}}{N - N_{\phi}}, \quad (43)$$

где v_{ϕ} - табличная скорость фильтрования при нормальном режиме, N_p - количество фильтров, находящихся в ремонте;

- если $v_{\phi\phi}$ больше табличного значения, то изменяют количество фильтров и расчет повторяют;

- определяются площадь и размеры одного фильтра.

5. КОМПАКТНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Компактные установки заводского изготовления для искусственной биологической очистки могут работать по методам полного окисления и аэробной стабилизации избыточного активного ила. По первому методу работают установки типа БИО и УКО, установки типа КУ изготавливаются в модификациях для обоих методов. Пропускная способность этих установок - 12...700 м³/сут. Установки заводского изготовления, сконструированные по методу полного окисления и аэробной стабилизации не имеют друг перед другом существенных технологических преимуществ, поэтому область применения этих методов может быть рекомендована только исходя из технико-экономических показателей с учетом сложности эксплуатации.

Установки типа БИО разработаны ГПИ "Эстонпроект" совместно с кафедрой санитарной техники Таллиннского политехнического института на производительность от 15 до 150 м³/сут. Установки типа КУ разработаны НИИ КВОВ АКХ им. К.Д.Памфилова для очистки бытовых стоков с расходом 12...700 м³/сут, причем установки производительностью 200...700 м³/сут - с применением метода аэробной стабилизации избыточного активного ила. Установки типа УКО разработаны НИКТИ городского хозяйства на суточную производительность 25...100 м³/сут [4,6].

5.1. Установки, работающие по методу полного окисления

Эти установки разработаны для очистных станций производительностью 12-200 м³/сут и предназначены для полной биологической очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод.

УСТАНОВКИ ТИПА КУ. Имеют маркировку КУ-12, КУ-25, КУ-50, КУ-100, КУ-30, КУ-60 и КУ-120. Число обозначает расчетную производительность установки в м³/сут. Установка КУ-12 имеет механическую аэрацию, остальные - низконапорную и пневматическую. Установки с тонкослойным отстаиванием имеют индексы КУ-30, КУ-60 и КУ-120. Все установки конструктивно выполнены в виде аэротенков-отстойников с принудительным возвратом активного ила. Технические характеристики установок приведены в табл.2.

Таблица 2

**Технические характеристики установок КУ
с производительностью до 120 м³/сут**

Показатель	КУ-12	КУ-25	КУ-30	КУ-50	КУ-60	КУ-100	КУ-120
Производительность, м ³ /сут	12	25	30	50	60	100	120

Число монтажных элементов	1		2		4		
Условное число жителей, обслуживаемых установкой	60	125	150	250	300	500	600
Высота, м	2,3	3					
Объем зоны, м ³ :							
- аэрационной	13	25	29	50	58	100	116
- отстойной	2,2	5,9	2,5	11,3	5,0	23,6	10
Масса, т	2,7	5,2		8,6	7,4	14,6	12,3
Система аэрации	Механич.	Пневматическая и низконапорная					
Установленная мощность электрооборудования, кВт*	1,7	6(11)			10(20)		
Марка воздуходувок	---	1A11-80-2A		1A12-50-2A		1A21-80-2A	
Число воздуходувок	---	2					
Марка вентилятора**	---	ВВД № 5					
Размеры тонкослойного модуля, мм	---	---	670х 1030х 800	---	670X 1030х 800	---	670х 1030х 800
Число модулей	---	---	4	---	4	---	8

*В скобках показана установленная мощность модификации установок с низконапорной аэрацией.

**Вентиляторы устанавливаются в случае низконапорной аэрации.

Эти установки рассчитаны на очистку бытовых стоков при норме водоотведения 200 л/(сут·ч), то есть концентрация загрязнений по БПК₅ составляет 270 мг/л, а по взвешенным веществам - 325 мг/л. Аэрационная зона рассчитана на окислительную мощность по БПК₅, равную 270 мг/(м³·сут), при средней дозе ила 3,5-4 г/л.

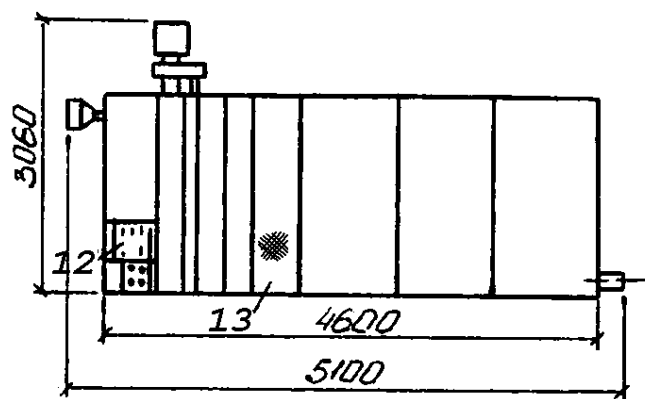
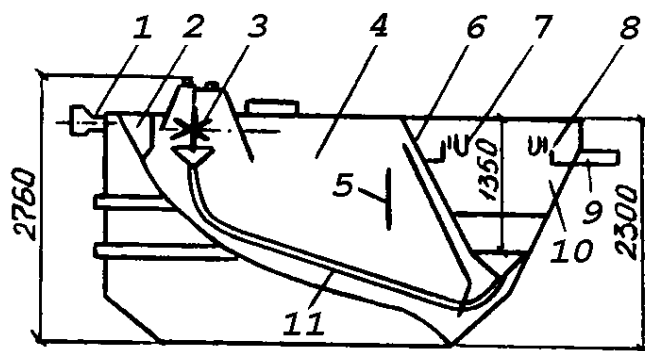
Установки производительностью 12 и 25 м³/сут изготавливаются на заводе в виде единого блока, а производительностью 50 и 100 м³/сут - в виде монтажных элементов, размеры и масса которых позволяют легко осуществлять из транспортировку и сборку.

В установку типа КУ-12 включают решетки с прозорами 16 мм и ручной очисткой или решетку-дробилку РД-100 и аэротенк-отстойник. Аэратор - роторного типа диаметром 500 мм и длиной 2 м с частотой вращения 90 мин⁻¹. Сверху установка перекрывается щитами.

Принцип работы установки КУ-12 следующий (рис.20): сточная вода подается на установку, проходит через решетки с ручной очисткой, где происходит удаление крупных загрязнений, очищается в аэрационной зоне активным илом и через систему перегородок поступает в отстойную зону, где активный ил отделяется от очищенной сточной жидкости. Активный ил, задержанный в отстойной зоне, возвращается в аэрационную зону через нижнюю щель при помощи лопастного илоподъемника [8].

Установки КУ-25...КУ-100 одинакового конструктивного исполнения с центрально расположенной отстойной зоной имеют ширину 6 м и глубину 2,7 м. Их производительность меняется в зависимости от длины установки, которая собирается из монтажных элементов длиной 2 м, имеющих производительность $25\text{ м}^3/\text{сут}$. Передний и задний монтажные элементы имеют торцевую стенку и патрубки для поступающих и отводящихся сточных вод. Установка КУ-50 собирается из переднего и заднего элементов, КУ-100 имеет дополнительно два средних [6].

Принцип работы установок КУ-25...КУ-100 следующий (рис.21): сточная вода до поступления на установку пропускается через решетку-дробилку РД-100 или дублирующую ручную решетку, затем через входной патрубок перетекает по подающему лотку в два распределительных, проходящих вдоль продольных стенок. Из распределительных лотков через отверстия с регулируемыми треугольными водосливами стоки переливаются в аэротенк-отстойник.



УСТАНОВКИ ТИПА БИО. Выпускаются установки марок БИО-25, БИО-50, БИО-100, БИО-25Т и БИО-50Т. Установки представляют собой аэротенки-отстойники, работающие в режиме продленной аэрации (рис.22). Система аэрации - пневматическая. Основные технические характеристики установок приведены в табл.3.

Установки БИО-25, БИО-50 и БИО-100 монтируются из торцевых и средних секций. Установки БИО-25Т и БИО-50Т состоят из одной типовой секции, входящей в вагон железнодорожного состава. Принцип работы установок БИО: сточная вода биологически очищается в аэрационной зоне, затем поступает через нижнюю щель в зону отстаивания, где осветляется, проходя через слой активного ила и затем отводится зубчатым водосливом. Активный ил по мере накопления из зоны отстаивания перетекает обратно в аэрационную зону [4].

Таблица 3

Технические характеристики установок типа БИО

Показатель	БИО-25	БИО-50	БИО-100	БИО-25Т	БИО-50Т
Производительность, м ³ /сут	15...35	40...75	80...150	15...35	30...70
Число монтажных элементов	1	2	3	1	2
Размеры в плане, м	5,6x3,5	11,2x3,5	16,1x3,5	6,0x3,2	11,6x3,2
Высота, м	3,0			2,0	
Объем: м ³					
- аэротенка	28	56	97,4	19	38
- отстойника	10,5	21	21	7	14
Масса, т	5,3	9,25	11,9	3,8	6,7
Установленная мощность, кВт	7,3	9,7	17,6	7,3	9,7
Нагрузка по загрязнениям, кг БПК	5...11	10...22	17,5...39	3,5...7	7...14

УСТАНОВКИ ТИПА УКО. Разработаны для очистки бытовых или близких к ним по составу производственных сточных вод в количествах 25, 50 и 100 м³/сут, БПК_{полн} которых составляет 100...1000 мг/л, а содержание взвешенных веществ - до 3000мг/л. Они применяются на очистных станциях с пропускной способностью 25...300 м³/сут [6,9].

Установки УКО работают по принципу полного окисления и представляют собой аэротенки-отстойники с импеллерным или роторным аэратором. Основные технические характеристики установок приведены в табл.4.

Установка УКО-25 (рис.23) оборудована импеллерным аэратором. На входе стоков в установку устроена решетка с ручной очисткой. Зона отстаивания имеет взвешенный слой активного ила, возврат которого производится с помощью подсоса аэратором. Установка изготавливается на месте из двух монтажных, свариваемых на месте элементов.

Таблица 4

Технические характеристики установок типа УКО

Показатель	УКО-25	УКО-50	УКО-100
Производительность, м ³ /сут	25	50	100
Объем зоны, м ³ :			
- аэрации	28,6	40	90
- отстаивания	6,6	20,1	33
- контактного резервуара	1,6	---	14,3
Марка аэратора	АИ-1М		АРН
Мощность электродвигателя, кВт	5,5		10
Масса, т:			
- аэратора	0,516	0,516	1,41
- установки	5,1	6,5	17,7
Размеры в плане, м:	6,8x4,4	5x6,7	16,7x5,5
Высота, м	2,5		3,5

Установка УКО-50 (рис.24) не имеет принудительного возврата активного ила. Стоки должны предварительно пройти механическую очистку в решетках и песколовках. Отстойные зоны в установке расположены по бокам зоны аэрации. Возврат активного ила производится через нижнюю щель под действием силы тяжести и подсоса циркуляционного потока в аэрационной зоне.

Установка УКО-100 (рис.25) оборудована роторным аэратором. До поступления на установку сточные воды проходят решетку и песколовку, а затем подаются в аэрационную зону. В отстойную зону иловая смесь поступает через щель, которая образована двумя вертикальными перегородками и выполняет роль воздухоотделителя. Установка собирается из четырех монтажных элементов, свариваемых на месте.

В комплект установок УКО-25 и УКО-100 входит узел обеззараживания, состоящий из контактного резервуара, установки прямого электролиза и выпрямителя. В качестве обеззараживающего агента можно использовать и хлор.

Недостатками установок типа УКО являются отсутствие принудительной циркуляции активного ила на УКО-25 и УКО-100 и относительно сложная их форма.

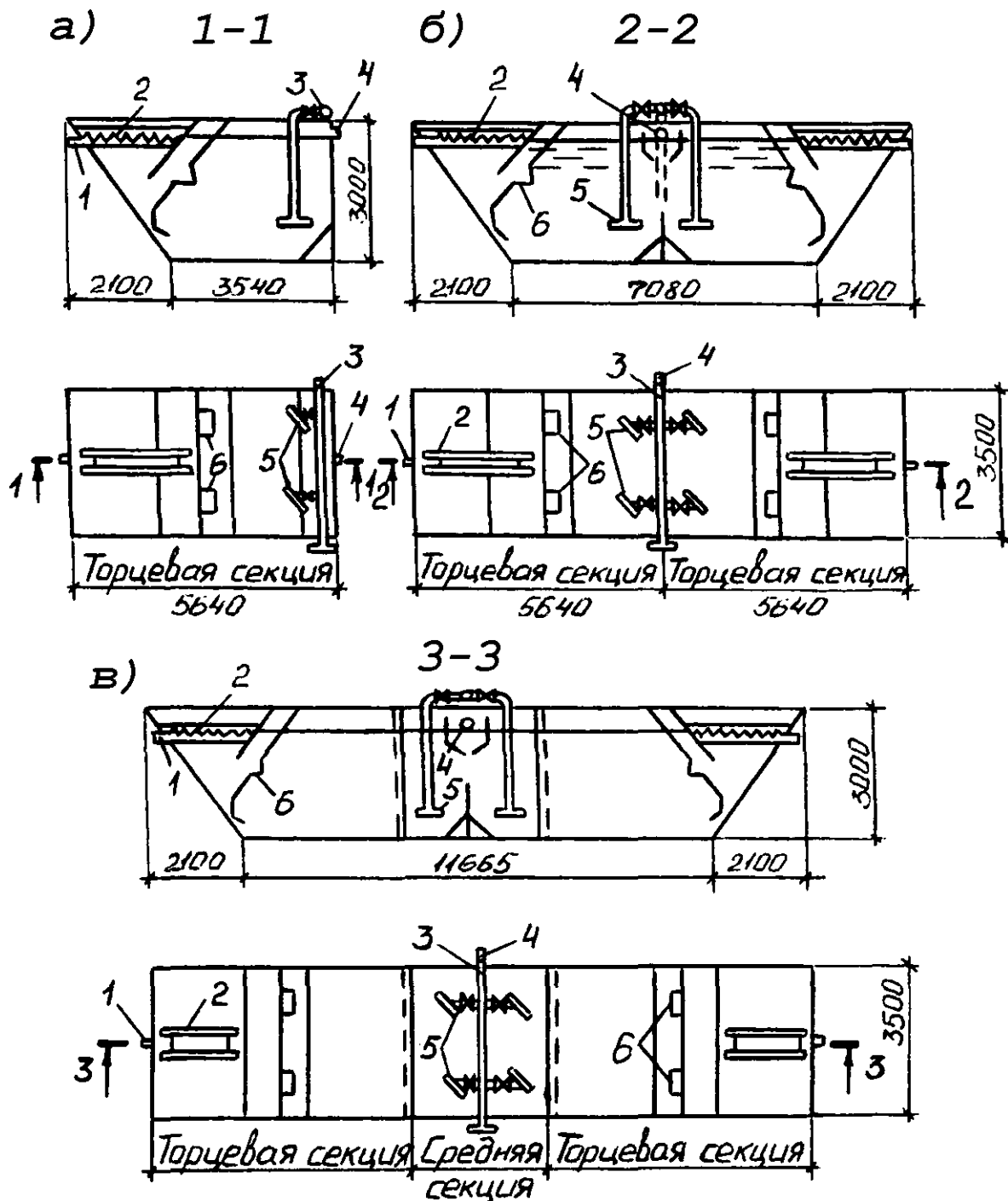


Рис.22. Аэротенки-отстойники типа БИО

а - БИО-25 производительностью $25 \text{ м}^3/\text{сут}$, б - БИО-50 производительностью $50 \text{ м}^3/\text{сут}$, в - БИО-100 производительностью $100 \text{ м}^3/\text{сут}$; 1 - отводящая труба, 2 - зубчатый перелив, 3 - подвод сжатого воздуха, 4 - подводящая труба, 5 - аэраторы из дырчатых труб, 6 - регулируемое отверстие

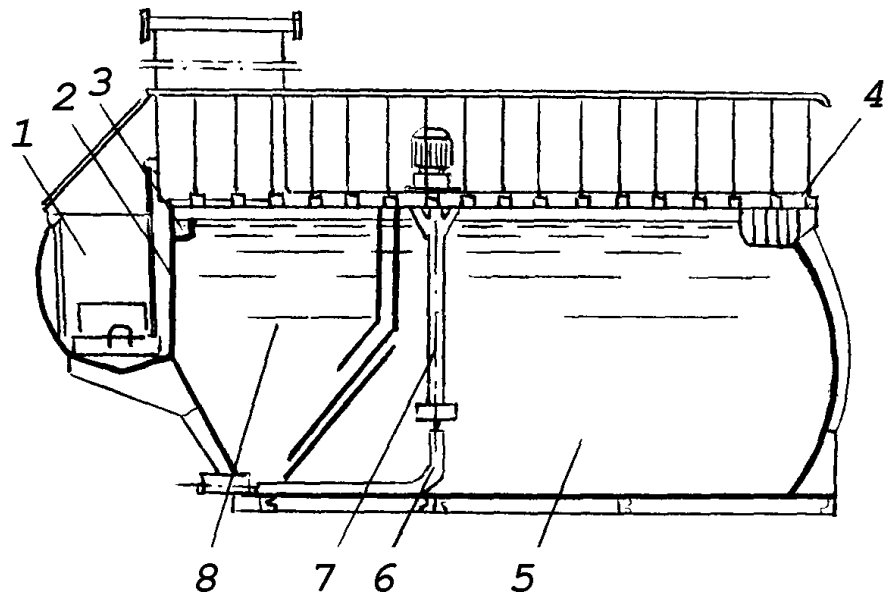


Рис.23. Установка УКО-25

1 - установка прямого электролиза воды, 2 - корпус блока, 3 - лоток для сбора очищенных сточных вод, 4 - мостик для обслуживания, 5 - зона аэрации, 6 - трубопровод возвратного ила, 7 - аэратор, 8 - зона отстаивания.

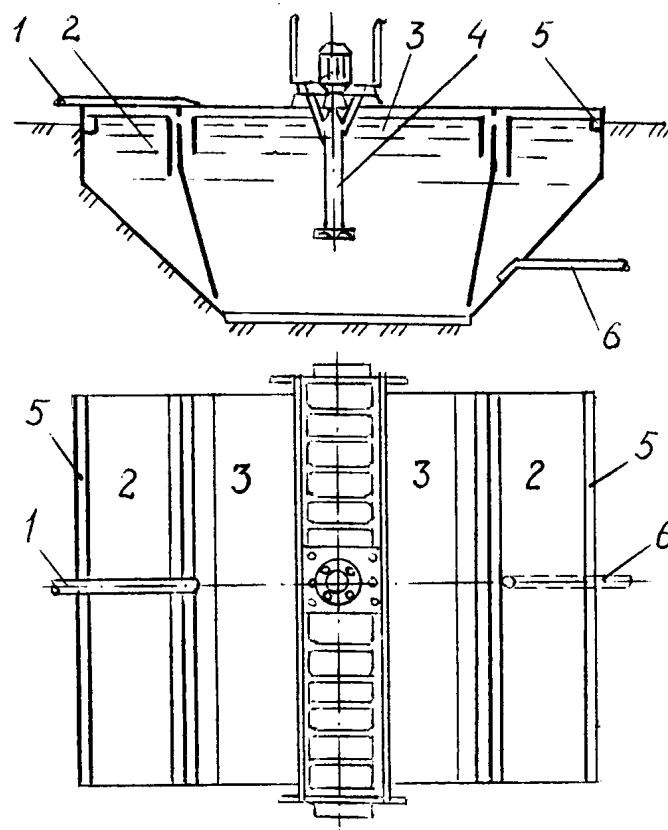


Рис.24. Установка УКО-50

1 - подающий трубопровод сточных вод, 2 - зона отстаивания, 3 - зона аэрации, 4 - аэратор, 5 - лоток для сбора очищенных сточных вод, 6 - трубопровод для удаления избыточного активного ила

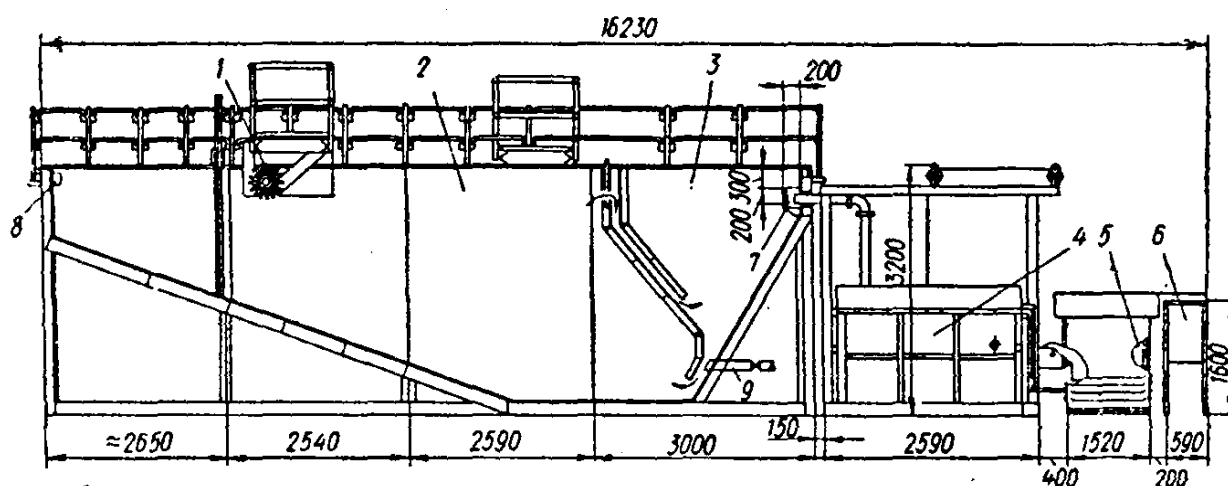


Рис.25. Установка УКО-100

1 - роторный аэратор, 2 - зона аэрации, 3 - зона оттаивания, 4 - установка прямого электролиза воды, 5 - выпрямитель, 6 - пульт управления, 7 - лоток для сбора очищенных сточных вод, 8 - подача сточных вод, 9 - трубопровод для удаления избыточного активного ила.

5.2. Установки, работающие по методу аэробной стабилизации избыточного активного ила

УСТАНОВКИ ТИПА КУ. Эти установки, разработанные для очистных станций производительностью 200, 400 и 700 м³/сут, изготавливаются в виде секций производительностью каждая 200 м³/сут. На очистных сооружениях 400 и 700 м³/сут монтируются соответственно две или три секции [6].

Установки (рис.26) представляют собой блок, объединяющий аэротенк, вторичный отстойник и стабилизатор избыточного активного ила. Система аэрации - пневматическая. Техническая характеристика установок приведена в табл.5.

Расчетная концентрация загрязнений по БПК₅ составляет 270 мг/л, по взвешенным веществам - 325 мг/л. При более высоких концентрациях производительность установки должна быть пересчитана. Продолжительность пребывания стоков при их максимальном притоке составляет: в аэротенке - 9 часов, во вторичном отстойнике - 1,5 часа. Время пребывания избыточного активного ила в стабилизаторе - от 6,5 до 7,5 часов. Количество ила - 360 г/м³ стоков.

Расчетные показатели очищенных сточных вод составляют по БПК₅ и взвешенным веществам - 15 мг/л.

Аэротенк представляет квадратный в плане резервуар, по дну которого проложены четыре плети перфорированных труб. Вдоль одной из сторон расположен лоток подачи сточных вод с четырьмя треугольными регулируемыми

мыми водосливами. С противоположной стороны имеются затопленные окна для подачи стоков в отстойник. Отстойник - вертикального типа, без центральной трубы. Активный ил из прямков возвращается в аэрационную зону при помощи эрлифтов. Конструкция аэробного стабилизатора аналогична конструкции аэротенка.

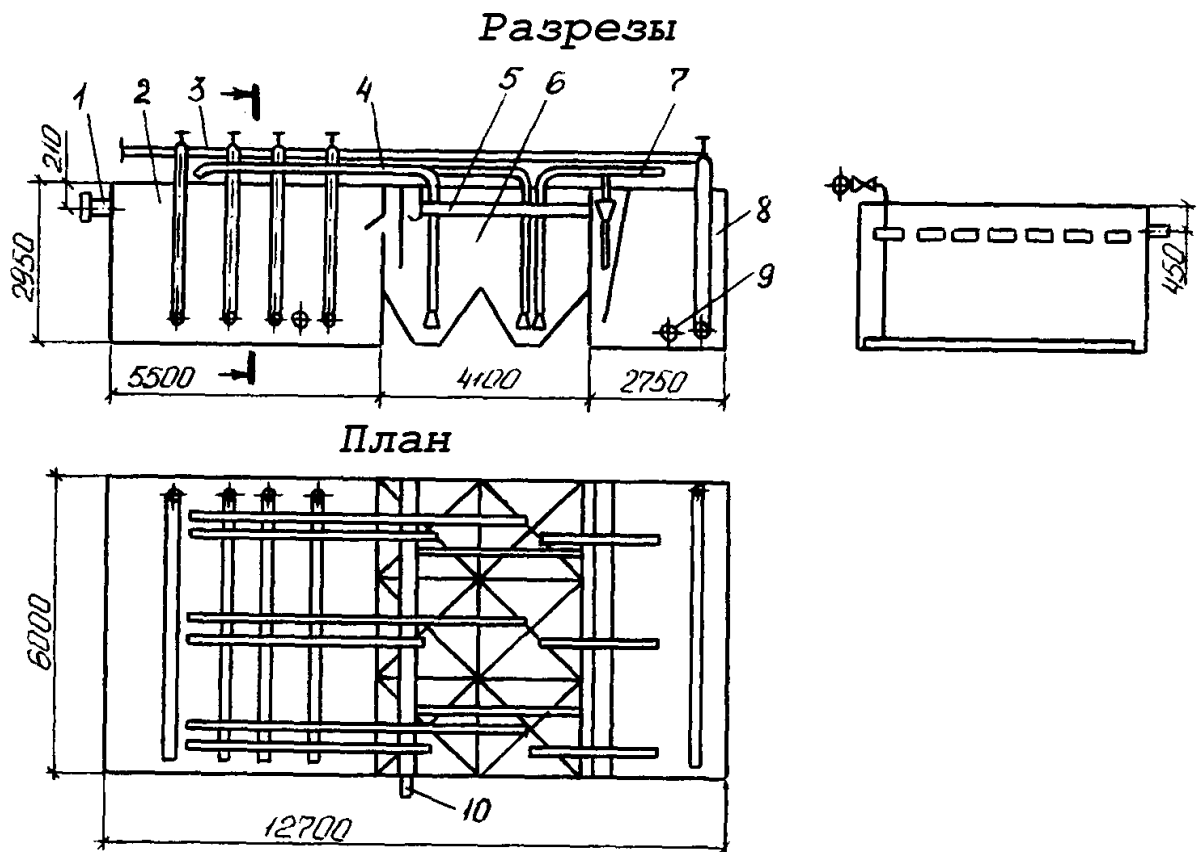


Рис.26. Схема установок КУ-200...КУ-700

1 - входной патрубок, 2 - аэротенк, 3 - аэрационная система, 4 - эрлифт для возврата активного ила, 5 - сборный желоб, 6 - отстойник, 7 - эрлифт для перекачки плавающих веществ, 8 - аэробный стабилизатор, 9 - выпуск ила, 10 - патрубок для отвода очищенных сточных вод

Таблица 5

Технические характеристики установок типа КУ с пневматической аэрацией производительностью 200...700м³/сут

Показатель	КУ-200	КУ-400	КУ-700
------------	--------	--------	--------

Производительность, м ³ /сут	200	400	700
Число монтажных элементов	1	2	3
Условное число жителей, обслуживаемых установкой	1000	2000	3500
Размеры секций в плане, м	6x14		
Высота, м	3		
Объем, м ³ :			
- аэротенка	100	200	300
- отстойника	30	60	90
- стабилизатора	90	180	270
Масса, т	22	44	66
Установленная мощность электрооборудования, кВт	26	35	44
Марка воздуходувок	1A21-80-2A	1A21-80-2A	1A24-50-2A
Число воздуходувок	3	4	3

Принцип работы установки: сточные воды, проходя через решетку-дробилку, расположенную вне установки, поступают в подающий лоток, распределяются с помощью водосливов на четыре части и попадают в аэротенк-смеситель. Из аэротенка смесь активного ила и сточных вод через затопленные окна поступает в пространство, отделенное в отстойнике перегородкой, по которому спускается в нижнюю часть рабочей зоны отстойника. Осветленная сточная жидкость собирается лотками и отводится из установки. Активный ил из прямиков отстойника перекачивается эрлифтами в аэротенк. Периодически включаются эрлифты, которые перекачивают избыточный активный ил в стабилизатор.

Поступление в стабилизатор свежих порций активного ила вызывает отделение такого же объема воды в отстойной зоне стабилизатора, которая отводится вместе с очищенными сточными водами из установки, обеззараживается и сбрасывается в водоем. Период между выгрузками обработанного активного ила из стабилизатора составляет ориентировочно 7-10 суток.

5.3. Типовые проекты с установками типа КУ

Разработаны типовые проекты "Станция биологической очистки сточных вод" с установками заводского изготовления производительностью 12, 25, 50, 100, 200, 400 и 700 м³/сут, некоторые характеристики которых приведены в табл.6.

Таблица 6

Характеристики типовых проектов очистных станций с компактными установками КУ

Характеристика	Типовые проекты 902-2-...						
	...261	...262	...263	...223	...265	...266	...267
Производитель-	12	35	50	100	200	400	700

ность, м ³ /сут		(30)	(60)	(120)			
Состав сооружений*	ПВ+КУ+ИП+КР			ПВ+ПК+КУ+ИП+КР			
Марка решеток-дробилок	встроенная РД-100 и ручная решетка			РД-200 и ручная решетка			
Марка и количество установок	одна КУ-12	одна КУ-25 или КУ-30	одна КУ-50 или КУ-60	одна КУ-100 или КУ-120	одна КУ-200 или две КУ-100	одна КУ-400 или две КУ-200	одна КУ-700 или три КУ-200
Производственно-вспомогательное здание**: - размеры в плане, м - помещения	3x6 Хл+Сл	6x6 Хл+Сл+Вд		9x12 Вд+Эл+Ко+Бт			

*ПВ - производственно-вспомогательное здание,
ПК - блок приемной камеры и решетки-дробилки,
КУ - компактные установки,
ИП - иловые площадки,
КР - контактный резервуар.

**Хл - хлораторная с хлораторами на хлорной извести,
Сл - служебные помещения,
Вд - воздуходувная,
Эл - электролизная с установками типа ЭН-5,
Ко - котельная,
Бт - бытовые помещения.

Производственно-вспомогательное здание очистной станции производительностью 100 м³/сут может быть оборудовано хлораторами или электролизерами.

Контактные резервуары рассчитаны на 30-минутное пребывание сточных вод и могут выполняться сборными из железобетонных колец диаметром 1,5 и 2 м или сборно-монолитными из панелей и монолитного днища.

Расход воздуха, подаваемого на установки типа КУ, приведен в табл.7.

Таблица 7

Расход воздуха (л/с), подаваемого на установки КУ

Подача воздуха	Производительность установки, м ³ /сут								
	25	30	50	60	100	120	200	400	700
на аэрацию	10,7	12,8	21,4	25,6	42,8	51,2	86	172	301
на эрлифты	0,5			1		2	1,5	3	4,5

на перемешивание в лотке	0,8		1,7		3,4		---	---	---
на стабилизацию	---	---	---	---	---	---	22	44	66
Общий	12	14,1	23,6	28,3	47,2	56,6	109,5	219	371,5

Для подсушки избыточного активного ила могут быть запроектированы иловые площадки на естественном основании с дренажем или на искусственном основании с асфальтобетонным покрытием. Дренажные воды с иловых площадок удаляются в контактный резервуар.

6. ПРИМЕРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТКИ

На рис.27 и 28 приведены несколько вариантов достаточно традиционных технологических схем очистки сточных вод, которые применяются в ряде малых населенных пунктов с расходами от 700 до 6000 м³/сут. *

Отличительной особенностью схемы 'а' на рис.27 является наличие в ней двухъярусного отстойника, который выполняет две функции: осветляет стоки перед биофильтрами и служит для совместной обработки осадка, измельченных отбросов с решеток и избыточной биопленки. В схеме 'а' на рис.28, рассчитанной на примерно такую же производительность, биофильтр заменен на аэроокислитель (аэротенк на полное окисление), для обеспечения глубокой очистки предусмотрены два каскада биопрудов. Кроме этого, для обработки активного ила предусмотрен аэробный стабилизатор.

Схема 'а' на рис.27 практически совпадает со схемой 'б', отличие - предусмотрены биопруды с естественной аэрацией для доочистки стоков перед сбросом. В схеме 'в' на рис.27 в качестве сооружения искусственной биологической очистки используется аэроокислитель, а для доочистки - каркасно-засыпные фильтры. Для стабилизации трех видов осадков в схеме применяется аэробный стабилизатор.

В схеме 'б' на рис.28 вместо первичного отстойника запроектирован осветлитель-перегниватель, который служит одновременно и для сбраживания образующихся на станции осадков. Для биологической очистки применяются аэротенки.

В последней схеме 'в' (рис.28) очистной станции, которая рассчитана на самый большой расход, примененные проектные решения являются традиционными для станций на значительную производительность с доочисткой.

Во всех схемах для обеззараживания используется хлорирование воды, для обезвоживания стабилизированного осадка - иловые площадки.

* Схемы предоставлены канд.техн.наук, доц. Лебедевой Е.А.

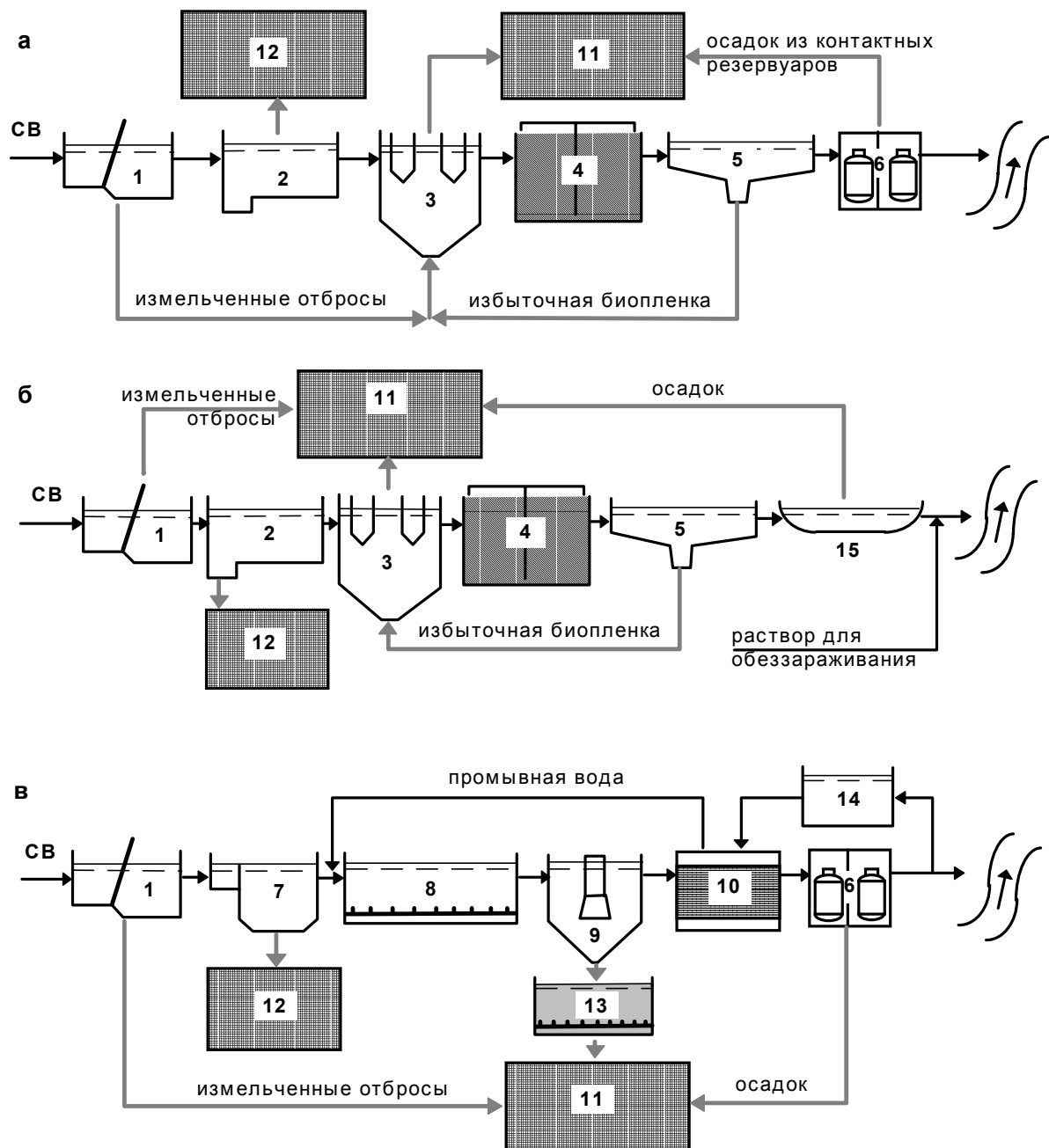


Рис.27. Примеры типовых технологических схем станций очистки сточных вод населенных пунктов

производительностью 700-1400 м³/сут

а - 700 м³/сут, б - 1000 м³/сут, в - 1400 м³/сут

СВ - поступление сточных вод на очистку. 1 - решетки, 2 - горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды, 3 - двухъярусные отстойники, 4 - биофильтры, 5 - вторичные радиальные отстойники, 6 - блок обеззараживания, 7 - тангенциальные песколовки, 8 - аэроокислитель, 9 - вторичные вертикальные отстойники, 10 - каркасно - засыпные фильтры, 11 - иловые площадки, 12 - песковые площадки, 13 - аэробный стабилизатор, 14 - резервуар промывной воды, 15 - биопруды с естественной аэрацией

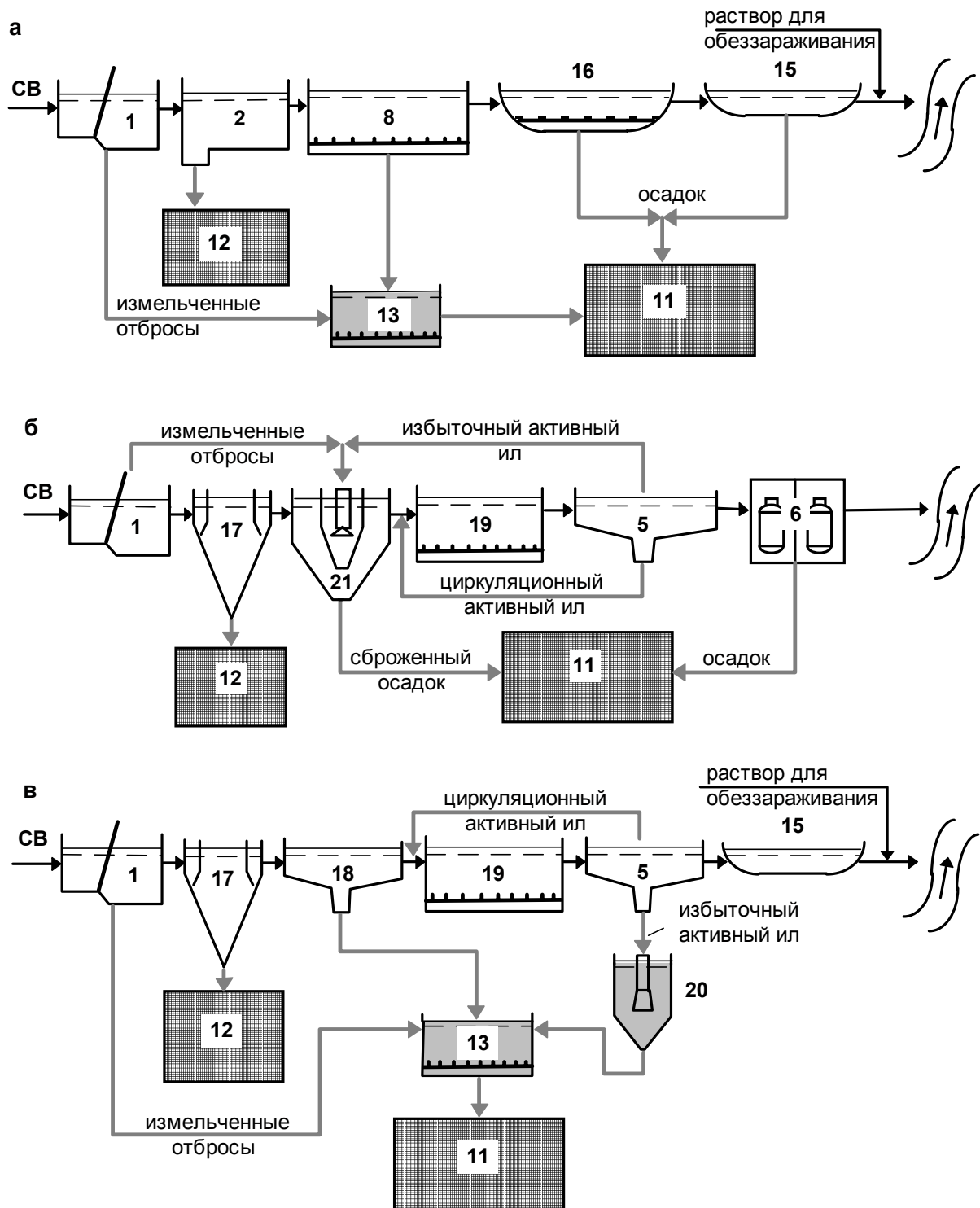


Рис.28. Примеры типовых технологических схем станций очистки сточных вод населенных пунктов

производительностью 800-6000 м³/сут

a - 800 м³/сут, б - 3000 м³/сут, в - 6000 м³/сут

(1-15) - см. предыдущий рисунок, 16 - биопруды с искусственной аэрацией, 17 - горизонтальные песколовки с круговым движением воды, 18 - первичные радиальные отстойники, 19 - аэротенки, 20 - вертикальный илоуплотнитель, 21 - осветлитель - перегниватель

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очищенная сточная вода и обработанный осадок могут полноценно использоваться для различных целей, например, в сельском хозяйстве. Известный метод использования очищенных и обеззараженных стоков, которые имеют достаточную удобрительную ценность, - в поливном земледелии для выращивания тепличных культур.

Из всех видов осадков, образующихся на биологических очистных сооружениях с небольшой производительностью, наибольший объем имеет избыточный активный ил (био пленка). Для утилизации этого осадка широкое распространение получил метод компостирования совместно с твердыми бытовыми и сельскохозяйственными отходами. В процессе компостирования происходит аэробная деструкция органических отходов в условиях повышенной температуры (80-90°C). В результате получается гумифицированный стабильный продукт, который может быть использован как удобрение и средство, улучшающее структуру почв. На практике компостирование производится в грядах (длинные кучи). Срок созревания компоста - 30-60 суток.

Возможность утилизации очищенных стоков и обработанных осадков в каждом конкретном случае определяется экономическим расчетом. Экономический эффект зависит от соотношения доходов от продажи и расходов, которые складываются из затрат на транспортировку и устройство сооружений для утилизации.

Список литературы

1. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации: Пер. с нем./Под ред. В.А.Шпицберга.- М.:Стройиздат, 1980.- 200 с.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий/Н.И.Лихачев, И.И.Ларин, С.А.Хаскин и др.; Под ред. В.Н.Самохина.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.:Стройиздат, 1981.-639 с.
3. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- Введ. 01.01.1986.- М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 72 с.
4. Мочалов И.П., Родзиллер И.Д., Жук Е.Г. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных мест: В условиях Крайнего Севера.- Л.:Стройиздат, 1991.- 160 с.
5. Ласков Ю.М., Воронов Ю.М., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб.пособие для вузов.- 2-е изд., переб. и доп.- М.:Стройиздат, 1987.- 255 с.
6. Разумовский Э.С., Медриш Г.Л., Казарян В.А. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных пунктов.- 2-е изд., перераб, и доп.- М.:Стройиздат, 1986.- 173 с.
7. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов/С.В.Яковлев, Я.А.Карелин, Ю.М.Ласков, В.И.Калицун.- М.:Стройиздат, 1996.- 591 с.
8. Инструкция по привязке и эксплуатации установок заводского изготовления для очистки сточных вод/ Мин-во жил.-коммун. хоз-ва РСФСР, Акад. коммун. хоз-ва им К.Д.Памфилова, НИИ коммун. водоснабжения и очистки воды.- М.:Стройиздат,1984.- 28 с.
9. Юрьев Б.Т. Очистка сточных вод малых объектов.- Р.:Авотс, 1983.- 173 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОКОВ	3
1.1. Решетки	4
1.2. Песколовки	6
1.3. Отстойники	11
1.4. Септики	16
2. СООРУЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ	18
2.1. Аэротенки	18
2.2. Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК).....	25
2.3. Капельные биофильтры	26
3. УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД	29
4. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	35
4.1. Доочистка в биологических прудах	36
4.2. Доочистка на механических фильтрах	38
5. КОМПАКТНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	40
5.1. Установки, работающие по методу полного окисления	40
5.2. Установки, работающие по методу аэробной стабилизации избыточного активного ила.....	48
5.3. Типовые проекты с установками типа КУ	50
6. ПРИМЕРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТКИ.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	56