# Лабораторная работа №1. Оборудования для механической очистки сточных вод. Расчет песколовки и отстойников

**Цель работы**: Приобретение навыков выбора и расчета песколовок и отстойников.

# Вводная часть

Гидросфера – это совокупность океанов, морей, озер, рек, прудов, болот, подземных вод, ледников и водяных паров атмосферы. Обычно в воде находятся различные примеси органического и неорганического происхождения. Источниками загрязнения водных объектов являются промышленность, сельское хозяйство, города, транспорт. Число загрязнителей достигает 2500. До 80% всех заболеваний связано с качеством потребляемой воды.

Основные пути решения проблемы защиты водных объектов являются очистка сточных вод от загрязнения, обеспечение режима и регулирования качества воды, создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения. Качество воды характеризуется органолептическими (цвет, запах, привкус, мутность), гидрохимическими (pH, растворенный кислород, минерализация, биогенные элементы, железо), микробиологическими показателями и содержанием токсинов. Критерием качества воды является значение:

𝑛

𝐶ф𝑖

∑ ПДК ≤ 1

𝑖

𝑖=1

где С*фi* – фактическая концентрация i-го вещества в воде, мг/л; ПДКi – предельно допустимая концентрация этого вещества в воде, мг/л, n – количество веществ данной группы.

Нормативом поступления веществ в водный объект является ПДС – предельно допустимый сброс массы вещества за единицу времени, г/с:

ПДС = 𝑞𝐶ПДС,

где q – расход сточных вод, м3 /с; CПДС – разрешенная концентрация вредного вещества в сточной воде, г/м3 .

Гидромеханические процессы — это процессы в жидкостных или газовых системах, скорость которых определяется законами механики и гидродинамики. Основой гидромеханических процессов является гидростатическое или гидромеханическое воздействие на сырье и материалы. К ним относят процессы транспортирования жидкостей и газов, разделения жидкостных и газовых систем, перемешивания в жидких средах, диспергирования, пенообразования и псевдоожижения, отстаивания,

фильтрования, центрифугирования и сепарирования. Движущей силой гидромеханических процессов является перепад давления.

Механическая очистка воды применяется для выделения из воды нерастворенных минеральных и органических примесей. В большинство случаев механическая очистка является предварительной (грубой) очисткой, перед другими методами. Для удаления из воды взвешенных частиц применяют процеживание, отстаивание, центрифугирование, фильтрование.

Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации взвешенных частиц, расхода сточных вод и степени очистки.

Перед подачей сточных вод на механическую очистку их могут направлять в усреднители, которые регулируют состав и расход сточных вод, так как состав и расход сточных вод значительно изменяется в течение суток. Усреднители либо дифференцируют поток, либо перемешивают отдельные потоки.

Процеживание – первичная стадия обработки сточных вод для извлечения из них крупных нерастворимых примесей, а также волокнистых фракций, которые препятствуют нормальной работе очистительных сооружений. Для этого сточные воды пропускают через решетки (сита) и волокноуловители, перед отстойниками.

Отстаивание – осаждение взвешенных частиц под воздействием гравитационных сил. Отстаивание осуществляется в песколовках и отстойниках. Песколовки устанавливаются перед отстойниками, для выделения тяжелых минеральных примесей (песка), что упрощает эксплуатацию отстойников и сооружений по обработке осадка. Время пребывания воды в песколовках составляет 0,5-2 мин. Обезвоженный песок можно использовать в строительстве.

Отстойники делятся на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальные отстойники применяют на станциях очистки сточных вод пропускной способностью более 15000 м3/сут. Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные в плане резервуары с глубиной проточной части 1,5÷4,0 м; отношение длины к глубине 8÷12 (рис. 2). Отстойники оборудованы скребковыми механизмами, обычно тележечного или ленточного типа, сдвигающими выпавший осадок к иловым приямкам, откуда он удаляется насосами, гидроэлеватарами, грейферами или под гидроататическим напором. Для удаления легкого осадка (например, активного ила) применяются также передвижные эрлифные установки, позволяющие равномерно удалять осадок без его сгребания с поверхности днища.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые в плане резервуары диаметром 4 – 9 м с коническим днищем, образующим емкость для накопления осадка. (рис. 3). Отстойники этого типа применяют на станциях пропускной способностью до 20000 м3/сут.

Наиболее распространенным типом отстойника является отстойник с впуском воды через центральную трубу, снабженную в нижней части раструбом и отражательным щитом.

Вертикальный отстойник с центральной трубой для впуска воды состоит из цилиндрической и конической частей и центральной трубы для впуска воды. Последняя модификация вертикальных отстойников – радиальные отстойники, отличаются радиальной конфигурацией и наличием скребкового механизма. Вертикальный отстойник с периферийным впуском воды представлен на рис.4. Емкость отстойников чаще всего рассчитывается на 1,5 ч, во время которого выпадает 40-60% взвешенных веществ. Эффективность очистки можно повысить, увеличивая скорость осаждения частиц путем их укрупнения коагуляцией и флокуляцией или уменьшением вязкости воды нагреванием.

Для очистки сточных вод, содержащих нефть, при концентрации более 100 мг/л применяют нефтеловушки. Нефтеловушки представляют собой прямоугольные резервуары, подобные горизонтальным отстойникам, в которых нефть и вода разделяются из-за разности плотностей, причем нефть всплывает на поверхность, собирается и утилизируется.

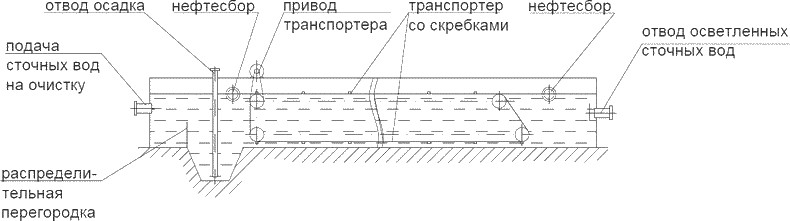


Схема нефтеловушки

Характеристики различных аппаратов механической очистки приведены в таблице 1.1

Табл. 1.1 Характеристики аппаратов механической очистки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Аппарат | Размер улавливаемых частиц, мкм | Концентрация до очистки, мг/л | Концентрация после очистки, мг/л |
| Решетки | 1600 | 0,5-2 | - |
| Песколовки | 200-250 | 500 | - |
| Отстойники | 50-30 | 500-300 | 150-100 |
| Фильтры | 1-0,1 | 350-10 | 3,5-3 |

***Методика расчета.***

# 1 Расчет горизонтальной песколовки

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант № | Q, м3/ч | N | h1, м | dч, мм | u0, мм/c |
| 10. | 900 | 2 | 0,5 | 0,3 | 29,4 |

1. Площадь сечения песколовки: 𝐹 = 𝑄/𝑛, (1)

где Q — расход сточных вод, м3 /с; — средняя скорость движения воды, принимаем 0,2м/с; n — количество отделений.

1. Длину песколовки (рис. 6.1) вычисляют по формуле:

𝐿 = 𝑘 ℎ1 𝖯, (2)

𝑢0

где h1 — глубина проточной части, м; u0 — гидравлическая крупность песка расчетного диаметра, м/с (табл. 6.1); k — коэффициент, учитывающий влияние турбулентности и других факторов на работу песколовок:

𝑘 = 𝑢0 ,

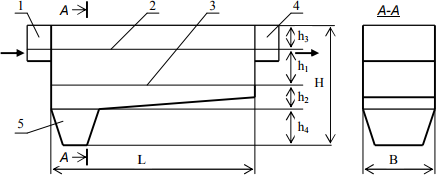
√𝑢2−0.0025𝖯2

0

1. Ширина песколовки: 𝐵 = 𝐹/ℎ1, м
2. Общая высота песколовки: 𝐻 = ℎ1 + ℎ2 + ℎ3 + ℎ4, м.

где h1, h2, h3 и h4 – соответственно высота проточной части, слоя песка, над- водной части и приямки (принимаем: ℎ4 = ℎ1; ℎ2 = ℎ3 = ℎ1/2).

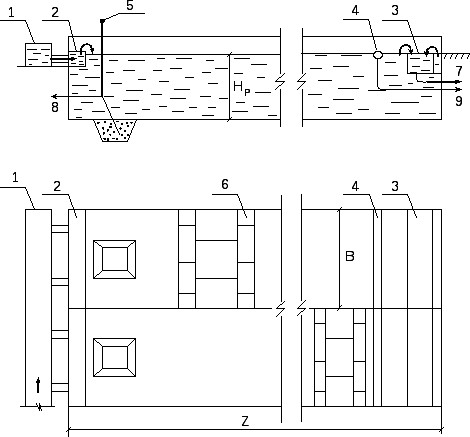
1. Уклон днища для сползания слоя песка к приямку принимают 0,2-0,4.
2. Начертить схему песколовки (рис.1).



*Рисунок 1– Песколовка горизонтальная: 1– лоток подающий; 2– уровень воды; 3– слой песка; 4– отводящий лоток; 5– приемник.*

# 2 Расчет отстойников

1. *Расчет горизонтального отстойника.*



*Рисунок 2– Схема горизонтального отстойника:*

1. *– подводящий канал; 2 – распределительный лоток; 3 – сборный лоток; 4 – поворотная труба с щелевидными прорезями для удаления плавающих веществ; 5*

*– гидроэлеватор; 6 – скребковый механизм; 7 – отвод осветленной воды; 8 – отвод осадка; 9 – отвод плавающих веществ*

* 1. Скорость осаждения частиц в отстойнике (для мелких частиц сферической формы, осаждающихся в ламинарном режиме и в нестесненных условиях (критерий Архимеда Аr3,6)) можно рассчитать по уравнению Стокса:

ϑос

= ( ρч−ρж)d2g,м/с (3)

18μ

ч

где dч - минимальный эквивалентный диаметр частиц, осаждаемых в отстойнике, м; ч - кажущаяся плотность частиц, кг/м3 ; ж - плотность жидкости, примем 1020 кг/м3 ; g - ускорение свободного падения, равное 9,81м/с2 ;  - динамическая вязкость жидкости, принимаем 10 -3 Пас.

* 1. Рабочий объем отстойника:

V = Q, м3 (4)

где  - время отстаивания, принимаем 1,5 ч.

* 1. Ширина отстойника:

𝐵 = 𝑄 ,м (5)

𝖯𝐻

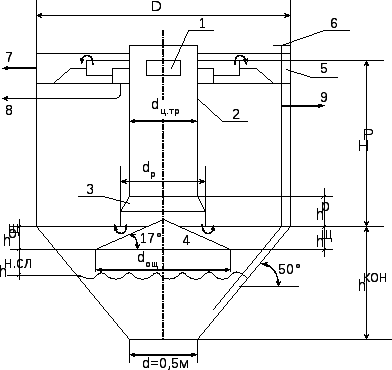
где Q – расход сточных вод, м3 /с;  - скорость движения сточных вод в отстойнике, принимаем равной 0,005 м/с; Н - глубина горизонтального отстойника, принимаем равной 3,2 м.

* 1. Длина горизонтального отстойника:

𝐿 = 𝑉 ,м (6)

𝐵𝐻

* 1. Днище отстойника выполняется с уклоном к приямку не менее 0,005; высота нейтрального слоя принимается равной 0,3 м над поверхностью осадка; для вторичных отстойников должна быть учтена глубина слоя ила, равная 0,3-0,5 м.

1. *Расчет вертикального отстойника с впуском воды через центральную трубу, снабженную в нижней части раструбом и отражательным щитом.*

*Рисунок 3– Схема вертикального отстойника с центральным впуском воды:*

*1 – подводящий канал исходной воды; 2 – центральная труба; 3 – раструб; 4 – отражательный щит; 5 – водосборный лоток; 6 – гидроэлеватор; 7 – отвод осветленной воды; 8 – отвод всплывающих веществ; 9 – отвод осадка*

* 1. Рабочий объем отстойника рассчитывается по формуле (4).
  2. Высота рабочей (цилиндрической) части отстойника:

Н = , м, (7)

где  — скорость движения сточной воды в отстойнике, принимаем 0,7 мм/с.

* 1. Площадь сечения отстойника:

𝐹 =

𝑉 , м2

𝐻

*(8)*

* 1. Площадь сечения центральной трубы:

𝑓цт

= 𝑄 *,м* (9)

𝖯цт

где цт=250-300 мм/с – скорость движения сточной воды в центральной трубе.

* 1. Диаметр центральной трубы:

𝑑цт

= √4𝑓цт,м (10)

𝜋

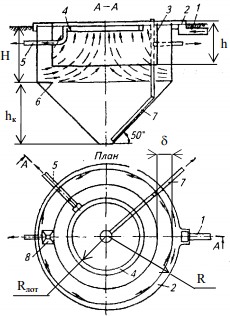
* 1. Диаметр отстойника:

𝐷 = √4(𝐹+𝑓цт). (11)

𝜋

* 1. Остальные параметры принимаются:
* угол наклона поверхности отражательного щита к горизонту  = 17°;
* диаметр раструба и его высота 𝑑р = ℎр = 1,35𝑑цт;
* диаметр отражательного щита 𝑑отр = 1,3𝑑р;
* высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и поверхностью накопленного осадка ℎнс = 0,3 м;
* угол наклона стенок иловой части  = 50 − 60°.

1. *Расчет вертикальных отстойников с периферическим впуском воды (рис. 2).*



*Рисунок 4 – Вертикальный отстойник с периферическим впуском воды: 1 - лоток подающий; 2 - лоток водораспределительный; 3 - стенка струенаправляющая; 4 - лоток кольцевой водосборный; 5 - трубопровод для отвода осветленной воды; 6 - кольцо отражательное; 7 - труба для выпуска осадка; 8 - сборник всплывающих веществ.*

* 1. Радиус вертикальных первичных отстойников можно определить по формуле:

𝑅𝑎

= √ 𝑄 ,м (12)

3.6𝜋𝑘𝖯ос

где Q — расход сточных вод, м 3 /ч; k — коэффициент объемного использования (для отстойников с центральной впускной трубой - 0,35, для отстойников с нисходяще-

восходящими потока-ми с периферическим впуском воды — 0,65– 0,7); ос — скорость осаждения частиц, мм/с, рассчитывается по уравнению (3).

* 1. Радиус отстойников с нисходяще-восходящим потоком 𝑅 = 1,4𝑅в
  2. При проектировании отстойников с периферическим впуском воды их радиус принимается равным до 5м. Ширина кольцевой зоны определяется по формуле:

𝛿 = 𝑅 − √𝑅2 − 𝑄 , м (3,16)

3.6𝜋𝖯вх

где вх=5-7 мм/с — скорость входа воды в рабочую зону.

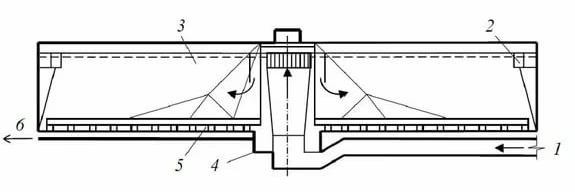
* 1. Остальные параметры принимаются

- рабочая глубина Н = 8;

* заглубление струенаправляющей стенки ℎ = 0,7Н;
* ширина отражательного кольца 𝑏 = 2;
* скорость воды в водораспределительном лотке лот = 0,4 − 0,5 мм/с;
* радиус внутренней стенки кольцевого водосборного лотка с зубчатыми водосливами

𝑅лот = 0,5𝑅;

* удельная нагрузка на зубчатый водослив 𝑞 = 6л/(см);
* угол наклона стенок иловой части  = 50 − 60°.

1. *Расчет радиальных отстойников.*

*Рисунок 5– схема радиального первичного отстойника: 1– подача сточной воды; 2–сборный лоток; 3– отстойная зона; 4–иловый приемник; 5– скребковый механизм;*

*6– удаление осадка.*

* 1. Рабочий объем отстойника рассчитывают по формуле (4)
  2. Радиус радиальных отстойников рассчитывают по формуле (12), где коэффициент k=0,45.
  3. Высота зоны отстаивания:

ℎ1 = 𝑉 ,м (14)

𝜋𝑅2

* 1. Общая высота отстойника лежит в пределах 1,5-5м или Н=(1/3…1/6)R и складывается из трех зон: Н = ℎ1 + ℎ2 + ℎ3, (15)

где h1 - высота зоны отстаивания; h2 - высота нейтрального слоя или зоны сгущения

- 0,3 м; h3 – высота зоны расположения лопастей и слоя осадка - 0,3 м, или глубина слоя ила (для вторичных отстойников) - 0,3-0,5 м;

4.4. Остальные параметры принимаются:

* нагрузка на водосливный фронт зубчатого водослива 𝑞10л/(см);
* частота вращения илоскребов и илососов 𝑛 = 0,8 − 3 ч − 1 .

1. Начертить конструктивную схему песколовки и отстойника с полученными размерами.

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант  № | Q, м3/ч | C0, мг/л | dч, мкм | ρч, кг/м3 | Тип отстойника |
| 1. | 500 | 1000 | 50 | 1500 | Горизонтальный |
| 2. | 400 | 950 | 45 | 1550 | Горизонтальный |
| 3. | 300 | 900 | 40 | 1600 | Горизонтальный |
| 4. | 100 | 850 | 35 | 1650 | Вертикальный |
| 5. | 70 | 800 | 50 | 1700 | Вертикальный |
| 6. | 50 | 750 | 45 | 1750 | Вертикальный |
| 7. | 1000 | 700 | 40 | 1800 | Радиальный |
| 8. | 700 | 650 | 35 | 1850 | Радиальный |
| 9. | 500 | 600 | 30 | 1900 | Радиальный |
| 10. | 400 | 900 | 30 | 1550 | Горизонтальный |
| 11. | 550 | 850 | 50 | 1600 | Горизонтальный |
| 12. | 450 | 900 | 50 | 1600 | Горизонтальный |
| 13. | 150 | 900 | 30 | 1550 | Вертикальный |
| 14. | 70 | 750 | 45 | 1650 | Вертикальный |
| 15. | 60 | 700 | 35 | 1700 | Вертикальный |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 16. | 950 | 700 | 40 | 1800 | Радиальный |
| 17. | 700 | 700 | 35 | 1800 | Радиальный |
| 18. | 550 | 700 | 35 | 1850 | Радиальный |
| 19. | 650 | 850 | 50 | 1700 | Горизонтальный |
| 20. | 60 | 700 | 35 | 1700 | Вертикальный |

# Контрольные вопросы

1. Что такое процеживание?
2. Для чего применяются песколовки?
3. Дайте классификацию отстойников.
4. Для чего применяются нефтеловушки?
5. Принцип работы нефтеловушки.
6. Дайте определение гидромеханическим процессам.