

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
ВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО  
ТРАНСПОРТА

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель магистерской программы  
«Инженерная защита окружающей среды»



/ В.С. Наумов /

«23» 11 20 17 г.

**ОТЧЕТ**

**Преддипломная практика**

«Исследование и проектирование систем водохозяйственного  
назначения ПАО «Завод «Красное Сормово»»

**155081-17.ПредПр**

Руководитель  
доцент, к.т.н.

23.11.2017



Рехалова Н.А.

(подпись, дата)

(Фамилия, инициалы)

Магистрант  
ТБ(м)-16

23.11.2017



Вихарева О.А.

(подпись, дата)

(Фамилия, инициалы)

Нижний Новгород  
2017 г.

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности  
судов

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель магистерской программы  
«Инженерная защита окружающей среды»



/ В.С. Наумов /

«01» 09 2017 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на Преддипломную практику**

Вихарева Ольга Андреевна

Руководитель: Рехалова Н.А. доцент, к.т.н.

Период: с 01.09.2017 г. по 23.11.2017 г.

Тема: «Исследование и проектирование систем водохозяйственного назначения ПАО «Завод «Красное Сормово»».

1. В период прохождения практики рассмотреть следующие вопросы:
  1. Подобрать и изучить учебную и научную литературу по теме ВКР.
  2. Подобрать материал по теме ВКР с использованием ресурсов сети Интернет.
  3. Классифицировать и систематизировать подобранный по теме материал.
  4. Интерпретировать с научной точки зрения, обобщить их.
  5. Выполнить полный анализ проделанной научно-производственной работы.
  6. Оформить полученные данные научно-теоретические и эмпирические материалы в виде Отчета по практике.

Дата представления отчета на кафедру 23. 11.2017 г.

Задание выдал :

Научный  
руководитель

01.09.2017



Рехалова Н.А.

Задание принял:

Магистрант

01.09.2017



Вихарева О.А.

## Оглавление

Введение.....	3
1. Методика реконструкции пруда-отстойника.....	4
2. Проектирование аппаратного обеспечения.....	6
рекомендациям. ....	6
2.1. Электрокоагулятор .....	6
2.2. Отстойники.....	14
2.2.1. Горизонтальные отстойники.....	18
2.2.2. Тонкослойные отстойники.....	21
2.3. Флотатор .....	24
Заключение .....	26
Литература .....	27

## **Введение**

Основной целью преддипломной практики является сбор, обобщение и анализ материалов, необходимых для подготовки выпускной квалификационной магистерской работы.

Задачи преддипломной практики:

- углубление, систематизация и интеграция теоретических знаний и практических навыков по направлению подготовки 20.04.01 – Техносферная безопасность;
- развитие умения применять полученные знания при решении прикладных задач по направлению подготовки 20.04.01 – Техносферная безопасность;
- подготовка основы для разработки научно обоснованных рекомендаций и предложений по уменьшению воздействия судостроительного предприятия на гидросферу;
- подготовка материала к написанию выпускной квалификационной работы по проектированию локальных очистных сооружений для экологически опасных производственных сточных вод предприятия на основе производственных данных.

## 1. Методика реконструкции пруда-отстойника

Модернизация локальных механических очистных сооружений может включать реконструкцию пруда-отстойника.

Для пруда-отстойника предлагается реконструкция стенок и дна пруда. Она заключается в следующем.

- 1) Необходимо выкачать воду из пруда в специальную емкость.
- 2) Очистка дна пруда от имеющихся загрязнений с дальнейшей их утилизацией.
- 3) Подготовка основания водоема.

Данный вид работ производится согласно СНиП 2.06.15–85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления». Грунтовое основание очищается от крупных камней, валунов, корней деревьев и уплотняется с помощью катков. Для придания дополнительной защиты часто выполняется глиняный замок из специальной жирной глины толщиной 0,2–0,3 метра. Затем производится подсыпка подстилающего слоя из песка толщиной 0,1–0,2 метра. Такое основание готово для сооружения противofильтрационного экрана, то есть гидроизолирующего слоя, обеспечивающего герметичность и способность сопротивляться повреждающим факторам.

- 4) Выбор материала для создания противofильтрационного слоя

В зависимости от условий эксплуатации факторами, влияющими на материал противofильтрационного экрана, являются:

- размывающие основание агрессивные грунтовые воды;
- давление, создаваемое в результате подвижки и пучения почв;
- низкие температуры в зимний период;
- воздействие ультрафиолета;

- прорастающие корни деревьев и другие механические повреждения;
- химические вещества прудов-отстойников, имеющие коррозионные свойства.

Наиболее подходящим материалом, обеспечивающим сопротивление указанным факторам, является геомембрана— пленка на основе полиэтилена стабилизированная, соответствующая отечественному стандарту ГОСТ 10354–82. Ко всем замечательным свойствам геомембраны добавляется и то, что она не токсична и совершенно безопасна для человека.

#### 5) Формирование дна и берега водоема

Укрепление пленки по бортам сооружаемого водоема с помощью земляного замка согласно СНиП 2.01.15–90 Часть 6 «Сооружения и мероприятия для защиты берегов, морей, водохранилищ, озер и рек». Для этого используется грунт. Затем производится отмостка бортов бетонированием или с применением камня, плитки. В зависимости от назначения водоема дно можно оставить в исходном виде или покрыть слоем песка или гальки.

#### 6) Заполнение пруда водой

Теперь пруд необходимо залить водой и дать ей устояться, а пленке — правильно распределиться. Воду в водоем закачивают плавно, небольшими слоями, дабы пленка расправлялась. Затем выдерживают несколько дней и по величине уровня воды определяют надежность гидроизоляции.

#### 7) Заключительные работы

В зависимости от назначения искусственный водоем снабжается необходимым гидротехническим или очистным оборудованием, а также оформляется различными функциональными элементами.

## **2. Проектирование аппаратного обеспечения.**

В работе предлагается рассчитать нестандартное оборудование, а именно электрокоагулятор, флотатор и тонкослойный отстойник. Расчет аппаратов проводится по следующим рекомендациям.

### **2.1. Электрокоагулятор**

Корпус электрокоагулятора имеет прямоугольную форму и снабжен герметичной крышкой. В корпусе установлена электродная система и устройство для удаления пены. Днище корпуса имеет уклон в сторону выпуска воды. Аппараты непрерывного действия дополнительно снабжаются устройствами рассредоточенного впуска и выпуска воды и устройством для поддержания постоянного уровня воды. Кроме подводящих, отводящих и сливных патрубков электрокоагуляторы должны оборудоваться присоединительными фланцами для подключения к вентиляционной системе удаления водорода. Для обеспечения безопасности работа электрокоагулятора должна быть заблокирована с работой вентилятора: при остановке вытяжного вентилятора автоматически должна прекращаться работа электрокоагулятора.

Корпус электрокоагуляторов изготавливают из углеродистой стали с последующим нанесением на внутреннюю поверхность защитного покрытия (например, из винилпласта или эпоксидных смол).

Электродный блок выполняется в виде параллелепипеда и располагается равномерно по объему аппарата. Толщина электродов составляет 4÷8 мм, расстояние между соседними электродами – 12÷15 (не более 20) мм. Объем жидкости над электродами не должен превышать 20 %

общего объема электрокоагулятора. Токопроводы к электродным блокам должны быть изолированы от жидкости и корпуса аппарата.

Пена с поверхности воды может удаляться сдуванием или при помощи механических устройств.

В соответствии с [1] концентрация эмульгированных масло- и нефтепродуктов в сточных водах при обработке их методом электрокоагуляции не должна превышать 10 г/л. При более высоких концентрациях необходимо предварительное разбавление предпочтительно кислыми стоками. Остаточная концентрация примесей – не более 25 мг/л.

Площадь анодов электрокоагулятора,  $m^2$ , определяется по формуле:

$$F_{ан} = \frac{Q \cdot q_{эл}}{i_{ан}}, \quad (2.1)$$

где  $Q$  – производительность аппарата,  $m^3/ч$ ;

$q_{эл}$  – удельный расход электричества,  $(A \cdot ч)/m^3$ , допускается принимать по табл. 2.1;

$i_{ан}$  – анодная плотность тока, равная  $80 \div 120 A/m^2$ .

Величина рабочего тока,  $A$ :

$$I_p = Q \cdot q_{эл}. \quad (2.2)$$

Количество анодов определяется по выражению

$$N_{ан} = \frac{F_{ан}}{f_{ан}}, \quad (2.3)$$

где  $f_{ан}$  – площадь поверхности одного анода,  $m^2$ .

Площадь поверхности катодов принимается равной площади поверхности анодов.

Найденная величина рабочего тока является параметром, позволяющим подобрать тип выпрямителя тока (источника электропитания),

Общее число электродов:

$$N_э = 2 \cdot N_a + 1. \quad (2.4)$$

Ширина электродного блока, м:

$$B_{бл} = 2 \cdot N_a \cdot b + N_э \cdot \delta, \quad (2.5)$$

где  $b$  – расстояние между электродами, м;

$\delta$  – толщина электродных пластин, м.

Ширина электрокоагулятора, м:

$$B_{эк} = B_{бл} + 2 \cdot b_1, \quad (2.6)$$

где  $b_1 = 0.02 \div 0.03$  м – расстояние между крайними электродами и стенками аппарата.

Объем электродного блока состоит из объема электродов и объема жидкости в межэлектродном пространстве:  $V_{бл} = V_{эл} + V_{ж}$ .

Объем жидкости, м<sup>3</sup>:

$$V_{ж} = F_{ан} \cdot b. \quad (2.7)$$

Объем электродной системы, м<sup>3</sup>:

$$V_{эл} = F_{ан} \cdot \delta. \quad (2.8)$$

Длина ребра электродного блока (условно имеющего форму куба) может быть найдена из выражения:

$$l_{бл} = \sqrt[3]{V_{бл}}. \quad (2.9)$$

Масса электродной системы, кг:

$$M_{эл} = V_{эл} \cdot \rho_{Al}, \quad (2.10)$$

где  $\rho_{Al} = 2700$  кг/м<sup>3</sup> – плотность алюминия.

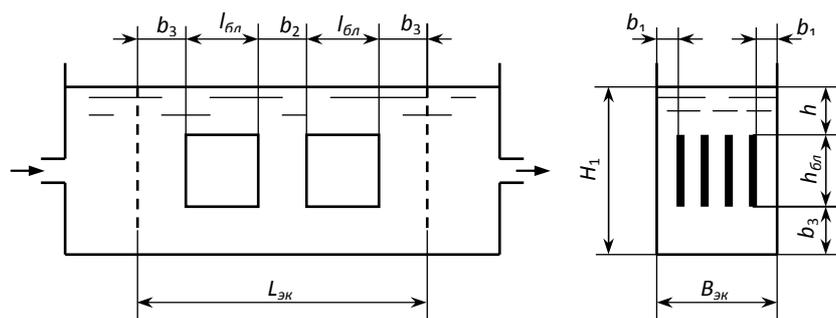


Рис. 1 Схема к определению размеров

Если масса электродного блока превышает 50 кг, то следует устанавливать несколько последовательных блоков. При установке блоков в ванне электрокоагулятора зазоры  $b_2$  между ними составляют 40÷70 мм. Зазоры  $b_3$  между блоками и торцевыми стенками, а также днищем аппарата находятся в пределах от 20 до 70 мм. С учетом установочных зазоров, длина ванны электрокоагулятора составит (см. рис. 2):

$$L_{\text{ЭК}} = N_{\text{бл}} \cdot l_{\text{бл}} + (N_{\text{бл}} - 1) \cdot b_2 + 2 \cdot b_3, \quad (2.11)$$

где  $N_{\text{бл}}$  – количество электродных блоков.

Высота уровня воды в ванне, м:

$$H_1 = h_{\text{бл}} + b_3 + h, \quad (2.12)$$

где  $h_{\text{бл}}$  – высота электродного блока, м;

$h$  – высота жидкости над электродами, м.

Объем ванны электрокоагулятора, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ЭК}} = L_{\text{ЭК}} \cdot B_{\text{ЭК}} \cdot H_1. \quad (2.13)$$

При определении габаритной высоты аппарата необходимо учитывать необходимость установки в верхней его части устройства для удаления пены. Габаритная длина определяется с учетом размеров впускной и сборной камер.

Расход металлического алюминия при очистке маслосодержащих сточных вод определяется по удельному показателю  $q_{Al}$  (см. табл. 2.1).

Расчет производительности вытяжной вентиляционной системы производят исходя из количества выделяющегося водорода, при этом производительность вентилятора,  $m^3/ч$ , определяется по формуле:

$$Q_{вен} = (40 \div 50) \cdot V_{эк} \cdot q_H, \quad (2.14)$$

где  $q_H$  – удельное количество выделяющегося при электролизе водорода,  $л/м^3$ , которое допускается принимать по табл. 2.1

Таблица 2.1

Технологические параметры для расчета электрокоагуляторов

Параметр	Содержание масел, $г/м^3$										
	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	8000	10000
$q_{эл}, (А \cdot ч)/м^3$	180	225	270	315	360	405	430	495	540	720	860
$q_{Al}, г/м^3$	60	75	92	106	121	136	151	166	182	242	302
$q_H, л/м^3$	85	95	113	132	151	170	184	208	227	303	368

Степень очистки сточных вод от нефтепродуктов, масел и жиров методом электрокоагуляции составляет 55÷99 % [2].

Электрокоагуляторы со *стальными* электродами применяются для очистки сточных вод предприятий различных отраслей промышленности от шестивалентного хрома и других металлов при расходе сточных вод не более  $50 м^3/ч$ . При этом концентрация шестивалентного хрома должна быть не более 100 мг/л, исходное общее содержание ионов цветных металлов (цинка, меди, никеля, кадмия, трехвалентного хрома) – не более 100 мг/л, концентрация каждого из ионов металлов – не более 30 мг/л. Минимальное общее солесодержание сточных вод должно составлять 300 мг/л, концентрация взвешенных веществ до 50 мг/л.

Обработка воды ведется в слабокислой или нейтральной среде. При одновременном наличии в сточных водах ионов шестивалентного хрома, меди и цинка значения водородного показателя должны составлять [1]:

4÷6 – при концентрации хрома 50÷100 мг/л;

5÷6 – при концентрации хрома 20÷50 мг/л;

6÷7 – при концентрации хрома менее 20 мг/л.

При наличии в сточных водах ионов шестивалентного хрома, никеля и кадмия:

5÷6 – при концентрации хрома свыше 50 мг/л;

6÷7 – при концентрации хрома менее 50 мг/л.

При отсутствии в воде ионов шестивалентного хрома и наличии ионов меди, цинка и кадмия водородный показатель должен быть больше 4.5, ионов никеля – больше 7.

Корпус аппаратов представляет собой прямоугольный резервуар, облицованный изнутри кислотостойким материалом (полипропиленом, полиизобутиленом и др.). Электрокоагуляторы оборудуются вытяжными вентиляционными устройствами (например, бортовыми отсосами). Днище коагуляторов целесообразно выполнять с небольшим (до 5°) уклоном в сторону выпуска сточных вод.

В практике наибольшее распространение получили электрокоагуляторы с помещенными в них блоками плоских пластинчатых электродов, расположенных вертикально. Движение сточных вод в аппарате осуществляется вдоль поверхности пластин в горизонтальном или вертикальном направлении. Впуск и выпуск воды осуществляется через приемную и выпускную камеры, отделенные от рабочего пространства электрокоагулятора дырчатыми перегородками.

Катоды и аноды изготавливаются из низкоуглеродистых, толщина электродов 3÷6 мм, первоначальное расстояние между соседними электродами должно составлять 5÷10 мм. Рекомендуемая длина электродных

пластин составляет 0.6÷1.0 м, высота – 0.3÷0.6 м. Электроды собираются в виде блоков на общей раме и подключаются к катодной и анодной шинам. Для предотвращения короткого замыкания пластины в двух-трех местах по высоте разделяются прокладками из диэлектрика (винипласта, текстолита и пр.). Масса одного электродного блока не должна превышать 50 кг.

При наличии в сточных водах только одного компонента величина рабочего тока,  $A$ , определяется по формуле:

$$I_p = Q \cdot C_{\text{вх}} \cdot q_{\text{эл}}, \quad (2.15)$$

где  $Q$  – производительность аппарата, м<sup>3</sup>/ч;

$C_{\text{вх}}$  – исходная концентрация удаляемого компонента, г/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{эл}}$  – удельный расход электричества, необходимый для удаления из сточных вод 1 г иона, (А· ч)/г, принимаемый по табл. 2.2

Таблица 2.2

Технологические параметры для расчета электрокоагуляторов  
со стальными электродами

Параметр	Удаляемый компонент				
	Cr <sup>6+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>
$q_{\text{эл}}, (A \cdot ч)/г$	3.1	2÷2.5	4.5÷5	6÷6.5	3÷3.5
$q_{Fe}, г/г$	2÷2.5	5.5÷6	2.5÷3	3÷3.5	4÷4.5

При наличии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов менее 50 % концентрации шестивалентного хрома величину тока надлежит определять по формуле (2.15), причем в формулу подставлять значения  $C_{\text{вх}}$  и  $q_{\text{эл}}$  для шестивалентного хрома. При суммарной концентрации ионов тяжелых металлов свыше 50 % концентрации шестивалентного хрома величину тока, определяемую по формуле (2.15), следует увеличивать на 20 %, а величины  $C_{\text{вх}}$  и  $q_{\text{эл}}$  принимать для одного из компонентов, для которого произведение этих величин является наибольшим.

Общая площадь поверхности анодов определяется по формуле (2.16), при этом анодная плотность тока в зависимости от концентрации ионов металлов принимается по табл. 2.3

$$F_{ан} = \frac{I_p}{i_{ан}}, \quad (2.16)$$

где  $i_{ан}$  – анодная плотность тока, А/м<sup>2</sup>, зависящая от вида удаляемых примесей (при удалении цианидов – 100÷150 А/м<sup>2</sup>, тринитротолуола – 200÷600 А/м<sup>2</sup>).

Расход металлического железа для обработки сточных вод  $Q_{Fe}$ , кг/сут, при наличии в них только одного компонента надлежит определять по формуле:

$$Q_{Fe} = \frac{Q_{сут} \cdot C_{вх} \cdot q_{Fe}}{1000 \cdot k_{эл}}, \quad (2.17)$$

где  $Q_{сут}$  – суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.;

$q_{Fe}$  – удельный расход железа, г/г (см. табл. 2.2);

$k_{эл}$  – коэффициент использования материала электродов, в зависимости от толщины электродных пластин принимаемый равным 0.6÷0.8.

При одновременном присутствии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов менее 50 % концентрации шестивалентного хрома расход металлического железа для обработки сточных вод надлежит определять по формуле (2.17), в которую подставляются значения  $C_{вх}$  и  $q_{Fe}$  для шестивалентного хрома.

При одновременном присутствии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов свыше 50 % концентрации шестивалентного хрома расход металлического железа надлежит определять по формуле (2.17) с коэффициентом 1.2, а  $C_{вх}$  и  $q_{Fe}$

относить к тому из компонентов сточных вод, для которого произведение этих величин является наибольшим.

Таблица 2.3

Величина анодной плотности тока при работе электрокоагуляторов со стальными электродами

Суммарная концентрация удаляемых ионов, мг/л	До 80	80÷100	100÷150	150÷200
Анодная плотность тока, $i_{ан}$ , А/м <sup>2</sup>	150	200	250	300

При расчете электрокоагуляторов определяются общая поверхность и количество электродов, конструктивные размеры и число электрокоагуляторов, а также величина тока в электрической цепи. Размеры аппаратов определяются по приведенной выше схеме. При этом продолжительность пребывания сточных вод в электрокоагуляторе должна быть не более 3 минут, а скорость движения воды в межэлектродном пространстве – не менее 3 см/с.

При оптимальных параметрах процесса степень очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов методом электрокоагуляции составляет 90÷95 %.

## 2.2. Отстойники

Отстойники применяют для улавливания из сточных вод мелкодисперсных нерастворимых примесей. Эти устройства подразделяются на контактные (периодического действия) и проточные (непрерывного действия). В локальных механических очистных сооружениях судостроительных предприятий используются, в основном, отстойники непрерывного действия.

По направлению движения сточных вод в сооружении отстойники подразделяются на два основных типа: горизонтальные и вертикальные.

Широко распространенные в практике радиальные отстойники являются разновидностью горизонтальных.

В ряде случаев применяются осветлители со взвешенным слоем осадка, в которых сточные воды проходят снизу вверх через слой ранее выпавшего шлама. Под действием восходящего потока происходит расширение слоя, но взвешенные частицы не выносятся из аппарата, в результате чего достигается более высокая степень очистки, чем в обычных отстойниках.

В зависимости от назначения в технологической схеме водоочистки отстойники подразделяются на первичные и вторичные. Первые служат для предварительного осветления сточных вод, поступающих на биологическую или физико-химическую очистку, а вторые – для осветления сточных вод, прошедших биологическую или физико-химическую очистку.

Выбор типа и числа отстойников при проектировании должен производиться на основе их технико-экономического сравнения. В самом общем случае, вертикальные отстойники целесообразно применять при производительности очистных сооружений до 20000 м<sup>3</sup>/сут, горизонтальные – более 15000 м<sup>3</sup>/сут., радиальные – более 20000 м<sup>3</sup>/сут.

Очистные сооружения судостроительного завода, модернизацию которых предлагается выполнить, имеют производительность 1011,6 тыс.м<sup>3</sup>/год.

В большинстве случаев эффективность отстойников составляет 40÷60 %, осветлителей – до 70 % при продолжительности отстаивания 1÷1.5 ч.

В соответствии с [1] число первичных отстойников в составе очистных сооружений должно быть не менее двух. При минимальном количестве отстойников их объем следует увеличить на 20÷30 % по сравнению с расчетным.

Расчет первичных отстойников производят по кинетике выпадения взвешенных веществ с учетом необходимого эффекта осветления. Условную гидравлическую крупность определяют в результате проведения

лабораторных анализов воды в цилиндрах-отстойниках при статическом отстаивании воды. По этим анализам строят кривые кинетики осветления воды  $\mathcal{E} = f(t)$  для двух высот столба воды в цилиндрах ( $h_1 \geq 200$  мм,  $h_2 - h_1 \geq 200$  мм) и вычисляют коэффициент пропорциональности по формуле:

$$n = \frac{\lg t_1 - \lg t_2}{\lg h_1 - \lg h_2}, \quad (2.18)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – продолжительность отстаивания воды, при которой достигается требуемый эффект осветления в цилиндрах с высотой столба воды  $h_1$  и  $h_2$  соответственно.

Условная гидравлическая крупность (мм/с), соответствующая заданному эффекту осветления в цилиндре-отстойнике с высотой столба воды, равной высоте проектируемого отстойника  $H_p$ , может быть найдена по соотношению:

$$u = \frac{1000 \cdot k \cdot H_p}{t \cdot \left( \frac{k \cdot H_p}{h} \right)^n}, \quad (2.19)$$

где  $t$  – продолжительность отстаивания, соответствующая заданному эффекту осветления, с;

$k$  – коэффициент использования объема отстойника;

$H_p$  – глубина проточной части отстойника, м.

В тех случаях, когда расчетная температура сточных вод в производственных условиях отличается от температуры воды, при которой определялась кинетика отстаивания (обычно 20 °С), гидравлическую крупность пересчитывают по выражению:

$$u_0 = \frac{\mu_l}{\mu_p} \cdot u, \quad (2.20)$$

где  $\mu_l$  и  $\mu_p$  – динамическая вязкость воды соответственно в лабораторных и рабочих условиях.

Таблица 2.4

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания городских сточных вод, с, при концентрации взвешенных веществ, мг/л			
	100	200	300	500
20	600	360	—	—
30	900	540	320	260
40	1320	650	450	390
50	1900	900	640	450
60	3800	1200	970	680
70	—	3600	2600	1830

Таблица 2.5

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания, с, минеральных мелкодисперсных взвесей плотностью 2÷3 г/см <sup>3</sup> (n=0.4) при концентрации, мг/л			
	500	1000	2000	3000
20	150	140	100	40
30	180	150	120	50
40	200	180	150	60
50	240	200	180	80
60	280	240	200	100
70	360	280	230	130
80	1920	690	570	370
90	—	2230	1470	1080
100	—	—	3600	3600

Таблица 2.6

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания, с, тяжелых структурных взвесей плотностью 5÷6 г/см <sup>3</sup> (n=0.6) при концентрации, мг/л		
	200	300	400
40	75	60	45
50	120	90	60

60	180	120	75
70	390	180	130
80	3000	580	380

Продолжительность отстаивания воды в цилиндрах с высотой столба  $h = 500$  мм в зависимости от эффекта ее осветления для различных видов сточных вод может определяться по табл. 2.4÷2.6. Показатель степени  $n$  для городских стоков может быть определен по графикам на рис. 2.

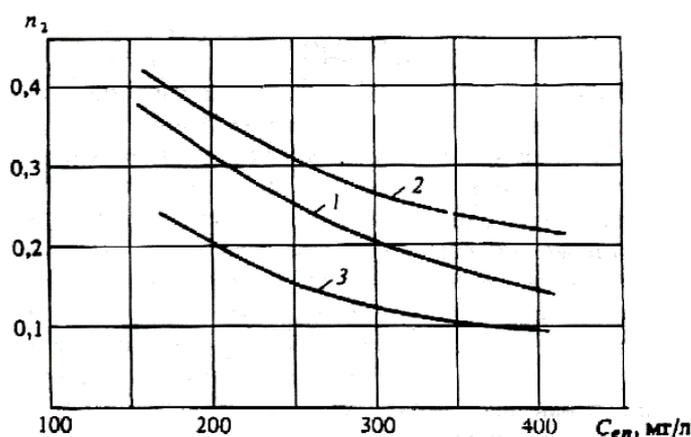


Рис. 2. Зависимость показателя  $n$  от концентрации взвешенных веществ в исходной воде  $C_0$  при очистке городских сточных вод:

$$1 - \text{Э} = 50 \% ; 2 - \text{Э} = 60 \% ; 3 - \text{Э} = 70 \%$$

В связи с тем, что принцип действия отстойников и песколовок одинаков, конструкции и расчет их имеют много схожего.

### 2.2.1. Горизонтальные отстойники

Горизонтальные отстойники (рис. 3) имеют прямоугольную в плане форму. В начале сооружений в 1–2 ряда расположены иловые приемки. Отстойники оборудованы скребковыми механизмами тележечного, ленточного или цепного типа, сдвигающими выпавший осадок к иловым приемкам. Из приемков осадок удаляется при помощи насосов, эрлифтов, гидроэлеваторов или под действием гидростатического давления воды.

Конструкция впускных и выпускных устройств сточных вод должна обеспечивать равномерное распределение потока по сечению отстойника. Обычно впуск воды осуществляют по фронту отстойника через незатопленный водослив с установкой полупогружной перегородки в начале сооружения. Для отвода осветленной воды на противоположной стороне отстойника установлен водосборный лоток с устройством перед ним полупогружной перегородки, предназначенной для задержания всплывающих частиц.

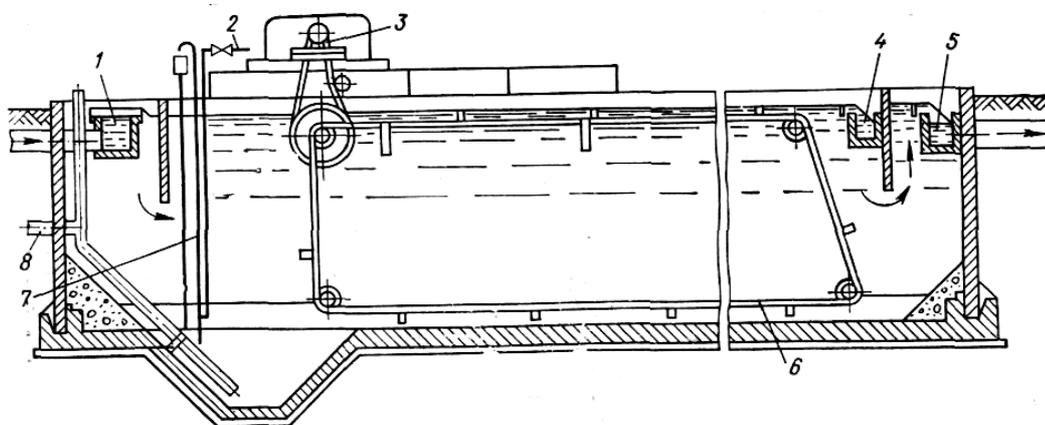


Рис. 3. Первичный горизонтальный отстойник:

1 – лоток для распределения сточной воды; 2 – трубопровод для подачи воздуха к эрлифту; 3 – привод скребкового механизма; 4 – лоток для сбора всплывающих загрязнений; 5 – лоток для сбора осветленной воды; 6 – скребковый механизм; 7 –

Сложную схему течения воды в отстойнике (рис. 4) с расширением потока в начале сооружения и сужением в его конце можно представить в виде двух участков: рабочего с равномерным движением воды и глубиной  $H_p$ , в пределах которого происходит осветление воды, и нерабочего, где осветление воды практически не происходит. Длина рабочего участка может быть записана следующим образом:

$$L_p = k \cdot L, \quad (2.21)$$

где  $L$  – общая длина отстойника, м;

$k$  – коэффициент использования объема отстойника, зависящий от его типа и конструкции водораспределительных и водосборных устройств.

Общая длина горизонтального отстойника может быть определена по следующей формуле:

$$L = \frac{H_p \cdot v}{k \cdot (u_0 - w)}, \quad (2.22)$$

где  $v$  – скорость движения сточных вод в аппарате, м/с;

$H_p$  – рабочая глубина отстойной части, м;

$k$  – коэффициент использования объема отстойника;

$w$  – величина турбулентной составляющей потока, определяемая по табл. 2.7.

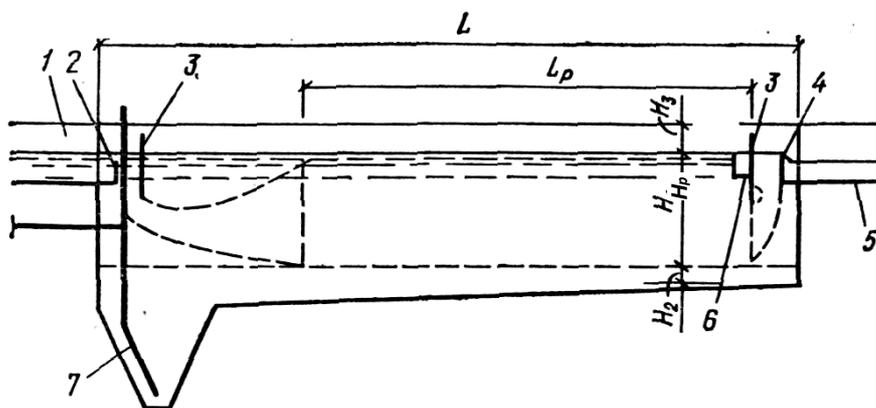


Рис. 4. Расчетная схема горизонтального отстойника:

1 – подводящий лоток; 2 – распределительный лоток; 3 – полупогружные перегородки; 4 – сборный лоток; 5 – отводной лоток; 6 – лоток для сбора и удаления плавающих

Таблица 2.7

Зависимость турбулентной составляющей потока от скорости движения воды в отстойнике

$v$ , мм/с	5	10	15
$w$ , мм/с	0	0.05	0.1

Ширина секции горизонтального отстойника, м:

$$B = \frac{Q_p}{N \cdot H_p \cdot v}, \quad (2.23)$$

где  $N$  – количество параллельно работающих секций (отделений) отстойников.

При проектировании горизонтальных отстойников высоту нейтрального слоя (расстояние по высоте между зоной накопления осадка и рабочей зоной отстаивания высотой  $H_p$ ) принимают равной 0.3 м от днища на выходе из отстойника для первичных отстойников, для вторичных – 0.3 м от слоя ила. Высота слоя ила 0.3÷0.5 м.

Угол наклона стенок илового приемка к горизонту – 50÷55°.

### **2.2.2. Тонкослойные отстойники**

В тонкослойных отстойниках отстойная зона делится на ряд слоев небольшой глубины. Благодаря ламинарному движению воды в тонком слое и малой глубине зоны осаждения, равной высоте слоя, выделение взвешенных частиц в таких аппаратах происходит весьма эффективно, что позволяет значительно сократить продолжительность отстаивания и уменьшить объем сооружений.

Тонкослойные отстойники применяют для осветления слабо- и среднеконцентрированных сточных вод, содержащих взвешенные вещества преимущественно однородного состава, а также в качестве второй ступени механической очистки концентрированных сточных вод.

Тонкослойные отстойники могут быть горизонтальными, вертикальными и радиальными. Они состоят из водораспределительной и водосборной зон, а также из отстойной зоны (тонкослойного пространства), занимаемой полочными или трубчатыми элементами. Для повышения эффективности работы обычных отстойников их также оборудуют тонкослойными блоками, которые располагают перед водосборными устройствами.

Длина рабочей части тонкослойного отстойника, работающего по

$$L = k_c \frac{h_{яp} \cdot v}{u_0}, \quad (2.24)$$

перекрестной схеме, вычисляется по формуле:

где  $h_{яp}$  – высота яруса, т. е. расстояние между пластинами, измеренное по вертикали, м;

$k_c$  – коэффициент сноса выделенных частиц, принимаемый равным 1.2 для плоских и 1 для рифленых пластин;

$v$  – скорость движения воды в тонком слое, м/с;

$u_0$  – гидравлическая крупность частиц, определенная для слоя воды, равного высоте яруса, м/с.

Высота ярусов отстойников,  $h_{яp}$ , обычно находится в интервале от 50 до 150 мм.

$$Q = \frac{2k \cdot H \cdot B \cdot u_0}{k_c \cdot h_{яp}}, \quad (2.26)$$

Производительность отстойника с двумя тонкостенными блоками, м<sup>3</sup>/с;

где  $k = 0.8$  – коэффициент использования объема отстойника;

$B$  – ширина блока, м.

Ширина тонкослойного блока назначается из условия допустимого прогиба листа ( $\delta = 3 \div 5$  мм) при наклоне под углом сползания осадка.

Строительная ширина:

$$B_{стр} = 2B + b_1 + 2b_2,$$

где  $b_1 = 0.25$  м;  $b_2 = 0.05 \div 0.1$  м.

Строительная высота отстойника:

$$H_{стр} = H + h_3 + h_m + 0.3,$$

где  $h_3 = 0.2 \div 0.3$  м – высота, необходимая для расположения рамы, на которой устанавливаются блоки;  $h_m = 0.1$  м.

Строительная длина отстойника:

$$L_{cmp} = L + l_1 + l_2 + 2l_3 + l_4,$$

где  $l_1$  – зона, служащая для выделения крупных примесей. Объем этой зоны рассчитывается на 2÷3-минутное пребывание воды:

$$l_1 = \frac{Q \cdot t}{60H \cdot B_{cmp} \cdot k}, \quad (2.27)$$

где  $t = 2 \div 3$  минуты;

$k = 0.3$  – коэффициент использования зоны.

$l_2 = 0.2$  м – длина пропорционального водораспределительного устройства.

При использовании распределительного устройства в виде дырчатой перегородки  $l_2 = 0$ .

$l_3 = 0.2 \div 0.3$  м;  $l_4 = 0.15 \div 0.2$  м.

Длина пластины отстойника, определяется по формуле:

$$l_{nl} = \frac{v \cdot h_{яp}}{u_0}, \quad (2.28)$$

где  $v$  – скорость потока в ярусе, м/с.

Длина тонкослойного блока, м, вычисляется по выражению:

$$L = \frac{Q_p}{k \cdot N \cdot v \cdot B}. \quad (2.30)$$

Общая длина отстойника, м:

$$L_{cmp} = L + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_n,$$

где  $l_1 = 1 \div 1.5$  м – зона формирования потока перед распределением между ярусами. В этом объеме происходит выделение тяжелых примесей;

$$l_2 = l_{nl} \cdot \cos \alpha;$$

$l_3 = 0.3$  м;  $l_4 = 0.05 \div 0.1$  м;  $l_n = 0.4 \div 0.5$  м.

Общая глубина воды в отстойнике, м:

$$H_{сmp} = h_m + h_2 + h_3 + h_4,$$

где  $h_2 = l_{nl} \cdot \sin\alpha$ ;

$$h_m \geq 0.1 \text{ м}; h_3 = 0.2 \div 0.5 \text{ м}; h_4 = 0.4 \div 0.5 \text{ м}.$$

### 2.3. Флотатор

При проектировании установок напорной флотации гидравлическую нагрузку на зеркало флотокамеры принимают в пределах  $3 \div 6$  (до  $10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ), продолжительность флотации  $10 \div 30$  мин.

Суммарная площадь рабочих камер флотации,  $\text{м}^2$ :

$$F = Q_p / q, \quad (2.31)$$

где  $Q_p$  – расчетный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$q$  – гидравлическая нагрузка,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Суммарный объем камер,  $\text{м}^3$ :

$$V_{фл} = F \cdot H_p \text{ или} \quad (2.32)$$

$$V_{фл} = Q_p / T,$$

где  $H_p$  – глубина флотокамеры, м;

$T$  – продолжительность флотации, ч.

Продолжительность флотации зависит от свойств сточной воды и флотируемых примесей и в каждом конкретном случае определяется экспериментально. При ориентировочных расчетах ее можно принимать равной  $15 \div 20$  минут (до 30 мин). Камера флотатора имеет квадратную форму в плане со стороной  $b = 6 \cdot d$ , где  $d$  – диаметр турбинки импеллера, принимаемый в пределах от 200 до 750 мм.

Площадь камеры,  $\text{м}^2$ :

$$F = b^2 = 36 \cdot d^2. \quad (2.33)$$

Рабочий объем одного аппарата, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{фл}} = F \cdot H_p = 36 \cdot d^2 \cdot H_p, \quad (2.34)$$

где  $H_p = 1.5 \div 3$  м – рабочая глубина флотатора (высота водо-воздушной смеси в камере).

Рабочую глубину камеры, м, можно определить по формуле:

$$H_p = H_c / \rho_{\text{вс}}, \quad (2.35)$$

где  $H_c$  – статический напор, м:

$$H_c = \zeta \cdot \frac{u^2}{2g}, \quad (2.36)$$

где  $u$  – окружная скорость турбинки, равная  $10 \div 15$  м/с;

$\zeta$  – коэффициент напора, принимаемый для флотационных машин равным  $0.2 \div 0.3$ ;

$\rho_{\text{вс}}$  – плотность водо-воздушной смеси, т/м<sup>3</sup>, которую можно принять равной  $0.67\rho_{\text{в}}$ , где  $\rho_{\text{в}}$  – плотность очищаемой воды.

## **Заключение**

В процессе практики был осуществлен сбор дополнительной информации, необходимой для выпускной квалификационной магистерской работы. Так же произведено обобщение и анализ материалов используемых в выпускной квалификационной работе.

Осуществлено углубление, систематизация и интеграция теоретических знаний и практических навыков по направлению подготовки 20.04.01 – Техносферная безопасность.

Была подготовлена основа для разработки научно обоснованных рекомендаций и предложений по уменьшению воздействия судостроительного предприятия на гидросферу, а также выполнена подготовка материала к написанию выпускной квалификационной работы по проектированию локальных очистных сооружений для экологически опасных производственных сточных вод предприятия на основе производственных данных.

## Литература

- 1) Васькин, С.В. Процессы и аппараты очистки сточных вод: учебное пособие / С.В. Васькин. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2006. – 256 с.
- 2) Очистка производственных сточных вод: Учебник для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; Под ред. С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.
- 3) СП 32.13330.212 Актуализированная редакция СНиП 2.04.03.-85» Канализация. Наружные сети и сооружения»
- 4) Справочное пособие к СНиП 2.04.03 -85 «Проектирование сооружений для очистки сточных вод»
- 5) Паспорт водного хозяйства АО «Завод «Красное Сормово»
- 6) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.geoplenka.ru](http://www.geoplenka.ru) / «Сооружение искусственных водоемов»