

## Методические материалы к выполнению курсового проекта

### Аппараты и методы очистки сточных вод

наименование дисциплины

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность  
код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль): «Экологическая безопасность предприятия»  
наименование направленности (профиля) /специализации

Мурманск  
2022

Составитель – Гапоненков Иван Андреевич, старший преподаватель кафедры техносферная безопасность

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Аппараты и методы очистки сточных вод» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ТБ«23» мая 2022г., протокол № 8.

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	5
ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	8
1.1. Расчетные расходы дождевых сточных вод.....	8
1.2. Расчетные расходы производственных сточных вод.....	10
1.3. Расчетные расходы бытовых и душевых сточных вод .....	13
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ НА ЛОКАЛЬНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ .....	15
3. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЙ .....	18
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД .	19
5. РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ .....	21
3.1. Приемный резервуар-усреднитель .....	22
3.2. Нефтеуловители .....	22
3.3. Гидроциклоны .....	25
3.4. Флотаторы-отстойники .....	27
3.5. Напорные фильтры .....	29
3.6. Разделительные резервуары.....	31
3.7. Компоновка местных очистных сооружений .....	33
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ОЧИСТКИ .....	35
7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	36
7.1. Причины пожара .....	36
7.2. Категория взрывопожарной и пожарной опасности здания.....	36
7.3. Средства пожаротушения .....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	38

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью дисциплины «Аппараты и методы очистки сточных вод» является подготовка обучающегося в соответствии учебным планом направления 20.03.01 Техносферная безопасность.

Задачам дисциплины являются:

- ознакомить обучающихся с методами очистки сточных вод и конструкциями аппаратов для их реализации;
- сформировать навыки расчета аппаратов и сооружений Аппараты и методы очистки сточных вод.

Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Аппараты и сооружения защиты окружающей среды» предназначены для студентов очной формы обучения, получающих высшее образование по направлению 20.03.01 "Техносферная безопасность", и посвящены вопросам отведения и очистки производственных нефтесодержащих сточных вод автопредприятия и содержат необходимые сведения по определению расчетных расходов дождевых, производственных и бытовых сточных вод автопредприятия; методики расчета сооружений станции очистки производственно-дождевых стоков, а также указания по компоновке очистных сооружений и определению их экономических показателей.

## КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

*Объектом* курсового проектирования являются сточные воды автотранспортного предприятия.

*Автотранспортное предприятие (АТП)* — организация, осуществляющая перевозки автомобильным транспортом, а также хранение, техническое обслуживание (ТО) и ремонт подвижного состава. Автотранспортное предприятие является одним из источников поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в воду водоемов и в почву (грунт). Данный курсовой проект предполагает решение одной из экологических проблем предприятия – предотвращение загрязнения водных объектов.

Автотранспортное предприятие состоит из администрации и основных служб (рис. 1):

- эксплуатационной — организует и осуществляет перевозки грузов и пассажиров в соответствии с установленными планами и заданиями;

- технической — обеспечивает техническую готовность автомобилей к работе на линии, возглавляется главным инженером;

- обслуживающей — обеспечивает производство энергоресурсами, информационным обслуживанием, уборку помещений и территории, контролирует качество технического обслуживания и ремонта.

С точки зрения водных операций автотранспортное предприятие не является предприятием, имеющим значительное удельное водопотребление. Сточные воды, образующиеся на различных технологических операциях, могут характеризоваться как среднеконцентрированные. Основными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, в основном, неорганической природы и нефтепродукты.

Для успешного проектирования очистных сооружений предприятия необходимо сделать подробный анализ всех технологических операций с точки зрения водных операций – количество и качество образующихся сточных вод; исследовать возможность внедрения оборотных и повторных схем водоснабжения; выявить имеющиеся приемники сточных вод и оценить возможность сброса в эти источники. Далее из имеющихся вариантов выбрать наиболее экономически целесообразный.

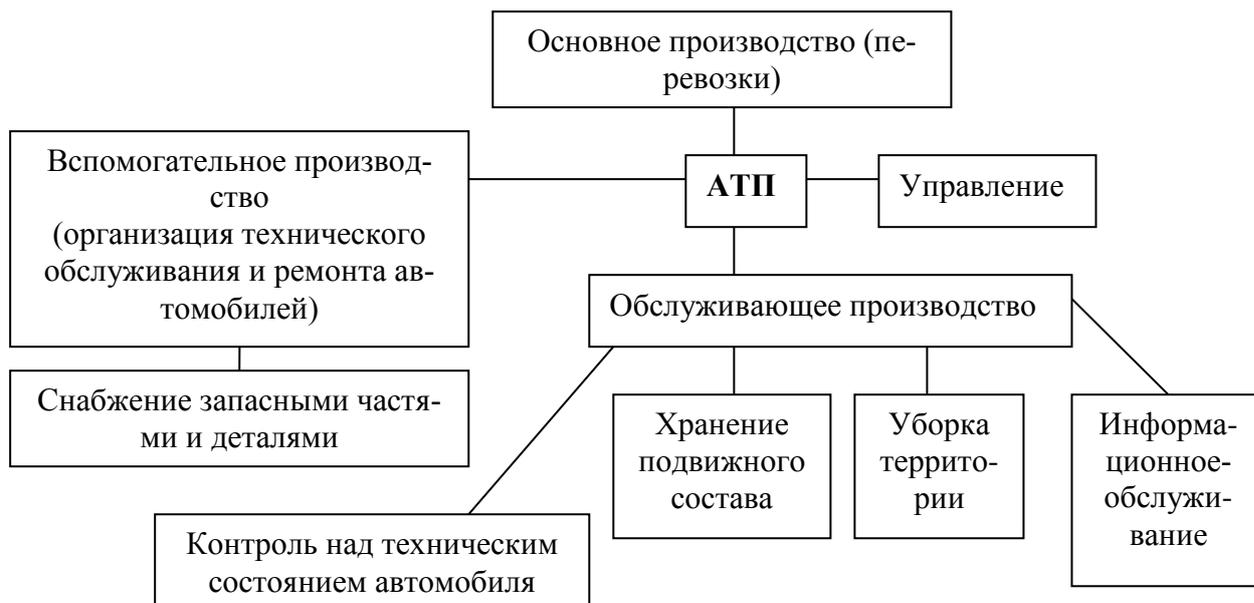


Рис.1. Схема структуры автотранспортного предприятия [2]

В ходе курсового проектирования студент должен решить лишь часть задач, стоящих перед проектировщиком на практике, а именно:

- рассчитать расходы образующихся сточных вод и концентрации загрязняющих веществ;
- выполнить упрощенный конструктивный расчет очистных сооружений для прямоточной схемы со сбросом очищенных сточных вод в городскую систему канализации;
- произвести расчет себестоимости очистки стоков;
- пожарная безопасность.

Задание выдается ведущим преподавателем на отдельном листе формата А4, который подшивается после титульного, в начале семестра.

## **ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

*Цель* курсового проекта на тему «Расчет очистных сооружений автотранспортного предприятия» – научить студента азам проектирования очистных сооружений производственных сточных вод промышленного предприятия.

Курсовой проект имеет две составные части: расчетно-пояснительную записку и графическую часть. Расчетно-пояснительная записка оформляется ручным или машинописным способами на листах формата А4 с рамкой и основными надписями по формам 5 и 6 ГОСТ 21.1101-2009, текстовая часть – по ГОСТ 2.105-95 и содержит следующее.

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Определение расчетных расходов сточных вод.
4. Определение суточного расхода сточных вод, поступающих на локальные очистные сооружения.
5. Расчет концентраций загрязнений в сточных водах.
6. Определение необходимой степени очистки сточных вод.
7. Расчет сооружений.
8. Определение себестоимости очистки сточных вод.
9. Пожарная безопасность.
10. Список использованных источников.

Список использованных источников оформляется по ГОСТ 7.3-2001.

Графическая часть содержит два листа формата А2 с рамками и основными надписями по форме 3 ГОСТ 21.1101-2009. На первом листе вычерчивается проектируемая технологическая схема очистных сооружений АТП, на втором – чертеж одноэтажного здания очистных сооружений с компоновкой оборудования в плане и в разрезе. Применение компьютерных программ Autocad, Компас и т.п. при оформлении графической части проекта приветствуется.

При выполнении технологической схемы и чертежа необходимо учесть правила графического изображения трубопроводной арматуры (ГОСТ 21.205-93), основные требования к проектной и рабочей документации (ГОСТ 21.1101-2009).

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД

## 1.1. Расчетные расходы дождевых сточных вод

В соответствии с современными санитарными требованиями охраны водоемов от загрязнений должно предусматриваться устройство дождевой (ливневой) сети водоотведения на территории предприятия. Эта территория, как правило, характеризуется относительно большим загрязнением, спланированной поверхностью земли и отличается высокой степенью благоустройства.

Отвод дождевой воды с территории автопредприятия чаще всего осуществляется по подземной сети. Материал труб дождевой сети выбирается с учетом агрессивности грунтовых и сточных вод, прочностных характеристик и т.д.

Для снижения и выравнивания расходов дождевых вод, поступающих на локальные очистные сооружения (ЛОС), на ливневой сети устраиваются регулирующие резервуары [7]. Опорожнение резервуаров производится в течение не более 24 часов после выпадения расчетного дождя. Зарегулированные по расходу и составу дождевые сточные воды поступают в ливневую сеть предприятия и далее направляются на ЛОС.

Регулирующие резервуары, согласно [1], рекомендуется располагать перед отводным дождевым коллектором, в который по канавам или трубопроводу поступают дождевые воды с территории предприятия.

Максимальная емкость регулирующих резервуаров дождевых вод  $W_{рег}$ , м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$W_{рег} = W_{max} + W_{cp}, \quad (1)$$

где  $W_{max}$  – максимальный объем суточного стока от дождей расчетной интенсивности, м<sup>3</sup>;

$W_{cp}$  – усредненный за год суточный объем стока, м<sup>3</sup>.

Максимальный объем суточного стока от дождей расчетной интенсивности определяется выражением

$$W_{max} = 10 \cdot H_{max} \cdot \Psi \cdot F, \quad (2)$$

где  $H_{max}$  – суточный максимум осадков с вероятностью периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя один раз в четыре года, мм; принимается по заданию;

$\Psi$  – общий коэффициент стока для территории предприятия; согласно [1], принимается  $\Psi = 0,3–0,45$  (при плотной застройке и расчетной интенсивности выпадения дождя  $q_{20} \geq 100$  л/(га·с));

$F$  – площадь объекта, с территории которого собирается дождевой сток (площадь водосбора), га, с учетом полосы примыкания по периметру шириной 20–30 м, принимается по заданию.

Усредненный за год суточный объем стока составляет

$$W_{cp} = 10 \cdot H_{cp.сут} \cdot \Psi_{cp} \cdot F, \quad (3)$$

где  $H_{cp.сут}$  – среднесуточное количество осадков, мм, рассчитывается исходя из годового

го количества осадков (исходные данные) и количества дней в году (365);

$\Psi_{cp}$ —средневзвешенный коэффициент стока для территории предприятия, равный

$$\Psi_{cp} = \frac{\Psi_1 F_1 + \Psi_2 F_2 + \dots + \Psi_i F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_i}, \quad (4)$$

где  $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_i$ —коэффициенты стока для отдельных участков территории объекта с разным покрытием; определяется в зависимости от местных условий и типа покрытий по табл. 1;

$F_1, F_2, \dots, F_i$ — площади отдельных участков территории объекта с разным покрытием, га; принимаются по заданию.

С целью удобства эксплуатации устраиваются два железобетонных сборных прямоугольных резервуара емкостью по  $0,5 \cdot W_{рег}, \text{ м}^3$ .

Суточный зарегулированный расход дождевых сточных вод от предприятия равен суммарному объему регулирующих резервуаров, собирающих поверхностные воды с территории предприятия. Эти сточные воды равномерно в течение суток поступают из регулирующих резервуаров в дождевую сеть водоотведения предприятия.

Расчетные часовые расходы дождевых сточных вод с территории предприятия равны

$$Q_{ч} = \frac{W_{рег}}{T_0} \quad (5)$$

где  $T_0$  - продолжительность опорожнения регулирующих резервуаров; принимается  $T_0=24$  ч.

Значения коэффициента стока для отдельных участков территории объекта с разным покрытием [7]

Поверхность	Коэффициент стока $\Psi$
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	0,95
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,6
Булыжные мостовые	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2
Газоны	0,1

## 1.2. Расчетные расходы производственных сточных вод

Источниками производственных сточных вод являются технологические операции основного производства АТП: обмывка смотровых ям, наружная обмывка автомашин, промывка отдельных узлов и деталей, продувка паровых котлов, регенерация водоумягчительных фильтров в котельных, охлаждение компрессоров и другого оборудования, мытье производственных помещений, стирка спецодежды и др.

Основными загрязняющими веществами производственных сточных вод являются нефтепродукты, минеральная и органическая взвесь (взвешенные вещества). Кроме того, в стоках могут присутствовать поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Очистные сооружения, как правило, проектируют в расчете на прием сточных вод от всех источников и очистку их от нефтепродуктов и взвешенных веществ за исключением охлаждающей воды и моющих растворов. Для охлаждающей воды и моющих растворов предусматривают локальные оборотные системы, из которых воду выпускают на локальные очистные сооружения только при продувке или опорожнении перед ремонтом.

В курсовом проекте принимается единая производственная сеть, в которую поступают сточные воды от цехов основного производства, охлаждения компрессоров и двигателей, продувки котлов.

Определение расчетных расходов производственных сточных вод производится на основании количества единиц измерения в сутки и норм водоотведения на данную единицу измерения.

Суточный расход производственных сточных вод,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ , определяется по формуле

$$Q_{\text{сут.пр.}} = N_{\text{пр.}} \cdot n_{\text{пр.}}, \quad (6)$$

где  $N_{\text{пр.}}$  – число единиц измерения в сутки, ед.изм./сут.;

$n_{np}$  – норма водоотведения на единицу измерения, м<sup>3</sup>/ед.изм.

Расчетный секундный расход, л/с, производственных сточных вод определяется по формуле

$$q_{np} = \frac{Q_{сут.нр.} \cdot 1000}{3600 \cdot T_{np}}, \quad (7)$$

где  $T_{np}$  – продолжительность водоотведения производственных стоков, ч.

### 1.2.1. Сточные воды от промывки смотровых ям

Суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут., от промывки смотровых ям рассчитывается по формуле

$$Q_{сут.см.ям} = N_{см.ям} \cdot n_{см.ям}, \quad (8)$$

где  $N_{см.ям}$  – число обмываемых смотровых ям в сутки, шт./сут.;

$n_{см.ям}$  – норма водоотведения на обмывку одной смотровой ямы  $n_{см.ям} = 9$  м<sup>3</sup>/шт.

Расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч, от промывки смотровых ям принимается равномерным в течение рабочего дня предприятия

$$Q_{ч.об.см} = \frac{Q_{сут.об.см}}{T_{np}}. \quad (9)$$

$T_{np}$  равно времени работы предприятия, ч.

### 1.2.2. Сточные воды от наружной обмывки автомашин

Суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут., от наружной обмывки автомашин

$$Q_{сут.а/м} = N_{гр.а/м} \cdot n_{гр.а/м} + N_{авт.} \cdot n_{авт.} + N_{л.а/м} \cdot n_{л.а/м}, \quad (10)$$

где  $N_{гр.а/м}$ ,  $N_{авт.}$ ,  $N_{л.а/м}$  – число обмываемых грузовых автомобилей, автобусов и легковых автомобилей в сутки соответственно, шт./сут.;

$n_{гр.а/м}$ ,  $n_{авт.}$ ,  $n_{л.а/м}$  – норма водоотведения на соответствующий автомобиль,  $n_{гр.а/м} = 1,05$  м<sup>3</sup>/шт.,  $n_{авт.} = 0,5$  м<sup>3</sup>/шт.,  $n_{л.а/м} = 0,25$  м<sup>3</sup>/шт.

Количество одновременных обмывок зависит от количества обмывочных установок. Длительность обмывки одной автомашины составляет от 10 до 15 мин. Обычно в соответствии с данными технологов производятся от двух до шести обмывок в сутки, например, в период с 9 до 10 часов; с 11 до 12 часов; с 17 до 18; с 19 до 20 часов. Часто обмывки производятся только в первую смену, причем количество обмывок в смену – не более шести. Сброс сточных вод с установок производится в период обмывок.

### 1.2.3. Суточный расход сточных вод от промывки узлов и деталей автомашин в моечных машинах

Суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут, от промывки узлов и деталей в моечных машинах

$$Q_{сут.дет.} = N_{a/м} \cdot n_{дет.}, \quad (11)$$

где  $N_{a/м}$  – число автомашин, узлы и детали которых направляются на промывку в моечные машины; в курсовом проекте принимается равным количеству обмываемых машин;

$n_{дет.}$  – норма водоотведения на промывку узлов и деталей одного автомобиля в моечных машинах;  $n_{дет.} = 0,3 \text{ м}^3/\text{а.м.}$

Часовой расход принимается равномерным в течение рабочего дня предприятия ( $T_{пр}$  равно времени работы предприятия в сутки, ч),  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{ч.дет} = \frac{Q_{сут.дет.}}{T_{пр}}. \quad (12)$$

#### 1.2.4. Сточные воды от охлаждения компрессоров и двигателей

Допустим, что в соответствии с заданием технологов предприятия суточный расход сточных вод от компрессоров и двигателей при их охлаждении составляет  $Q_{сут.к.д} = 5 \text{ м}^3/\text{сут.}$ . Обычно сброс сточных вод от системы охлаждения производится один раз в сутки, примерно в середине рабочего дня предприятия, например, с 14 до 15 часов.

#### 1.2.5. Сточные воды от продувки котлов

Суточный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ , от продувки котлов типа ДКВР-6,5

$$Q_{сут.прод.} = N_{прод.} \cdot n_{прод.}, \quad (13)$$

где  $N_{прод.}$  – число продувок котлов в сутки, принимается по заданию;

$n_{прод.}$  – норма водоотведения на одну продувку котла типа ДКВР-6,5;  $n_{прод.} = 4,5 \text{ м}^3/\text{прод.}$

Длительность сброса сточных вод при одной продувке составляет, как правило, один час. Допустим, по заданию технологов производятся две продувки котлов в первую смену (с 8 до 9 и с 13 до 14 часов) и две во вторую смену (с 16 до 17 и с 21 до 22 часов).

Результаты расчета по формулам (6) – (13) сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

Расчетные расходы производственных сточных вод предприятия

Наименование производственных процессов	Количество единиц измерения в сутки	Удельное водоотведение на единицу измерения	Продолжительность водоотведения	Расход сточных вод	
				$Q_{сут.пр.}, \text{ м}^3/\text{сут}$	$Q_{час.пр.}, \text{ м}^3/\text{ч}$
Обмывка смотровых ям			Равномерно за $T_{пр}$		
Наружная обмывка автомобилей	I смена	Грузовые	4 часа в сутки		
		Автобусы			

		Легковые			
	II смена	Грузовые			
		Автобусы			
		Легковые			
Промывка узлов и деталей			Равномерно за $T_{пр}$		
Охлаждение компрессоров и двигателей			1 час в сутки		
Продувка котлов типа ДКВР-6,5			1 продувка в час		

### 1.3. Расчетные расходы бытовых и душевых сточных вод

Бытовые и душевые сточные воды с территории предприятия, минуя ЛОС, направляются на насосную станцию перекачки и далее подаются в городскую сеть водоотведения. Обычно для этой цели предусматривается отдельная бытовая сеть водоотведения. В нее сбрасываются бытовые и душевые сточные воды от бытовых санитарных приборов.

#### 1.3.1. Бытовые сточные воды

Расход бытовых сточных вод, м<sup>3</sup>/см., от предприятия по сменам определяется по формуле

$$Q_{см.б} = \frac{n_{б.хол.} \cdot N_{р.хол.}}{1000} + \frac{n_{б.гор.} \cdot N_{р.гор.}}{1000}, \quad (14)$$

где  $n_{б.хол.}$  и  $n_{б.гор.}$  – удельное водоотведение бытовых вод на одного человека при работе в холодных и горячих цехах соответственно, л/(чел. см.); согласно [5], в холодных цехах с тепловыделением менее 20 ккал/ч принимается  $n_{б.хол.} = 25$  л/(чел.см.);  $n_{б.гор.} = 45$  л/(чел.см.);

$N_{р.хол.}$ ,  $N_{р.гор.}$  – число работающих в смену в холодных и горячих цехах соответственно, чел./см.; принимается по заданию.

Для определения часового потребления бытовых сточных вод предприятия необходимо воспользоваться данными таблиц 3 и 4.

Таблица 3

Распределение расходов бытовых сточных вод на промышленном предприятии в течение смены (при 8 часовом рабочем дне), %

Часы смены	1	2	3	4	5	6	7	8
В холодных цехах	12,5	6,25	6,25	18,75	6,25	6,25	6,25	37,5
В горячих цехах	12,5	8,125	8,125	15,65	8,125	8,125	8,125	31,25

Таблица 4

Распределение расходов бытовых сточных вод на промышленном

предприятия в течение смены (при 12 часовом рабочем дне), %

Часы смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В холодных цехах	8	4	4	12	4	4	20	8	4	4	8	20
В горячих цехах	8,5	6,2 5	6,2 5	9,4	6,2 5	6,2 5	12, 9	9,4	6,2 5	6,2 5	9,4	12, 9

### 1.3.2. Душевые сточные воды

Расход душевых сточных вод, м<sup>3</sup>/см., по сменам определяется по формуле

$$Q_{см.д} = \frac{n_d \cdot N_{д.с} \cdot \tau}{1000}, \quad (15)$$

где  $n_d$  – норма водоотведения на одну душевую сетку в групповых душевых,  $n_d = 500$  л/ч [5];

$N_d$  – число душевых сеток в групповых душевых; принимается по заданию;

$\tau$  – продолжительность работы душа;  $\tau = 45$  мин. (0,75 ч) по окончании смены.

Душевые сточные воды отводятся в первый час после каждой смены.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ НА ЛОКАЛЬНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Локальные очистные сооружения (ЛОС) рассчитываются на прием производственных сточных вод и дождевых стоков с наиболее загрязненных территорий предприятия. В некоторых случаях для дождевого стока предусматриваются отдельные очистные сооружения.

При проектировании ЛОС принимаются во внимание следующие основные условия:

- обеспечение необходимого качества очистки сточных вод;
- максимальное сокращение потребления водопроводной воды за счет использования очищенных производственно-дождевых вод в оборотной системе водоснабжения;
- необходимость утилизации или уничтожения нефтепродуктов и осадков, извлекаемых из сточных вод;
- необходимость обезвреживания и очистки регенерационных растворов, промывных и других производственных сточных вод;
- исключение возможности залповых сбросов на очистные сооружения значительных объемов стоков с высокой концентрацией загрязнений;
- необходимость достижения установленных нормативов для приема производственных сточных вод в систему городской канализации;
- необходимость отдельной очистки производственно-дождевых и бытовых сточных вод.

Для определения суточного расхода сточных вод, поступающих на ЛОС, и режима их притока в течение суток составляется сводная таблица притока стоков на ЛОС (табл. 5). Пример заполнения таблицы представлен в таблице 6.

Графы со 2 по 6 заполняются на основании расчетов, приведенных в таблице 1 и указаний по распределению расходов сточных вод в течение суток для различных производственных процессов, данных в п. 1.2. Графы 7, 8 заполняются на основании расчетов, приведенных в п. 1.3. Графа 9 заполняется по результатам расчета, представленным в п. 1.1. Графа 10 – это сумма граф со 2 по 6 и 9.

По результатам расчета, полученным в таблице 5, определяется производительность локальных очистных сооружений.

Таблица 5

Приток сточных вод на местные очистные сооружения предприятия

Часы суток	Производственные сточные воды, м <sup>3</sup> /ч	Бытовые сточные воды, м <sup>3</sup> /ч	сточ- ные	сту- паю-
---------------	--	--	--------------	--------------

	Обмывка смотровых ям	Наружная обмывка автомашин	Охлаждение компрессоров и двигателей	Промывка узлов и деталей в моечных машинах	Продувка котлов типа ДКВР-6,5	Хоз.-бытовые	Душевые воды,		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1									
1-2									
2-3									
3-4									
4-5									
5-6									
6-7									
7-8									
8-9									
9-10									
10-11									
11-12									
12-13									
13-14									
14-15									
15-16									
16-17									
17-18									
18-19									
19-20									
20-21									
21-22									
22-23									
23-24									
Итого									

Таблица 6

Пример заполнения табл. 5

Часы ТОК	Производственные сточные воды, м <sup>3</sup> /ч	Бытовые сточные воды, м <sup>3</sup> /ч	Бытовые сточные воды, штука на
-------------	--	--	--

	Обмывка смотровых ям	Наружная обмывка автомашин	Охлаждение компрессоров и двигателей	Промывка узлов и деталей в моечных машинах	Продувка котлов типа ДКВР-6,5	Хоз.-бытовые	Душевые воды,		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1	2,25	-	-	0,12	-	0,47	7,5	57,9	60,27
1-2	2,25	-	-	0,12	-	0,23	-	57,9	60,27
2-3	2,25	-	-	0,12	-	0,23	-	57,9	60,27
3-4	2,25	-	-	0,12	-	0,7	-	57,9	60,27
4-5	2,25	-	-	0,12	-	0,24	-	57,9	60,27
5-6	2,25	-	-	0,12	-	0,24	-	57,9	60,27
6-7	2,25	-	-	0,12	-	0,24	-	57,9	60,27
7-8	2,25	-	-	0,12	-	1,4	-	57,9	60,27
8-9	2,25	-	-	0,12	4,5	0,63	7,5	57,9	64,77
9-10	2,25	1,7	-	0,12	-	0,31	-	57,9	61,97
10-11	2,25	-	-	0,12	-	0,31	-	57,9	60,27
11-12	2,25	1,7	-	0,12	-	0,94	-	57,9	61,97
12-13	2,25	-	-	0,12	-	0,31	-	57,9	60,27
13-14	2,25	-	-	0,12	4,5	0,31	-	57,9	64,77
14-15	2,25	-	5	0,12	-	0,31	-	57,9	<b>65,27</b>
15-16	2,25	-	-	0,12	-	1,88	-	57,9	60,27
16-17	2,25	-	-	0,12	4,5	0,47	7,5	57,9	64,77
17-18	2,25	1,7	-	0,12	-	0,23	-	57,9	61,97
18-19	2,25	-	-	0,12	-	0,23	-	57,8	60,17
19-20	2,25	1,7	-	0,12	-	0,7	-	57,8	61,87
20-21	2,25	-	-	0,12	-	0,24	-	57,8	60,17
21-22	2,25	-	-	0,12	4,5	0,24	-	57,8	64,67
22-23	2,25	-	-	0,13	-	0,24	-	57,8	60,18
23-24	2,25	-	-	0,13	-	1,4	-	57,8	60,18
Итого	54	6,8	5	2,9	18	12,5	22,5	1389	<b>1475,7</b>

В примере (табл. 6)  $Q_{\text{лос}} = 1475,7 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Для подбора насосов, перекачивающих стоки на очистку, и расчета сооружений станции очистки определяется максимальный часовой приток производственно-дождевых сточных вод на ЛОС.

В примере  $Q_{\text{ч.макс}} = 65,27 \text{ м}^3/\text{ч}$  (графа 10).

### 3. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

При проектировании локальных очистных сооружений, кроме расчетных расходов сточных вод, необходимо знать концентрацию загрязнений в стоках по характерным показателям. Обычно такими видами загрязнений в сточных водах автопредприятий являются нефтепродукты и взвешенные вещества.

Концентрация нефтепродуктов и взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на ЛОС, в период выпадения расчетного дождя и после него (при опорожнении регулирующих резервуаров), составляет:

1) по нефтепродуктам

$$C_{см}^{mn} = \frac{\sum (C_i^{mn} \cdot Q_i)}{\sum Q_i} \quad (16)$$

где  $C_i^{mn}$  – концентрация нефтепродуктов в производственных и дождевых сточных водах, мг/л; принимается для сточных вод:

- от обмывки смотровых ям  $C_1^{mn} = 500$  мг/л;
- наружной обмывки автомашин  $C_2^{mn} = 200$  мг/л;
- от охлаждения компрессоров и двигателей  $C_3^{mn} = 20$  мг/л;
- от промывки узлов и деталей в моечных машинах  $C_4^{mn} = 250$  мг/л;
- от продувки котлов  $C_5^{mn} = 20$  мг/л;
- в дождевых сточных водах  $C_6^{mn} = 120$  мг/л;

$Q_i$  – суточный расход производственных и дождевых сточных вод, м<sup>3</sup>/сут (табл. 3).

2) по взвешенным веществам

$$C_{см}^{B.B} = \frac{\sum (C_i^{B.B} \cdot Q_i)}{\sum Q_i} \quad (17)$$

где  $C_i^{B.B}$  – концентрация взвешенных веществ в производственных и дождевых сточных водах, мг/л; принимается для сточных вод:

- от обмывки смотровых ям  $C_1^{BB} = 300$  мг/л;
- наружной обмывки автомашин  $C_2^{BB} = 300$  мг/л;
- от охлаждения компрессоров и двигателей  $C_3^{BB} = 20$  мг/л;
- от промывки узлов и деталей в моечных машинах  $C_4^{BB} = 250$  мг/л;
- от продувки котлов  $C_5^{BB} = 20$  мг/л;
- в дождевых сточных водах  $C_6^{BB} = 250$  мг/л.

Для рассмотренного примера расчета эти величины составят:

$$C_{см}^{mn} = \frac{500 \cdot 54 + 200 \cdot 6,8 + 20 \cdot 5 + 250 \cdot 2,9 + 20 \cdot 18 + 120 \cdot 1389}{54 + 6,8 + 5 + 2,9 + 18 + 1389} = 133 \text{ мг/л};$$

$$C_{см}^{B.B} = \frac{300 \cdot 54 + 300 \cdot 6,8 + 20 \cdot 5 + 250 \cdot 2,9 + 20 \cdot 18 + 250 \cdot 1389}{54 + 6,8 + 5 + 2,9 + 18 + 1389} = 248,5 \text{ мг/л}.$$

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Необходимая степень очистки производственных и дождевых сточных вод на ЛОС определяется схемой их дальнейшего использования, а также требованиями, предъявляемыми к качеству очищенных стоков. В данной работе необходимая степень очистки сточных вод определяется из условия сброса в городскую канализационную сеть.

При сбросе стоков в городскую сеть водоотведения необходимая степень очистки определяется из условия, что концентрация лимитирующих загрязнений (нефтепродуктов и взвешенных веществ) в смеси сточных вод, поступающей на городские очистные сооружения (ГОС), не должна нарушать их работу и, как следствие, приводить к ухудшению качества сбрасываемых сточных вод.

Эффективность очистки сточных вод на городских сооружениях зависит от технологии ее очистки (принимается по заданию):

– при глубокой биологической очистке: по нефтепродуктам  $\mathcal{E}_{\text{нп}}^{\text{ГОС}} = 70\%$ ; по взвешенным веществам:  $\mathcal{E}_{\text{вв}}^{\text{ГОС}} = 95\%$ ;

– при глубокой биологической очистке с доочисткой: по нефтепродуктам  $\mathcal{E}_{\text{нп}}^{\text{ГОС}} = 85\%$ ; по взвешенным веществам:  $\mathcal{E}_{\text{вв}}^{\text{ГОС}} = 97\%$ .

Требования к качеству очистки принимаются, исходя из расположения ГОС в черте города, т.е. без расчета на смешение и в соответствии с требованиями, предъявляемыми к воде водоема культурно-бытового водопользования. Тогда допустимые концентрации для городских сооружений составляют:

– по нефтепродуктам  $C_{\text{дк.нп}}^{\text{ГОС}} = 0,3$  мг/л;

– по взвешенным веществам  $C_{\text{дк.вв}}^{\text{ГОС}} = 6$  мг/л.

Исходя из заданных условий, допустимые концентрации для приема в городскую сеть рассчитываются по формуле

$$C_{\text{ГОС}} = \frac{100 \cdot C_{\text{дк}}^{\text{ГОС}}}{(100 - \mathcal{E}^{\text{ГОС}})}, \quad (18)$$

С учетом этого концентрация, мг/л, нефтепродуктов и взвешенных веществ в сточных водах после ЛОС АТП определяется по зависимости

$$C_{\text{ост}} = \frac{C_{\text{ГОС}} \cdot (Q_{\text{сбр.}} + Q_{\text{гор}}) - C_{\text{ГОС}} \cdot Q_{\text{гор}}}{Q_{\text{сбр.}}}, \quad (19)$$

где  $C_{\text{ост}}$  – остаточная концентрация нефтепродуктов или взвешенных веществ в очищенных на ЛОС производственно-дождевых стоках, мг/л;

$C_{\text{ГОС}}$  – допустимая концентрация нефтепродуктов или взвешенных веществ в смеси сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения; принимается из расчета по формуле (18);

$Q_{\text{сбр.}}$  – часть расхода очищенных производственно-дождевых сточных вод предприятия, не используемых в обороте и сбрасываемых в городскую сеть водоотведения; в

экстремальных ситуациях сбрасывается весь расход, т.е.  $Q_{сбр.} = Q_{лос}, м^3/сут;$

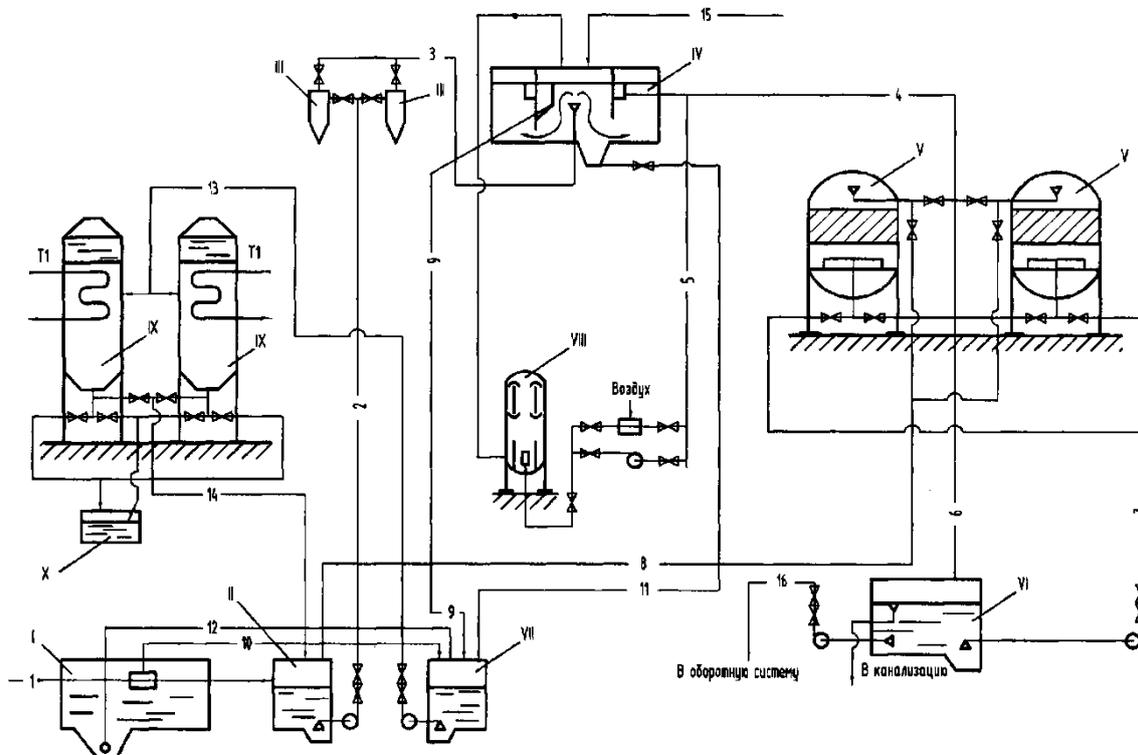
$Q_{гор}$  – расход сточных вод города,  $м^3/сут;$  принимается по заданию;

$C_{гор}$  – концентрация нефтепродуктов или взвешенных веществ в городских сточных водах,  $мг/л;$  принимается по заданию.

## 5. РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ

На основании опыта проектирования и эксплуатации очистных сооружений, при требуемом качестве очистки сточных вод по остаточному содержанию нефтепродуктов  $C_{дон}^{нп}$  до 5 мг/л следует применять на заключительном этапе очистки как минимум метод фильтрации; при  $C_{дон}^{нп}$  до 20 мг/л необходимо применять метод флотации или тонкослойного отстаивания с предварительной химической обработкой стоков; при  $C_{дон}^{нп}$  до 50 мг/л – обычное или тонкослойное отстаивание.

В курсовом проекте, независимо от полученных результатов расчета необходимой степени очистки сточных вод, необходимо разработать технологическую схему, представленную на рис. 2.



I – нефтеуловитель; II – приемный резервуар-усреднитель; III – напорные гидроциклоны; IV – флотатор-отстойник; V – напорные фильтры; VI – резервуар очищенной воды; VII – резервуар уловленных нефтепродуктов и осадка; VIII – напорный бак для насыщения рециркуляционной воды воздухом; IX – разделительные резервуары; X – резервуар обезвоженных нефтепродуктов и осадка на утилизацию;

трубопроводы: 1 – подачи воды в нефтеуловитель; 2 – на гидроциклоны; 3 – на флотаторы; 4 – на фильтры; 5 – на рециркуляцию; 6 – подачи фильтрата в резервуар очищенной воды; 7 – промывной воды; 8 – загрязненной промывной воды; 9 – удаления нефтепродуктов из флотатора; 10 – из нефтеуловителей; 11 – удаления осадка из флотатора; 12 – из нефтеуловителя; 13 – подачи нефтепродуктов и осадка в разделительные резервуары; 14 – загрязненной воды из разделительных резервуаров; 15 – подачи реагентов; 16 – подачи очищенной воды в оборотную систему

Рис. 2. Технологическая схема очистных сооружений

### 3.1. Приемный резервуар-усреднитель

Расчет сооружений ЛОС производится на максимальный часовой расход поступающих сточных вод. При устройстве приемного резервуара, выполняющего одновременно роль усреднителя, его емкость,  $m^3$ , следует рассчитывать на сглаживание пиковых концентраций загрязнений по формуле

$$W_y = \frac{Q_{ч.маx} \cdot \tau_y}{1,4}, \quad (20)$$

где  $\tau_y$  – расчетная продолжительность усреднения, ч; принимается  $\tau_y$  в диапазоне от 0,2 до 1 ч.

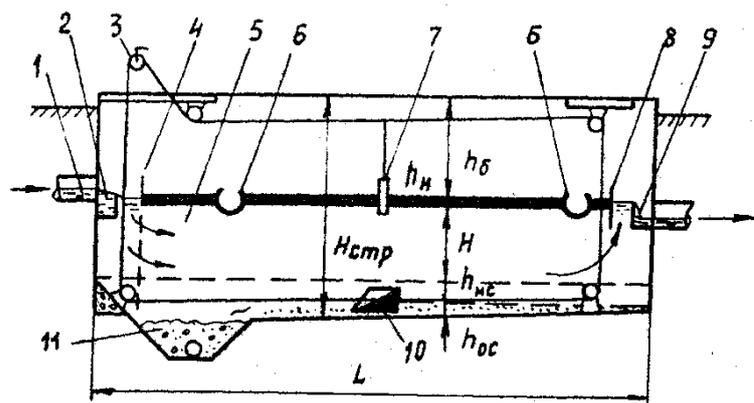
Для перемешивания сточных вод в усреднителе предусматривается подача воздуха через перфорированные трубы-барботеры диаметром 40 - 50 мм. При сбросе в приемный резервуар-усреднитель грязной воды после промывки фильтров его объем должен быть соответственно увеличен. Насосы, перекачивающие стоки на очистку, подбираются по расходу  $Q_{ч.маx}$ ,  $m^3/ч$ , и требуемому напору, обеспечивающему нормальную работу гидроциклонов и других сооружений с учетом их высотного расположения, которое определяется при проектировании очистной станции.

Количество, размеры сооружений и их состав должны обеспечивать требуемое качество очистки сточных вод, обработки осадка и других отходов, а также бесперебойную работу очистной станции в режиме постоянной эксплуатации.

### 3.2. Нефтеуловители

Обычные и тонкослойные нефтеуловители (нефтеловушки) применяются для очистки сточных вод от нефтепродуктов и механических примесей, которые могут быть выделены методом отстаивания. В силу конструктивных особенностей тонкослойные нефтеуловители более компактны и обеспечивают полное задержание основной массы тонкоэмульгированных нефтепродуктов с размерами частиц до 30 мкм и частично более мелких фракций, а обычные нефтеловушки – только частицы с размерами фракций более 100 мкм.

Расчет обычных нефтеуловителей (рис. 3) производится на максимальный приток сточных вод  $q$ ,  $m^3/с$ , в следующем порядке.



1 – подводящая труба; 2 – распределительный лоток; 3 – лебедка; 4 – распределительная перегородка; 5 – отстойная зона; 6 – устройство для сбора и удаления нефтепродуктов (нефтесборная поворотная труба); 7 – устройство для сгона нефтепродуктов; 8 – полупогружная нефтеудерживающая стенка; 9 – сборный лоток; 10 – скребок; 11 – прямик с трубой (гидроэлеватором) для удаления осадка

Рис. 3. Нефтеуловитель

Назначаются габариты нефтеловушки: число секций, их глубина и ширина. Число секций  $n$  принимается согласно [7]:  $n \geq 2$ , но, учитывая небольшие расходы стоков автопредприятия, можно принять  $n = 1$ ; согласно [7] назначается глубина нефтеловушки  $H$  и ширина ее секции  $B$ : от 1 до 2 м и от 2 до 6 м соответственно ( $1 \leq H \leq 2$  м,  $2 \leq B \leq 6$  м).

Параметры типовых нефтеловушек представлены в таблице 7.

Таблица 7

Параметры типовых нефтеловушек

Номер типового проекта	Глубина проточной части, м	Строительные размеры секций, м			Число секций	Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч
		ширина, В	длина, L	высота, Н		
902-2-157	1,2	2	12	2,4	1	18
902-2-158	1,2	2	12	2,4	2	36
902-2-159	1,25	3	18	2,4	2	72
902-2-160	1,5	3	24	3,6	2	108
902-2-161	2	3	30	3,6	2	162
902-2-3	2	6	36	2,4	2	396

После назначения габаритов нефтеловушки определяется средняя скорость движения воды, мм/с, в ее проточной части по формуле

$$v = \frac{q}{n \cdot H \cdot B} \quad (21)$$

Согласно [7], скорость  $v$  должна приниматься равной от 4 до 6 мм/с (на практике  $v$  находится в пределах от 2 до 10 мм/с).

При несоответствии найденной по формуле (21) скорости  $v$  с нормативной расчет корректируют путем изменения габаритных размеров сооружения.

Далее определяется длина нефтеловушки, м, по формуле

$$L = \frac{v}{u_0} \cdot \alpha \cdot H, \quad (22)$$

где  $u_0$  - гидравлическая крупность (т.е. скорость всплывания нефтяных или осадения взвешенных частиц), мм/с. В общем случае гидравлическая крупность загрязнений определяется по данным кинетики осадения нефти или взвеси. При отсутствии этих данных гидравлическая крупность нефтяных частиц  $u_0$  для обычных нефтеловителей принимается, согласно [7], равной 0,4 – 0,6 мм/с;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий турбулентность и струйность потока воды в нефтеловушке, при  $v/u_0 = 10$   $\alpha = 1,5$ ; при  $v/u_0 = 15$   $\alpha = 1,65$ ; при  $v/u_0 = 20$   $\alpha = 1,75$ .

Согласно [7], отношение  $L/H$  должно быть в пределах от 15 до 20. При необходимости, расчет корректируют.

Расчетная продолжительность отстаивания воды, ч, в нефтеловушке определяется по формуле

$$\tau_0 = \frac{L}{v}. \quad (23)$$

Продолжительность, ч, всплывания нефтяных частиц равна

$$\tau_e = \frac{H}{u_0}. \quad (24)$$

Необходимо, чтобы  $\tau_e$  было меньше  $\tau_0$ .

Количество свежего осадка, м<sup>3</sup>/сут, задерживаемого в нефтеловушке, определяется по формуле

$$W_{oc} = \frac{Q_{loc} \cdot A}{\rho \cdot (100 - p) \cdot 10^6}, \quad (25)$$

где  $Q_{loc}$  – суточный расход сточных вод, поступающих на МОС, м<sup>3</sup>/сут;

$A$  – количество задерживаемого осадка по сухому веществу, г/м<sup>3</sup>;  $A = 80 - 120$  г/м<sup>3</sup> [7];

$\rho$  – плотность свежес выпавшего осадка, т/м<sup>3</sup>;  $\rho = 1,1$  т/м<sup>3</sup> согласно [7];

$p$  – влажность осадка, %;  $p = 95$  % [7].

Высота слоя осадка в нефтеловушке, м, определяется по формуле

$$h_{oc} = \frac{W_{oc}}{n \cdot H \cdot L}. \quad (26)$$

Согласно [7], слой осадка в нефтеловушке следует принимать до 0,1 м. Сопоставляя эту величину с расчетной, определяем частоту включения скребков для сгребания осадка и его удаления из нефтеловушки, т.е.

$$n_{вкл} = h_{oc} / 0,1. \quad (27)$$

Слой всплывших нефтепродуктов в нефтеловушке принимается  $h_{вв} = 0,01$  м.

Высота борта нефтеловушки  $h_{б}$  и высота нейтрального слоя  $h_{н.с}$  принимаются по [7]:  $h_{б} = 0,3$  м;  $h_{н.с} = 0,3$  м.

Тогда строительная высота нефтеловушки, м, будет равна

$$H_{стр} = h_{б} + h_{вв} + H + h_{н.с} + h_{ос}. \quad (28)$$

Эффект очистки (задержания) нефтепродуктов в нефтеуловителе зависит от гидравлической крупности загрязнений, состава и свойств сточных вод, определяющих кинетику их отстаивания.

При отсутствии этих данных эффект очистки стоков от нефтепродуктов в обычных нефтеловушках принимается по [7], при  $u_o = 0,4$  мм/с  $\mathcal{E}_n^{mn} = 70\%$ ; при  $u_o = 0,6$  мм/с  $\mathcal{E}_n^{mn} = 60\%$ .

Остаточная концентрация нефтепродуктов, мг/л, в очищенной воде после нефтеловушки составляет

$$C_{ост.н}^{нп} = \frac{100 - \mathcal{E}_n^{mn}}{100} \cdot C_{см}^{нп}. \quad (29)$$

Эффект очистки сточных вод в нефтеуловителе от взвешенных веществ зависит от физических свойств минеральной и органической взвеси. Ориентировочно можно принять расчетный эффект очистки в обычных нефтеловушках  $\mathcal{E}_n^{в.в} = 50-60\%$ .

Остаточная концентрация взвешенных веществ в очищенной воде после нефтеловушки составляет, мг/л,

$$C_{ост.н}^{в.в} = \frac{100 - \mathcal{E}_n^{в.в}}{100} * C_{см}^{в.в}. \quad (30)$$

Для сбора и удаления нефтепродуктов с поверхности нефтеловушки предусматриваются нефтесборные поворотные трубы.

### 3.3. Гидроциклоны

Для очистки сточных вод от грубодисперсных оседающих примесей и отмывания нефтепродуктов от минеральных загрязнений обычно применяются напорные гидроциклоны (рис. 4).

Диаметр входного патрубка гидроциклона, см, определяется по эмпирической формуле

$$d_n = \sqrt{\frac{8 \cdot Q_{ч.макс}}{\pi \cdot \sqrt{H}}}, \quad (31)$$

где  $H$  - напор перед гидроциклоном, м;  $H = 10 - 15$  м.

Диаметр гидроциклона принимается  $d = (2,5 - 5) \cdot d_n$ , см.

Диаметр сливного патрубка  $d_{сл} = (0,25 - 0,5) \cdot d$ , см.

Диаметр шламовой насадки  $d_{ш} = (0,05 - 0,12) \cdot d$ , см.

Диаметр отверстия сопла, см, определяется по формуле

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{ч. макс}}}{\pi \cdot v_{\text{вх}}}}, \quad (32)$$

где  $v_{\text{вх}}$  - входная скорость в гидроциклон,  
обычно принимается  $v_{\text{вх}} = 6 - 10$  м/с.

Высота цилиндрической части гидроциклона принимается равной  $H_{\text{ц}} = d$ , см, высота конической части  $H_{\text{к}} = 3 H_{\text{ц}}$ , см.

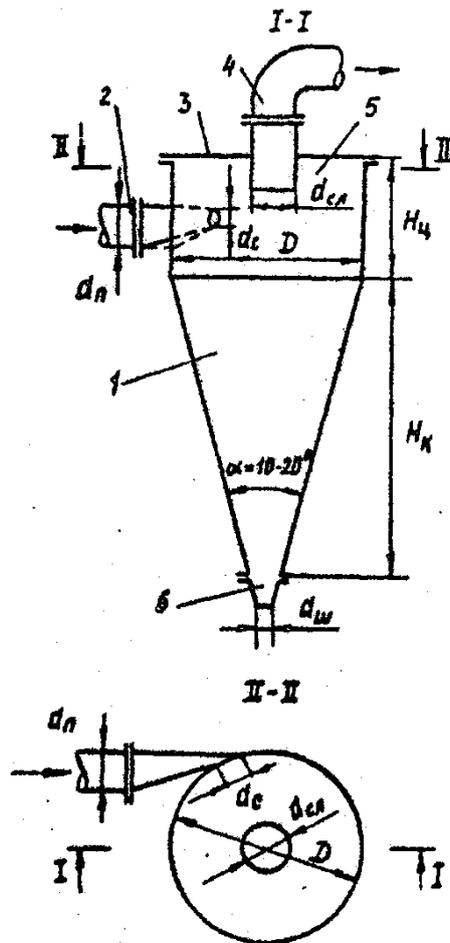
Содержание нефтепродуктов в гидроциклонах не меняется.

Эффект очистки сточных вод от взвешенных веществ в напорных гидроциклонах принимается  $\mathcal{E}_2^{6.6} = 30 - 50\%$ .

Остаточная концентрация взвешенных веществ, мг/л, в очищенной воде после гидроциклона составляет

$$C_{\text{ост.2}}^{6.6} = \frac{100 - \mathcal{E}_2^{6.6}}{100} \cdot C_{\text{ост.н}}^{6.6}. \quad (33)$$

В технологической схеме обычно предусматривается не менее двух гидроциклонов, один из которых резервный [7].



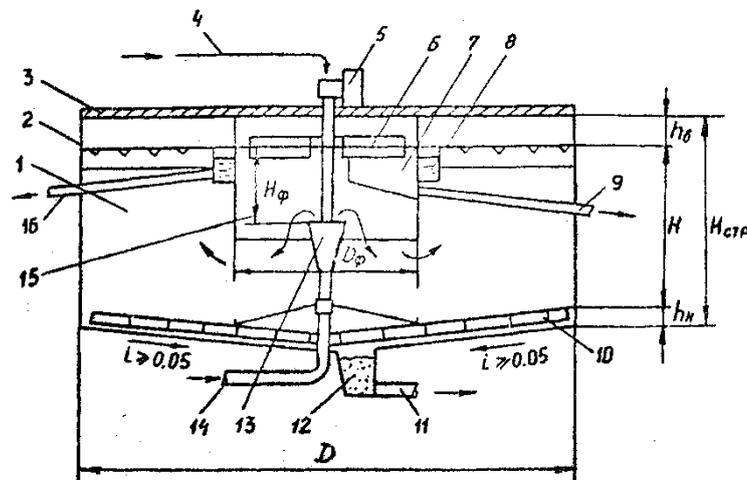
1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – крышка; 4 – сливной патрубок; 5 – цилиндрическая часть гидроциклона; 6 – грязевой насадок

Рис. 4. Напорный гидроциклон

### 3.4. Флотаторы-отстойники

Для очистки сточных вод от плавающих и эмульгированных нефтепродуктов, смол, масел и других тонкодисперсных примесей рекомендуется установка флотатора-отстойника (рис. 5).

Флотаторы-отстойники применяются при сравнительно больших расходах сточных вод, что для автопредприятий характерно при совместной очистке дождевых и производственных сточных вод. Кроме этих сооружений, применяются многокамерные флотаторы. В состав флотационной установки напорного типа входят: флотатор, напорный бак, насос для подачи очищаемой воды, рециркуляционный насос, реагентное хозяйство.



1 – отстойная камера; 2 – водосборный лоток с зубчатым водосливом; 3 – мостик обслуживания; 4 – трубопровод рециркуляционной воды; 5 – электропривод; 6 – верхние скребки для сбора всплывающих загрязнений (пены); 7 – сборный карман для всплывающих загрязнений (пены); 8 – кольцевой водосборный лоток; 9 – трубопровод для удаления всплывающих загрязнений; 10 – донные скребки; 11 – трубопровод для удаления осадка; 12 – приямок для осадка; 13 – водораспределитель; 14 – трубопровод для подачи воды на очистку; 15 – камера флотации; 16 – трубопровод очищенной воды

Рис. 5. Флотатор-отстойник

Объем флотатора-отстойника,  $m^3$ , определяется по формуле

$$W_{ф-о} = Q_{ч.мах} \tau_{ф-о}, \quad (34)$$

где  $\tau_{ф-о}$  - время пребывания воды во флотаторе-отстойнике, ч,

$$\tau_{ф-о} = \tau_{ф.к} + \tau_{о.к}, \quad (35)$$

где  $\tau_{ф.к}$  – время пребывания воды во флотационной камере; обычно принимается  $\tau_{ф.к} = 10 - 20$  мин;

$\tau_{о.к}$  – время пребывания воды в отстойной камере; обычно принимается  $\tau_{о.к} = 1,5 - 2$  ч.

Рабочая высота флотатора-отстойника  $H_{ф-о}$  принимается в пределах от 1,5 до 3 м.

Площадь зеркала флотатора-отстойника,  $m^2$ , определяется по формуле

$$F_{\phi-o} = \frac{W_{\phi-o}}{H_{\phi-o}} \quad (36)$$

Диаметр флотатора-отстойника, м, определяется по уравнению

$$D_{\phi-o} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\phi-o}}{\pi}} \quad (37)$$

Объем флотационной камеры,  $m^3$ , определяется

$$W_{\phi.к} = Q_{ч.мах} \cdot \tau_{\phi.к} \quad (38)$$

Высота флотационной камеры  $H_{\phi.к}$ , т.е. расстояние от поверхности воды до верха водораспределителя, обычно принимается в пределах от 1 до 1,2 м.

Площадь зеркала флотационной камеры,  $m^2$ , определяется

$$F_{\phi.к} = \frac{W_{\phi.к}}{H_{\phi.к}} \quad (39)$$

Диаметр флотационной камеры, м, определяется

$$D_{\phi.к} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\phi.к}}{\pi}} \quad (40)$$

Высота нейтрального слоя выше днища флотатора-отстойника принимается  $h_{н.с} = 0,3$  м, высота борта  $h_{\delta} \geq 0,3$  м.

Строительная высота флотатора-отстойника, м, определяется

$$H_{стр} = h_{\delta} + H_{\phi-o} + h_{н.с} \quad (41)$$

Производительность рециркуляционного насоса,  $m^3/ч$ , при подаче воды во флотатор-отстойник насосом принимается

$$Q_p = 0,5 \cdot Q_{ч.мах} \quad (42)$$

Напор, развиваемый рециркуляционным насосом,  $H_p$  рекомендуется принимать от 35 до 40 м.

Объем напорного бака,  $m^3$ , определяется

$$W_{\delta} = Q_p / (30...60) \quad (43)$$

Высота бака  $H_{\delta}$  принимается равной от 1 до 1,5 м, а его диаметр, м, определяется по формуле

$$D_{\delta} = \sqrt{\frac{4 \cdot W_{\delta}}{\pi \cdot H_{\delta}}} \quad (44)$$

Для повышения качества очистки сточных вод перед флотатором применяется ввод реагентов. Для обработки сточных вод автопредприятий чаще всего применяют неочищенный сернокислый алюминий, во флотаторах происходит отделение укрупненных в результате коагуляции мелкодисперсных примесей.

Приготовление, дозирование и ввод реагентов в сточную воду надлежит предусматривать согласно [6]. Смешение реагентов со сточной водой следует предусматривать в гидравлических смесителях или в подводящих воду трубопроводах согласно [6].

Рекомендуется использовать камеры хлопьеобразования, состоящие из отдельных отсеков с постепенно уменьшающейся интенсивностью перемешивания.

Время пребывания в камерах хлопьеобразования следует принимать при отделении скоагулированных взвешенных веществ флотацией для коагулянтов от 3 до 5 мин.

Дозу реагента необходимо определять по табл. 7[6] или по табл.55 [7].

Суточный расход реагента, кг/сут., определяется по формуле

$$M_{\text{реаг}} = \frac{D_p \cdot Q_{\text{сув.св}}}{1000}, \quad (45)$$

где  $D_p$  – доза реагента, мг/л, определяется по табл.8.

Таблица 8

Доза реагента в зависимости от концентрации нефтепродуктов [7]

Загрязняющие вещества	Концентрация загрязняющих веществ, мг/л	Реагенты	Доза реагента, $D_p$ , мг/л
Нефтепродукты	До 100	Соли алюминия	50– 75
	100 —200	по товарному	75 – 100
	200—300	продукту	100 – 150

Остаточная концентрация нефтепродуктов и взвешенных веществ в очищенной воде после флотатора-отстойника составляет: без применения реагентов – 40 – 50 мг/л, с применением реагентов – 15 – 20 мг/л.

### 3.5. Напорные фильтры

Для доочистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ перед их выпуском в городскую сеть водоотведения (водоем) или при повторном использовании в производственных процессах применяются безнапорные и напорные скорые фильтры.

Безнапорные скорые фильтры рассчитываются аналогично водопроводным при рекомендуемых скоростях фильтрации от 5 до 7 м/ч.

Напорный фильтр (рис. 6) представляет собой стальной вертикальный или горизонтальный резервуар, как правило, заводского изготовления, рассчитываемый на давление до 60 мв.ст., с фильтрующей загрузкой.

Фильтр загружают кварцевым песком слоем 1,2 - 1,4 м; допускается использование и других зернистых загрузок - дробленого антрацита, керамзита, шунгизита, сульфогля, обладающих большой грязеемкостью и легко регенерируемых.

1 – подача воды на фильтрацию; 2 – корпус фильтра; 3 – воронка для подачи исходной и отвода промывочной воды; 4 – слой фильтрующей загрузки; 5 – подстилающий слой гравия; 6 – подвод воздуха для продувки; 7 – отвод осветленной воды; 8 – подача воды на промывку; 9 – отвод промывной воды; 10 – отвод воздуха

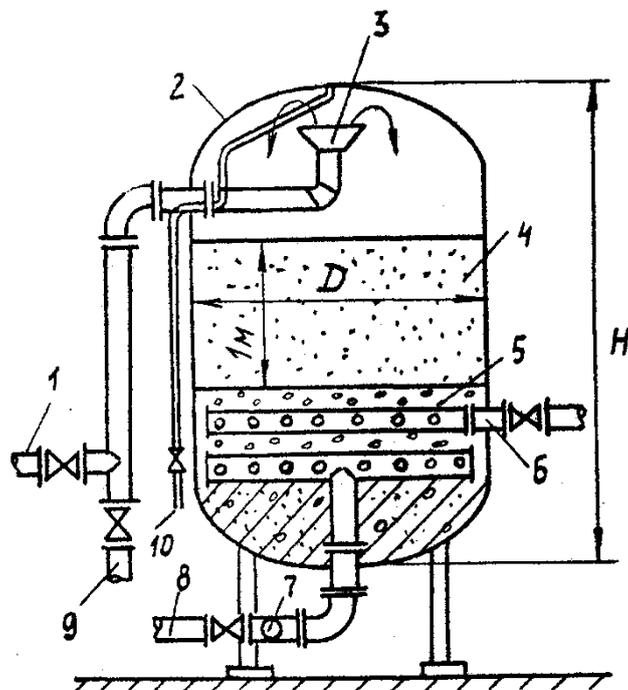


Рис. 6. Напорный фильтр

Направление фильтрации воды – сверху вниз, скорость фильтрации  $v_{\phi} = 5 - 12$  м/ч.

В состав фильтровальной установки входят: фильтры (не менее двух), насосы для подачи очищаемой и промывной воды, резервуар для промывной воды (может быть использован резервуар очищенной воды (РОВО)). На фильтры с зернистой загрузкой допускается подача сточной воды с концентрацией нефтепродуктов до 50 мг/л, взвешенных веществ – до 30 мг/л.

Эффект фильтрования значительно повышается при добавлении в фильтруемую воду от 5 до 10 мг/л коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  и от 0,2 до 0,3 мг/л флокулянта ПАА. В этом случае остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде после фильтров может достигать  $C_{ост.}^{66}$  до 5 мг/л.

Общая площадь фильтрации рабочих фильтров,  $m^2$ , определяется по формуле

$$F_{\phi} = \frac{Q_{ч. max}}{v_{\phi}} \quad (46)$$

Количество рабочих фильтров находится из соотношения

$$N_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{F_1}, \quad (47)$$

где  $F_1$  – площадь одного фильтра,  $m^2$ .

Параметры стандартных напорных фильтров приведены в табл.9.

Таблица 9

Основные параметры напорных фильтров

Тип фильтра	Размеры корпуса, мм		Объем загрузки, $m^3$	Площадь фильтрации, $m^2$
	диаметр	длина		
Вертикальный	1000	2912	0,97	0,8

	1500	3298	2,31	1,78
	2000	3620	4,34	3,14
	2600	4000	7,86	5,3
	3000	4370	11	7,1
	3400	4530	14,7	9,1
Горизонтальный	3000	6680	19	15
	3000	11085	34,5	30

При количестве рабочих фильтров до четырех принимается один резервный фильтр на период промывки.

Продолжительность фильтрационного цикла, сут., зависит от расхода нефтесодержащих сточных вод, подаваемых на фильтр, концентрации их загрязнений до и после фильтра, а также от грязеемкости фильтрующей загрузки и определяется по формуле

$$T_{\phi} = \frac{\Gamma \cdot W_3 \cdot 1000}{(C_{\text{ост.}\phi-o}^{\text{нп}} - C_{\text{ост.}\phi}^{\text{нп}}) \cdot Q_{\phi}}, \quad (48)$$

где  $\Gamma$  – грязеемкость фильтрующей загрузки, кг/м<sup>3</sup>; грязеемкость кварцевого песка составляет  $\Gamma = 5$  кг/м<sup>3</sup>; грязеемкость керамзита, шунгизита, сульфогля  $\Gamma = 10$  кг/м<sup>3</sup>;

$W_3$  – объем загрузки, м<sup>3</sup>; принимается по табл.9;

$C_{\text{ост.}\phi-o}^{\text{нп}}$  – остаточное содержание нефтепродуктов в очищенной воде после флотатора-отстойника, мг/л;

$C_{\text{ост.}\phi}^{\text{нп}}$  – остаточное содержание нефтепродуктов в очищенной воде после фильтра, мг/л;

$Q_{\phi}$  – суточный расход сточных вод, подаваемых на фильтр, м<sup>3</sup>/сут.; определяется  $Q_{\phi} = Q_{\text{лос}} / N_{\phi}$  ( $N_{\phi}$  – количество рабочих фильтров).

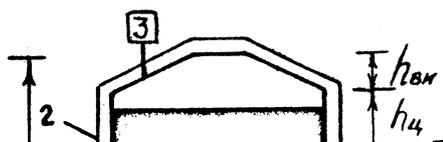
Фильтры промывают очищенной водой из РОВ через дренажную систему снизу вверх. Наиболее высокий эффект промывки загрузки достигается при использовании горячей воды, нагретой до 60 – 80 °С. Интенсивность и продолжительность водяной промывки составляет 10 – 12 л/с в течение 12 – 14 мин. При водо-воздушной промывке следует предусмотреть также воздухоподувку.

Насосы для промывной воды подбирают по ее расходу и напору при промывке. Последний определяется с учетом потерь напора в подводящих трубопроводах, распределительной системе фильтра и загрузке.

### 3.6. Разделительные резервуары

Для обезвоживания нефтепродуктов и пены, уловленных в нефтеловушках и флотаторах, предусматриваются разделительные резервуары (рис. 7) в форме закрытого цилиндра с коническим днищем.

Внутри резервуара, как правило, размещается паровой змеевик для улучшения процесса разделения, а сбоку и снизу располагаются патрубки для подачи обводненных



нефтепродуктов или пены, выпуска осадка, отстоявшейся воды и обезвоженных нефтепродуктов.

1 – корпус; 2 – теплоизоляция; 3 – дыхательный клапан; 4 – змеевик;  
 I – обводненная пена; II – пар; III – конденсат; IV – осадок; V – нефтепродукты;  
 VI – вода

Рис. 7. Разделительный резервуар

Объем, м<sup>3</sup>/сут., поступающих на разделение нефтепродуктов или погашенной пены определяется по формуле

$$W_{nn} = \frac{Q_{лос} \cdot (C_{см}^{nn} - C_{ост.ф}^{nn})}{\gamma_{nn} \cdot (100 - P) \cdot 10^4} \quad (49)$$

где  $C_{см}^{nn}$  – концентрация нефтепродуктов в сточных водах, поступающих на ЛОС, г/м<sup>3</sup>;

$C_{ост.ф}^{nn}$  – остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде после ЛОС (после фильтров), г/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{nn}$  – плотность обводненных нефтепродуктов или погашенной пены, г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_{nn} = 1$  г/см<sup>3</sup>;

$P$  – содержание воды в обводненных нефтепродуктах или в погашенной пене, %;  $P = 50 - 70$  %.

Обычно предусматривается два металлических разделительных резервуара (один заполняется, в другом производится разделение).

Для условий автопредприятия при объеме поступающих на разделение обводненных нефтепродуктов и пены 0,1 – 0,5 м<sup>3</sup>/сут. могут быть приняты разделительные резервуары со следующими параметрами: диаметр резервуара  $D_p = 0,8$  м; высота цилиндрической части резервуара  $H_{ц} = 1,5$  м; высота верхнего конуса  $H_{в,к} = 0,2$  м; высота нижнего конуса  $H_{н,к} = 0,5$  м; высота поддонного пространства  $H_{п,п} = 0,5$  м; общая высота резервуара  $H_p = 2,7$  м.

Рабочий объем разделительного резервуара, м<sup>3</sup>, определяется

$$W_p = \frac{\pi \cdot D_p^2 \cdot H_{ц}}{4} \quad (50)$$

Отстаивание (разделение) нефтепродуктов и пены в статических условиях должна производиться в течение не менее 20 ч:

$$T_p = \frac{W_p \cdot 24}{W_{нт}} \quad (51)$$

После разделения осадок поступает в резервуар осадка, нефтепродукты с остаточным содержанием воды 5 – 8% – в резервуар нефтепродуктов, отстоянная вода – в приемный резервуар-усреднитель и далее на очистку.

Смесь обезвоженных нефтепродуктов и осадка в пропорции, определяемой опытным путем, сжигается в котельной.

### 3.7. Компонровка местных очистных сооружений

После завершения расчетов очистных сооружений студент разрабатывает компоновку плана ЛОС, а также решает вопросы высотного расположения отдельных сооружений очистной станции.

Как правило, производственные очистные сооружения располагаются в одном здании (кроме нефтеуловителей). Размещение отдельных сооружений – напорного бака, резервуаров и насосных агрегатов должно обеспечивать компактность очистных сооружений, удобство обслуживания, необходимые санитарные и противопожарные требования. На чертежах должны быть показаны основные технологические трубопроводы сточных вод, осадка, пены, удаления нефтепродуктов и т.п. В блоке с технологическими сооружениями предусматриваются бытовые и служебные помещения, реагентное хозяйство, необходимые складские помещения.

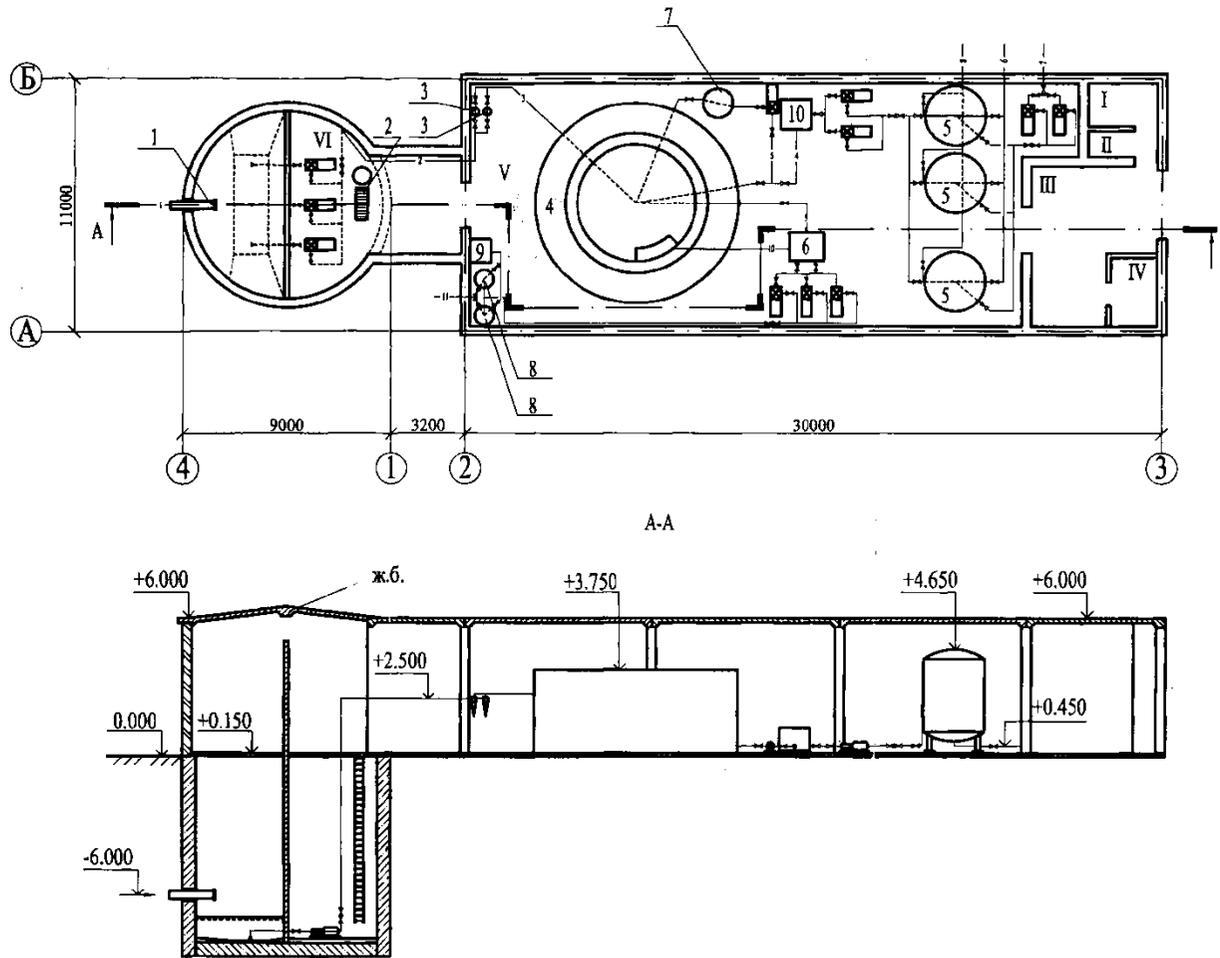
При проектировании высотной схемы ЛОС ориентировочные потери напора в отдельных сооружениях принимаются по данным, приведенным в табл. 10.

Таблица 10

Потери напора в сооружениях

Сооружение	Потери напора, м	Сооружение	Потери напора, м
Решетки	0,1...0,2	Нефтеловушки	0,2...0,4
Песколовки	0,15...0,2	Гидроциклоны: напорные открытые	10...15 0,5...1
Контактные резервуары	0,15...0,3		
Флотаторы	0,1...0,2		
Отстойники: горизонтальные	0,2...0,4	Фильтры: открытые напорные	1,5...3,5 6...8
вертикальные	0,4...0,5		

Пример компоновки ЛОС приведен на рис. 8.



1 – лаз; 2 – решетки; 3 – напорные гидроциклоны; 4 – флотатор; 5 – фильтры; 6 – резервуар осадка; 7 – резервуар нефтепродуктов; 8 – напорный бак; 9 - разделительные резервуары; 10 – резервуар обезвоженных нефтепродуктов и осадка; 11 – резервуар очищенной воды

I – трансформаторная; II – электрощитовая; III – монтажная площадка; IV - кладовая; V – отделение очистки сточных вод; VI – машинное отделение насосной станции

K1 – подача сточной воды; K2 – подача воды на гидроциклоны; K3 – подача воды на флотатор; K4 – подача воды на фильтры; K5 – подача воды на рециркуляцию; K6 – отвод очищенной воды; K7 – подача воды на промывку; K8 – отвод промывной воды; K9 – удаление осадка; K10 – удаление нефтепродуктов

Рис. 8.Компоновка ЛОС

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ОЧИСТКИ

Расчеты производятся в ценах на 1 квартал текущего года.

Приведенные затраты на строительство и эксплуатацию локальных очистных сооружений  $П_{ЛОС}$ , тыс.руб./год, могут быть ориентировочно определены по зависимости

$$П_{ЛОС} = 8700 \cdot Q_{ч.макс}^{0,29} \cdot C_{np}^{nm-0,391}, \quad (52)$$

где  $C_{np}^{nm}$  – остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной на ЛОС сточной воде, используемой для различных производственных процессов автопредприятия, мг/л.

При оптимальном проектировании затраты на эксплуатацию ЛОС должны быть равны половине приведенных затрат, тыс.руб./год,

$$C = 1/2 П_{ЛОС}. \quad (53)$$

Капитальные вложения (сметная стоимость), тыс.руб., на строительство ЛОС, составляют

$$K = C / E_H, \quad (54)$$

где  $E_H$  – нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений,  $E_H = 0,08 - 0,151/\text{год}$ .

Себестоимость очистки сточных вод на ЛОС равна, руб./м<sup>3</sup>,

$$E_{МОС} = \frac{C}{W_{ЛОС}}, \quad (55)$$

где  $W_{ЛОС}$  – годовой расход производственно-дождевых сточных вод, тыс.м<sup>3</sup>/год, очищаемых на ЛОС, определяется как

$$W_{ЛОС} = 365 \cdot Q_{ЛОСсум}. \quad (56)$$

## **7.ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

В данном разделе курсового проекта студент описывает причины пожара; определяет категорию взрывопожарной и пожарной опасности здания; приводит перечень средств пожаротушения, оборудования и пожарного инвентаря.

### **7.1. Причины пожара**

Причинами пожара могут стать:

- несоблюдение норм пожарной безопасности;
- неосторожное обращение с огнем;
- неисправность электроприборов;
- неисправности и повреждения электрических сетей;
- курение в неустановленных местах.

### **7.2. Категория взрывопожарной и пожарной опасности здания**

Категория взрывопожарной и пожарной опасности зданий устанавливается по Нормам пожарной безопасности НПБ 105-03[3]. В табл. 11 приведены сведения из данного нормативного документа.

### **7.3. Средства пожаротушения**

В соответствии с требованиями СНиП 2.04.01-85 [5], в здании очистных сооружений прокладывается внутренний противопожарный водопровод. При описании пожарных кранов следует руководствоваться п.п. 6.13, 6.14 и 6.16 данного документа.

При определении видов и количества первичных средств пожаротушения следует учитывать требования приложения 3 ППБ 01-03 [4].

Категории взрывопожарной и пожарной опасности зданий [3]

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Молоков, М.В.** Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок / М.В.Молоков, В.Н. Шифрин. – М.: Стройиздат, 1977. – 104 с.
2. **Напольский, Г.М.** Технологическое проектирование АТП и СТО / Г.М. Напольский.– М. :Транспорт, 1993. – 272 с.
3. **НПБ 105-03.** Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс].– Взамен НПБ 105-95, НПБ 107-97; введ. 2003-08-01. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/12133763> (дата обращения 20.07.2012)
4. **ППБ 01-03.** Правила пожарной безопасности в РФ [Электронный ресурс].– Взамен ППБ 01-93, ППБ-02-75, ППБ-03-81, ППБ-04-76, ППБ-05-86, ППБ-06-72, ППБ-08-85, ППБ-09-71, ППБ-10-76, ППБО-105-87, ППБ-140-86, Правил пожарной безопасности туристских баз и кемпингов; введ. 2003-06-30. – Режим доступа : [http://www.stroyoffis.ru/ppb\\_pravila\\_po](http://www.stroyoffis.ru/ppb_pravila_po) (дата обращения 20.07.2012).
5. **СНиП 2.04.01 – 85.** Внутренний водопровод и канализация [Электронный ресурс].– Взамен СНиП II-30-76 и СНиП II-34-76; введ. 1986-07-01. – Режим доступа : <http://www.docload.ru/Basesdoc/1/1995> (дата обращения 20.07.2012).
6. **СНиП 2.04.02-84\*.** Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. – Введ. 1985-01-01. – Режим доступа : <http://www.complexdoc.ru/ntd/388839> (дата обращения : 13.07.2012).
7. **СНиП 2.04.03-85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 1986-01-01. – М. : Стройиздат, 1985.– 72с.