ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ПРИМЕР РАСЧЁТ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА.

Исходные данные по городу и промышленному предприятию.

Город расположен в Московской области.
Расстояние до водоема, $S_{вод}$ = 250 *м.*
Перепад отметок на площадке очистных сооружений, $D_н$ = 2,7 *м*;
Характеристика грунтов – *супесь.*
Глубина залегания грунтовых вод, $h_{гр.вод}$ = 5, 7 *м*;
Количество сточных вод от города, $Q_{быт}$ = 45000 $м^3$ */сут*;
Норма водоотведения q_0 = 225 *л/чел×сут;*
Наименование производства - *химико-фармацевтический завод;*
Количество сточных вод от промышленного предприятия $Q_{пр}$ = 1200 $м^3$ */сут;*
Концентрация взвешенных веществ в промышленных сточных водах $P_{пр.\ вз}$= 185 *мг/л*;
Концентрация загрязнений по БПК в промышленных сточных водах $P_{\ пр.\ БПК}$ = 200, 00 *мг/л;*
Температура сточных вод $T = 18^0C$;
pH сточных вод - 7, 20;

<u>Данные по водоёму.</u>

Минимальный расход воды при 95% обеспеченности створе реки у места выпуска сточных вод Q_P = 4, 00 $м^3/с$;
Средняя скорость течения воды v_c = 0, 08 *м/с;*
Средняя глубина водоема $H_{ср}$ = 2, 00 *м;*
Содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска сточных вод C_P = 6, 00 $г/м^3$;
Концентрация органических загрязнений по $БПК_{полн}$ L_P = 2, 80 *г/м;*
Концентрация растворенного кислорода O_p = 6, 50 *г/м*;
Расстояние до пункта водопользования по фарватеру $L_{фар}$ = 6000, 0 *м;*
Расстояние до пункта водопользования по прямой $L_{пр}$ = 5000, 0 *м;*
Коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод φ = 1, 0 (береговой выпуск).

2. Расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПК и взвешенным веществам.

Суточная производительность очистных сооружений составляет – 46200 $м^3$*/сут.*Средний секундный расход – 0,535 $м^3/с$.

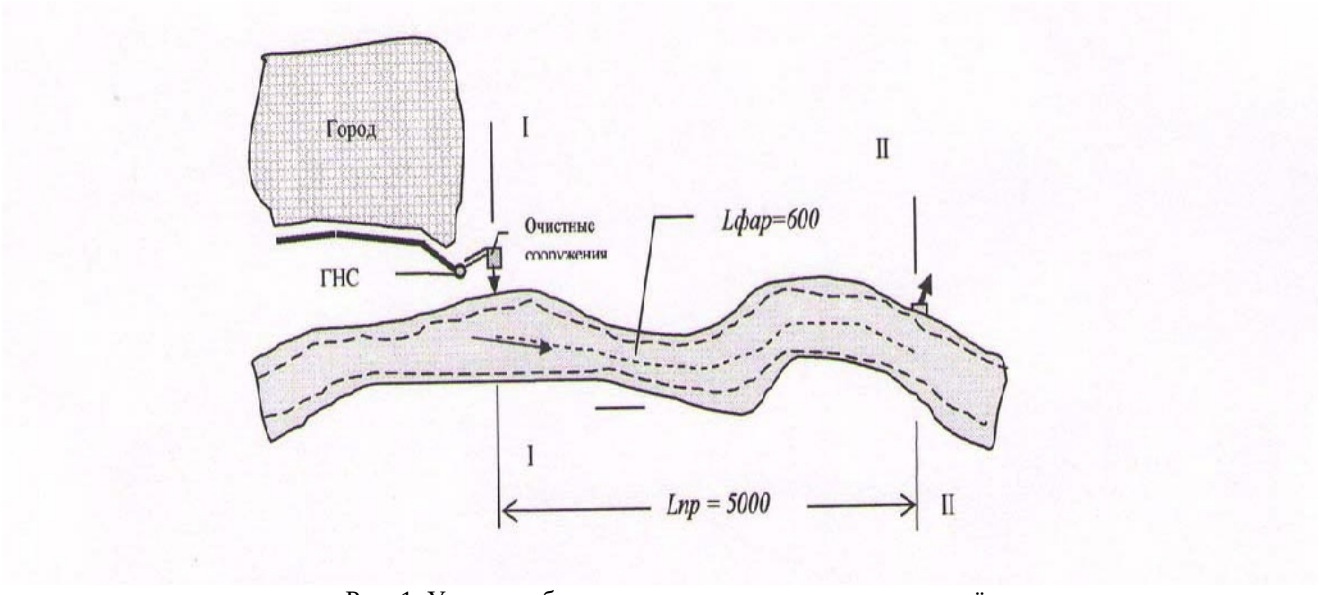


Рис. 1. Условия сброса очищенных сточных вод в водоём.

2. 1. Расчет концентрации загрязнений сточных вод.

По СНиП 2. 04. 03-85 содержание загрязнений в бытовых водах на одного жителя составляет:
по взвешенным веществам - 65 *(г/чел×сут);*
по $БПК_{полн}$ – 75 *(г/чел×сут).*

Определяем концентрацию загрязнений в бытовых водах: по взвешенным веществам:

$$C_{в.в}^{быт} = \frac{65 \cdot 1000}{n} = \frac{65 \cdot 1000}{225} = 288{,}9 мг/л$$

Определяем концентрацию загрязнений в бытовых водах: БПК:

$$C_{БПК}^{быт} = \frac{75 \cdot 1000}{n} = \frac{75 \cdot 1000}{225} = 333{,}3 мг/л.$$

Определение концентрации загрязнения смеси по взвешенным веществам:

$$C_{в.в}^{см} = \frac{C_{в.в}^{быт} \cdot Q_{ср}^{быт} + C_{в.в}^{пр} \cdot Q_{ср}^{пр}}{Q_{ср}^{быт} + Q_{ср}^{пр}} = 286{,}2 мг/л$$

Где: $C_{в.в}^{быт}$ – концентрация взвешенных веществ в бытовых сточных водах;

$Q_{ср}^{быт}$ - расход бытовых сточных вод;

$C_{в.в}^{пр}$ – концентрация взвешенных веществ в производственных сточных водах;

$Q_{ср}^{пр}$ - расход производственных сточных вод;

- по БПК:

Где: $C_{БПК}^{быт}$ – концентрация органических веществ по $БПК_{полн}$ в бытовых сточных водах;

$C_{БПК}^{быт}$ – концентрация органических веществ по $БПК_{полн}$ в производственных сточных водах;

$$C_{БПК}^{см} = \frac{C_{БПК}^{быт} \cdot Q_{ср}^{быт} + C_{БПК}^{пр} \cdot Q_{ср}^{пр}}{Q_{ср}^{быт} + Q_{ср}^{пр}} = 329{,}90 мг/л.$$

Водоемы обладают самоочищающей способностью, что позволяет экономично и обосновано запроектировать очистные сооружения, на которых сточная вода очищается до необходимой степени.

2.2. Расчет разбавления сточных вод в реке.

Для учета расхода реки, участвующего в смешении, то есть, процессов разбавления, вводят коэффициент смешения – а, показывающий какая часть расхода реки смешивается со сточной водой в данном створе:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{l_ф}}}{1 + \frac{Q_p}{q} * e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{l_ф}}}$$

Где: Q_p – расход воды в створе реки, $м^3/с$;
Q – расход сточных вод $м^3/с$;
$l_ф$ - длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створ по фарфатеру, м;
e – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения.

$$\alpha = \varphi \cdot \beta \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 0{,}164$$

Где: φ – коэффициент, учитывающий место выпуска сточных вод. Выпуск у берега, следовательно, $\varphi = 1$;
φ - коэффициент извилистости реки;

$$\varphi = \frac{l_ф}{l_{пр}} = 1{,}2$$

Где: $l_{пр}$ - длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа по прямой, м;
E – коэффициент турбулентной диффузии

$$E = \frac{\upsilon_{ср} \cdot H_{ср}}{200} = 0{,}0008$$

Где: $\upsilon_{ср}$ – средняя скорость течения воды в реке;

Коэффициент смешения

$$a = 0{,}69$$

2.3. Расчет степени очистки сточных вод по взвешенным веществам.

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ, в спускаемых в водоем сточных водах определяется по формуле:

$$m = P \cdot \left(\frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) + B; \ (мг/)л$$

Где: a – коэффициент смешения;

P – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, для водоёма рыбохозяйственного значения $P = 0{,}25$ *мг/л* ;

B – содержание взвешенных веществ в водоеме выше створа выпуска.

$$m = 7{,}5 мг/л$$

Требуемый эффект очистки составит:

$$Э_{в.в} = \frac{C_{en}^{взв.вещ} - m}{C_{en}^{взв.вещ}} \cdot 100 \approx 97{,}4\,\%$$

2.4. Расчет степени очистки сточных вод по БПК$_{полн}$.

Предельно допустимое содержание по БПК, в спускаемых в водоем сточных водах определяется по формуле:

$$L_{ст} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_{ст} \cdot t}} \cdot \left(L_{пр.д} - L_p \cdot 10^{-K_p \cdot t}\right) + \frac{L_{пр.д}}{10^{-K_{ст} \cdot t}};$$

Где*:* $K_{ст}$, K_p – константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой;
$K_{ст}$ = 0,16*;* принимаем K_p = 0,1
$L_{пр.д}$ – предельно допустимая БПК смеси речной и сточной воды в расчетном створе; $L_{пр.д}$ = 6 *мг/л* (категория водоема – рыбохозяйственный)*;*
L_p – БПК речной воды до места выпуска*;*
t – продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа, определяется по формуле:

$$t = \frac{l_ф}{\upsilon_{ср}} = 0{,}9 сут$$

$$L_{ст} = 5{,}7 мг/л$$

Требуемый эффект очистки составит:

$$Э_{БПК} = \frac{C_{en}^{БПК} - L_{ст}}{C_{en}^{БПК}} \cdot 100 \approx 97{,}4$$

2.4. Расчет степени очистки сточных вод по растворённому кислороду.

Допустимая величина БПК сточных вод, сбрасываемых в водоем, исходя из условий минимального содержания растворенного кислорода, определяется по формуле:

$$L_{ст} = \frac{a \cdot Q}{0{,}4 \cdot q} \cdot \left(Q_p - 0{,}4 \cdot L_p - 4\right) - 10$$

Где*:* O_p – содержание растворенного кислорода в речной воде до места спуска сточных вод;
L_p – БПК$_{полн}$ речной воды;
0,4 – коэффициент для пересчета БПК $_{полн}$ в двухсуточное;
q– суммарные расходы сточной и речной воды участвующий в смешении.

$$L_{ст} \approx 7{,}8 мг/л \cdot$$

Требуемый эффект очистки составит:

$$Э_{O_2} \approx 96\% \cdot$$

На основании полученного расчёта необходимой степени очистки по БПКполн и взвешенным веществам необходимо разработать очистные сооружения с глубокой биологической очисткой сточных вод, удалением соединений азота и фосфора. Принимаем для проектирования следующую технологическую схему очистки сточных вод и обра ботки осадков:

1. Мелкопрозорные решётки с шириной прозоров 4 мм;
2. Песколовки горизонтальные;
3. Первичные отстойники горизонтального типа;
4. Аэротенки-вытеснители с регенерацией активного ила;
5. Вторичные горизонтальные отстойники;
6. Хлораторная на жидком гипохлорите натрия;
7. Контактные резервуары.
8. Сооружения по дехлорированию очищенных сточных вод;
9. Метантенки;
10. Уплотнители активного ила;
11. Уплотнители смеси сброженного активного ила и осадка сточных вод;
12. Цех механического обезвоживания на фильтр-прессах;
13. Песковые площадки;
14. Аварийные иловые площадки;
15. Площадки для складирования обезвоженного осадка;
16. Площадки компостирования.

17. Блок производственно-бытовых помещений;
18. Насосно-воздуходувную станцию;
19. Газгольдеры;
20. Котельная очистных сооружений;

3. Расчёт очистных сооружений.

3.1. Исходные данные для расчёта.

Исходные данные	Ед. изме-рения	Значения
Средний суточный расход, $Q_{ср.сут}$	$м^3/сут$	46200,0
Средний часовой расход, $Q_{ср.час}$	$м^3/ч$	2083,3
Средний секундный расход, $q_{ср.сек}$	$м^3/сек$	0,58
Средний секундный расход, $q_{ср.сек}$	*л/сек*	578,7
Коэф. неравномерности, $K_{дет\ max}$	-	1,49
Максимальный секундный расход, $q_{max\ сек}$	$м^3/сек$	0,86
Максимальный часовой расход, $Q_{max\ час}$	$м^3/ч$	3105,7
Средний часовой расход в часы макс. притока, $Q_{maxср.час}$	$м^3/ч$	2576,6
$БПК_{полн}$	*мг/л*	329,9
$БПК_5$	*мг/л*	286,2
Взвешенные вещества	-«-	260
Аммонийный азот	-«-	32
Фосфаты	-«-	13,2

3. Расчет сооружений механической очистки.

Принимаем общий коэффициент неравномерности водоотведения: $K_{об.макс} = 1,49$, тогда максимальный секундный расход будет равен $q_{макс}=q\times K_{об.макс}=$ **0,864** $м^3/с$.

3.1. Расчет решеток.

Принимаем глубина воды в камере решетки: h_p =1,40 *м*, средняя скорость воды в прозорах решетки v_p=1,00 *м/с*. ширина прозоров между стержнями b=0,006 *м*.

Находим число прозоров решетки по формуле:

$$n=q_{макс}\times k_з/(b\times h\times v_p)= 108\ шт.$$

Принимаем толщину стержней решетки s = 0,008 *м*. Определяем ширину решёток:

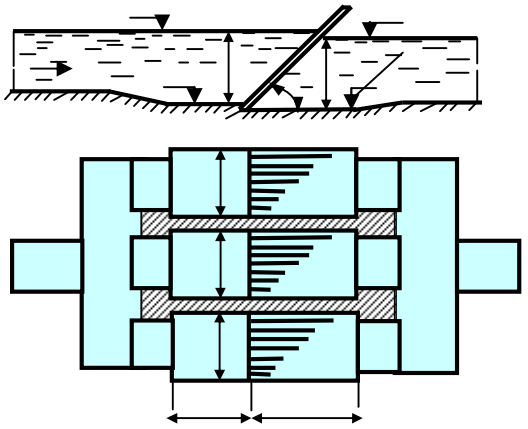
$$B_p = s(n-1) + bn=1,50\ м.$$

В соответствии с выполненными расчетами принимаем типовые решетки N = 2 *МГ-8Т* со следующими данными: размеры камеры перед решёткой $B\times H$ =1400×2000 *мм*, с числом прозоров n =55 и углом наклона решетки к горизонту $\alpha = 60^0$.

Перепад между дном камеры до и после решётки

$$Z_1\text{-}Z_2 =0,1\ м.$$

Проверяем скорость воды в позорах решётки:



$$v_p = q_{макс}\times k_з/N\times b\times h_1\times n = 0,98\ м/с).$$

Вычисляем длину камеры решетки (величны l_1, l_2 приняты конструктивно):

$l_p = l_1 + l_2$=1,2+0,8=2,00 *м* Отметки уровня воды: Z_2= 0,00 *(м)*; Z_1=0,10*(м)*;

$Z_3=Z_1 + h$=1,50 *(м)*.

Для определения отметки уровня воды в канале после решетки Z_4 составим уравнение Бернулли для двух сечений: перед решеткой и после решетки относительно плоскости, проходящей по дну камеры после решетки:

$$Z_1 + p_1/g + v_1^2/2g = Z_2 + p_2/g + v_2^2/2g + h_м$$

С учетом принятых обозначений и условий имеем:

$$p_1/g = h_1 = 1{,}40\ (м);$$
$$p_2/g = h_2 = 1{,}2.$$

Величина скорости в сечениях будет составлять:

$$v_1 = q_{макс}/(N \times B_k \times h_1) = 0{,}219\ (м/с);$$
$$v_2 = q_{макс}/(N \times B_k \times h_2) = 0{,}576\ /h_2\ (м/с);$$

где $B_к$=1,0 *м* -ширина канала перед решеткой.

Определяем потери напора в решетках $h_м$, коэффициент местного сопротивления решетки ***x:***

$$x = b \times (s/b)^{4/3} Sin\alpha = 3{,}076.$$

где *b =2,42* для прямоугольных стержней (1,72 для круглых стержней);

$$h_м = p \times x \times v_1^2/2g = 0{,}023\ (м);$$
$$(Z_1 - Z_2) + p_1/g + v_1^2/2g - h_м = 1{,}480\ м.$$

С учетом полученных данных уравнение Бернулли приобретает вид:

$$h_2^3 - 1{,}075 h_2^2 + 0{,}017 = 0{,}30826$$

Решая это уравнение графически, получаем:

$$h_2 = 1{,}06 (м);\ Z_4 = 1{,}06 (м);$$

Определим количество загрязнений, улавливаемых решетками. Количество отбросов, снимаемых с решё ток, имеющих ширину прозоров *b*= 6 *мм*, равно 8 *л/год* на 1 *чел.* Принимая норму водооведения *n=225 л/ч×сут*, определим приведенное число жителей:

$$N_{пр} = Q_{ср.сут}./n = 205333 (чел.).$$

Объем улавливаемых загрязнений:

$$V_{сут} = N_{пр} \times 8/1000 \times 365 = 4{,}50 (м^3/сут)$$

При их плотности r=750 кг/м^3 масса загрязнений составляет:

$$M = V_{сут} \times r = 3375{,}3\ (кг/сут) = 2{,}301 (т/сут)$$

Для измельчения задерживаемых загрязнений применяем две дробилки типа Д-*3б* (в том числе одну резервную) со следующими характеристиками: производительность 300 *кг/ч;* мощность электродвигателя 22 *кВт.*

3.2. Расчет песколовок.

Для улавливания из сточных вод песка применяем горизонтальную песколовку с круговым движением воды. Принимаем два рабочих отделения песколовки *n* =2. Площадь живого сечения *ω* каждого отделения равна при скорости движения сточной воды в песколов ке при максимальном притоке сточных вод принимаем v_n = 0,3*(м/с):*

$$w = q_{макс}/(v_n n) = 1{,}43 (м^2)$$

Принимаем сечение песколовки с размерами:

Угол наклона лотка равен $\alpha = 60^0$

Ширина осадочного лотка B = 1,50 *(м);*

Глубина наклонной части: $h_2 = (B/2) \times tg a$ = 1,30 *(м)*

Глубина цилиндрической части лотка: $h_3 = (w - h_2 \times B/2)/B$ = 0,31 (м);

Общая глубина погруженной части лотка: $h_1 = h_2 + h_3$ = 1,61 *(м);*

Время обработки воды в песколовке: t = 50 *(с);*

Длина песколовки равна: $L = v_n \times t$ = 15,00 *(м);*

Диаметр песколовки по оси проточной части: $D_0 = L/p =$ **4,77***(м);*

Принимаем по типовому проекту горизонтальные песколовки с круговым движением воды со следующими размерами: пропускная способность $Q_{песк}$= 25000...40000 $м^3/сут$; диаметром D =6,0 *м*; расстояние между центрами песколовок 10, 0 *м*; рассстояние между осями подводящего лотка и камерами переключения 7,5 *м*; ширина кольцевого желоба B = 1,0 *м*; ширина подводящего и отводящего лотков 0,6 *м*.

3.3. Расчет первичных отстойников.

Для улавливания из сточных вод взвешенных веществ применяем радиальные отстойники. Для расчёта отстойников принимаем:

Скорость движения воды в отстойнике: v_o = 0,002 5*(м/с).*

Глубина проточной части: H_1 = 3,10 *(м).*

Число отстойников $n_{отд}$= 3

Допустимое содержание взвешенных веществ в освеленной воде: C_t = 150 *(мг/л).*

Требуемый эффект осветления: $Э_{от} = (C_o - C_t) \times 100 / C_o$= 42,3 %.

Определяем условную гидравлическую крупность при H_1=3,5 *м* и t=20^o*C,* соответствующей требуемому эффекту осветления воды. Требуемая продолжительность осветления воды в цилиндре высотой h_1 = 500 *мм* будет: t_1=1200 (*с*) при n =0,2.

Условная гидравлическая крупность u_0 равна: $u_0 = H_1/t_1(H_1/h_1)^n$ =0,00179 *(м/с)*. Условная гидравлическая крупность u_o при t = 16^o*C,* $\mu_{лаб}$=0,0101 и μ_{pr}=0,0131 равна:

$$u_o = \mu_{лаб} \times u/\mu_{pr} = 0{,}00138\ (м/с)$$

Вертикальная турбулентная составляющая *w* скорости равна:

$w = 0{,}05 \times v_o$ = 0,00013 *(м/с).*

$$D = ((4q_{макс})/(n \times k_{set} \times \pi \times (u_o - w)))^{1/2} = 23{,}8\ м.$$

Где: k_{set} = 0,45 - коэффициент использования объема отстойника.

Принимаем отстойники по типовому проекту со следующими размерами: диаметр D = 24,00 *(м)*, глубина отстойника с осадочной части H_m= 3,7 *(м)*; глубина проточной части H_1 =3,10 *м*; объем зоны отстаивания $V_{отст}$ = 1401,7*(м^3);* объем зоны накопления $V_н$=210 *(м^3).*

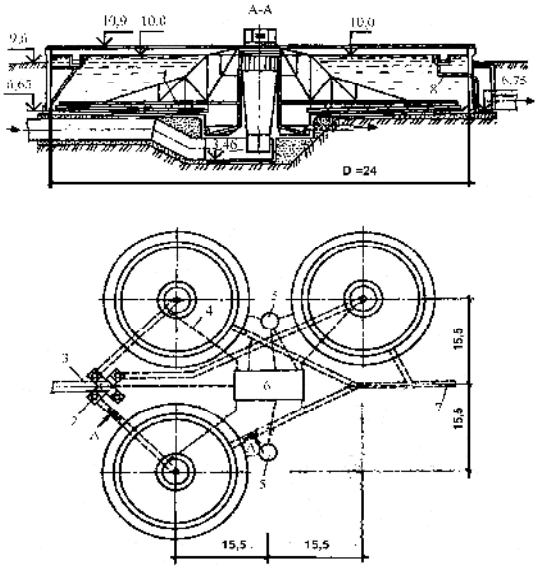


Рис. 3. Первичные радиальные отстойники:
1 - илоскреб; 2 – распределительная камера; 3 – подводящий трубопровод; 4 – трубопровод выгрузки осадка; 5 – жиросборник; 6 – насосная станция перекачки осадка; 7 – трубопровод отвода осветленной воды; 8 – жиропровод.

Скорость на половине радиуса:

$$v = 2 \times q_{макс} / \pi \times n_{от} \times D \times H_1 = 0{,}0025 \text{ (м/с)}.$$

Масса улавливаемого осадка в сутки составит:

$$G_{сух} = C_{о} \times Э_{от} \times K \times Q / 1000000 = 6{,}10 \text{ (т/сут)}.$$

При влажности $W_{ос}$=94% и плотности ρ=1 *т/м^3* объём осадка составит:

$$V = 100 \times G_{сух} / (100 - W_{ос}) \times \rho = 101{,}6 \text{ (м}^3\text{/сут)}.$$

Теоретическая продолжительность осветления:

$$T = n_{отд} V_{от} / q_{макс} = 4890 \text{ (с)} = 1{,}36 \text{ (час)}.$$

4. Расчет сооружений биологической очистки.

Расчетный расход сточных вод: $q_{расч}$= 0,72 *(м3/с)*= 2576,6 *(м^3/час);*

БПК$_{полн}$ поступающих сточных вод: L_{en}= 233,3 *(мг/л);*

БПК$_{полн}$ очищенных сточных вод: L_{ex}= 15,00 *(мг/л).*

4.1. Расчет аэротенков.

В качестве технологической схемы биологической очистки принимаем аэротенки-вытеснители с регенерацией активного ила. По данным СНиП 2.04.03-85 принимаем: максимальная скорость окисления $\rho_{макс}$= 85,0 *(мгБПК/г*ч);* константы K_L = 24 *(мгБПК/л)* и K_O =1,66 *(мгО$_2$/л)*; коэффициент ингибирования φ = 0,07*(л/г)*; зольность S = 0,27, K_p = 1,5 *мгО$_2$/л.*

Принимаем концентрацию кислорода в аэротенке C_0 = 2,00 *(мг/л)*; средняя доза ила $a_{ср}$ = 3,5 *(г/л)*; иловый индекс J = 130 *(см^3/г).*

Определяем БПКполн иловой смеси L_{mix} по формуле:

$$L_{mix} = \frac{(L_{en} + L_{ex} \times R_i)}{1 + R_i} = 134{,}0 \text{ мг / л}.$$

Где: R_i определяется по формуле:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} = 0{,}83$$

Удельную скорость окисления ρ определяем по формуле 49 СНиП 2.04.03-85:

$$\rho = \rho_{max} \frac{L_{ex} C_o}{L_{ex} Co + K_l C_o + K_o L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \times a_i} = 19{,}90 \text{ мг / гсут}$$

При этом нагрузка на 1 *г* активного ила составит:

$$q_i = \frac{24 \times (L_{en} - L_{ex})}{a_i \times (1 - s) \times t_{at}} = 586 \text{ мг / г} \times \text{ч}$$

Определяем общую продолжительность аэрации:

$$t_0 = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_r (1 - S) \rho} = 3{,}22 \text{ч}.$$

Дозу активного ила в регенераторе вычисляем по формуле:

$$a_r = a_i \times (\frac{1}{2R_i} + 1) = 5{,}6 (\text{г / л}).$$

Определяем общий объем аэротенка и регенератора:

$$V_0 = q_{расч} \times t_0 = 8287 \text{ (м}^3\text{)}$$

Определяем продолжительность обработки сточных вод в аэротенке:

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \times Lg\frac{L_{en}}{L_{en}} = 1,59(ч).$$

Объём аэротенка определяется по формуле:

$$W_{at} = t_{at} \times (1 + R_i) \times q_w = 7529,9(м^3)$$

Продолжительность регенерации t_r продолжительность регенерации определяем по формуле:

$$t_r = t_0\text{-}t_{at} = 1,62\ ч.$$

Объём регенератора определяется по формуле:

$$W_r = t_r \times R_i \times q_w = 3492,2\ (м^3).$$

По полученным данным уточняем нагрузку на 1 *г* активного ила:

$$q_i = \frac{24 \times (L_{en} - L_{ex})}{a_i \times (1 - s) \times t_{at}} = 637,7\ мг/г \times сут$$

При этом значении q_i для городских сточных вод по табл. находим: J = 130,0 $(см^3/г)$.

Уточняем степень рециркуляции:

$$R = a_i/(1000/J - a_i) = 0,83$$

Определяем дозу ила в аэротенке:

$$a_i{}^y = V \times a_{ср}/(V_a + (1/2R+1) \times V_p) = 2,94\ (г/л).$$

Принимаем трёхкоридорные аэротенки с 33 % регенерацией активного ила.

Ширина коридора 6 *м*, длиной коридора 42 *м*, общий объём одной секции 3780 $(м^3)$. Число секций 3,общий объём аэротенков будет составлять 11340 $(м^3)$, глубина аэротенка H_{at} = 5 *м*.

4.2. Расчет аэрационной системы и подбор воздуходувок.

Принимаем мелкопузырчатый аэратор из керамических фильтросных пластин, отношение площади фильтросов к площади аэротенка f/F=0,2. Удельный расход кислорода воздуха, принимаем для полной биологической очистки ($БПК_{полн}$ = 15-20 *мг/л*) принимаем 1,10.

Коэффициент, учитывающий тип аэратора при соотношении f/F = 0,1 принимаем по табл. 42 СНиП 2,04.03-85 K_1 = 1,68 (I_{max}=20,0 $м^3/м^2 \times ч$), коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора, K_2= 2,92, коэффициент качества воды K_3 = 0,85, для городских сточных вод. Коэффициент Кт, учитывающий температуру сточных вод, $K_m = 1+0,02(T_{ср}-20)$ = 0,92.

Растворимость кислорода воздуха в воде C_m = 9,82 *мг/л* при температуре 16^oC.

Определяем растворимость кислорода воздуха в сточной воде:

$$C_a = (1 + h_a/20,6) \times C_m = 12,20\ мг/л.$$

Рассчитываем удельный расход воздуха:

$$q_{air} = \frac{q_0 \times (L_{en} - L_{ex})}{K_1 \times K_2 \times K_T \times K_3 \times (C_a - C_o)} = 6,14 м^3/м^2 \times ч.$$

Интенсивность аэрации определяется по формуле:

$$J_a = q_{air} \times H_{at}/t_{at}\ p = 19,3\ м^3/(м^2 \times ч).$$

Вычисленная интенсивность аэрации $I_{min} < I < I_{max}$ для принятых значений K_1=1,68 (I_{max} = 20,0 $м^3/м^2 ч$) и K_2 = 2,92 (I_{min}=3,0 $м^3/м^2 \times ч$), следовательно, пересчета интенсивности аэрации не требуется.

Общий расход воздуха:

$$D_{общ} = Q_{ср.сут} \times q_{air} = 283470(м^3/сут) = 11811\ (м^3/ч).$$

В качестве аэраторов принимаем керамические фильтросные пластины размером 300×300 мм с удельным расходом воздуха $q_{пл}$=80-120 *л/мин* на одну пластину.

Определяем требуемое число пластин:

$$n_{пл} = D_{общ} \times 1000/q_{пл} \times 60 \times 24 = 1969\ шт.$$

Для обеспечения условий биологического окисления загрязнений, содержащихся в сточных водах, располагаем ряды фильтросных пластин с одной стороны каждого коридора аэротенка на расстоянии 0,6 - 0,8 *м* от стены. Число фильтросных пластин в одном ряду аэротенка:

$$n_{пл.к} = n_{пл}/n_{ank} = 164\ шт.$$

Общая площадь, занимаемая фильтросными пластинами $f = 0,3 * 0,3 * n_{пл}$=177,2$(м^2)$, что составляет 7,3 % площади дна аэротенка F= 4320 $м^2$.

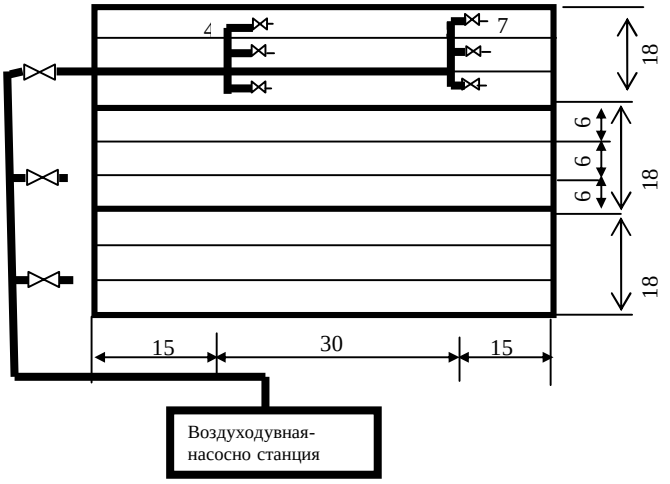
Рассчитываем воздуходувную систему станции аэрации. Требуемый общий напор воздуходувок, *м*:

$$H_{общ} = h_{тр} + h_м + h_ф + H\ (м.)$$

где $h_{тр}$- потери напора по длине воздуховодов от воздуходувки до наиболее удаленного стояка;

$h_м$ - потери напора на местные сопротивления в воздуховодах;

$h_ф$ - потери напора в фильтросных пластинах, принимаем $h_ф$=0,7*(м)*;



H - рабочая глубина аэротенка, принимаем *H*=4,9*(м).*

Рис. 4. Расчетная схема воздуховодов.

I- здание воздуходувной станции; II - воздухопроводная сеть; III - секции аэротенка.

Воздуховоды рассчитываем, исходя из наиболее экономически целесообразной скорости движения воздуха: в распределительных и общем воздуховодах *v* =10-20 *(м/с)*; в воздухоподводящих стояках *v* = 4 -10 *(м/с)*.

Для расчета используем таблицы потерь напора в вентиляционных трубопроводах при $T = 20^oC$ и *P*=0,1 *Мпа*.

Плотность воздуха при $T_o = 0^oC$ и p_o=0,1 *Мпа*, r_0=1,293*(кг/м*^{3}*)*

Принимаем давление воздуха в воздуховодах *p* =0,15*(Мпа)*

Плотность воздуха при расчётных $T = 16^oC$ и *p* = 0,15 *Мпа*:

$$r = r_{op}(273+T_o)/p_o(273+T) = 1{,}83(кг/м^3)$$

С учетом поправок потери напора по длине трубопровода:

$$h_{тр} = i \times L_{тр} \times a_t \times a_p.$$

где *i (мм/м)* - потери напора на единицу длины воздуховода при $T = 20^oC$ и *p* =0,1 *Мп*а (по табл.3.16).

$L_{тр}$ - длина воздуховода;

a_t - поправка на изменение температуры, равна 1,02;

a_p - поправка на изменение давления, равна 1,41.

Потери напора на местные сопротивления:

$$h_м = \xi \times v^2 \times r \times a_p \times a_t / 2g$$

где ξ - коэффициент, зависящий от вида местного сопротивления (табл.3.18 [2]);

v - скорость движения воздуха.

Расчеты воздуховодов сводим в таблицу.

Получаем $h_{тр}$ =0,045*(м)*; $h_м$=0,042*(м)*

Требуемый общий напор

$$H_{общ} = h_{тр}+h_м+h_ф+H_{ат} = 5{,}787(м)$$

Полное давление воздуха

$$p = 0{,}1+0{,}01 \times H_{общ} = 0{,}158\ (Мпа)$$

Участок воздухо-вода	Местное сопротивление	z	v, *м/с*	$h_м$, *мм*	$L_{тр}$, *м*	*Q*, $м^3/с$	*d*, *мм*	*i*, *мм/м*	*hтр*, *мм*
1-1	Два колена	0,6	12	11,60	50,0	4,26	700	0,16	11,51
1-2	Переход	0,08	11	2,92	18,0	3,195	600	0,21	5,44
	Тройник на проход	0,1							
2-3	Переход	0,08	10,5	2,66	18,0	2,13	500	0,19	4,92
	Тройник на проход	0,1							
3-4	Переход	0,08	9	6,30	33,0	1,065	400	0,18	8,54
	Колено	0,3							
	Задвижка	0,1							
	Тройник на проход	0,1							
4-5	Тройник на проход	0,1	8	0,86	30,0	0,533	300	0,24	10,36
5-6	Переход	0,08	7	10,39	3,0	0,355	250	0,25	1,08
	Тройник в ответвл	1,5							

6-7	Переход	0,08	6	7,15	7,0	0,178	200	0,25	2,52
	Колено	0,3							
	Задвижка	0,1							
	Выход из трубы	1							
	S=			41,9	S=				44,4

Воздуходувки выбираем по каталогу исходя из полного давления воздуха p_n = 0,158 *(МПа)* и расчетного расхода воздуха $D_{общ}$ = 11811 *(м³/ч)*. В здании воздуходувной станции устанавливаем две рабочие и одну резервную воздуходувки типа ТВ-80-1,6. Производительностью 6000 *(м³/ч)* каждая.

4.3. Расчет вторичных отстойников.

Расчет отстойников выполняем по гидравлической нагрузке на поверхность отстойника. Принимаем в качестве вторичных - радиальные отстойники с расчетной глубиной H_1 = 3 *м.*

Гидравлическую нагрузку на поверхность вторичных отстойников q_{ssa} следует рассчитывать с учётом концентрации активного ила в аэротенках a_i, илового индекса J_i и концентрации ила в осветлённой сточной воде по формуле:

$$q_{ssa} = \frac{4{,}5 \times K_{ss} \times H_{set}^{0,8}}{(0{,}1 \times J_i \times a_i)^{0,5-0,01 \times a_t}}.$$

Гидравлическая нагрузка на поверхность вторичных отстойников q_{ssa} будет составлять при иловом индексе 130,00 *(см³/г)*, коэффициенте использования объема K_{ss} = 0,4, дозе активного ила в аэротенке a_i = 2,94 *г/л* и концентрации взвешенных веществ в осветленной сточной воде после вторичного отстойника a_t = 10,00 *(мг/л).*

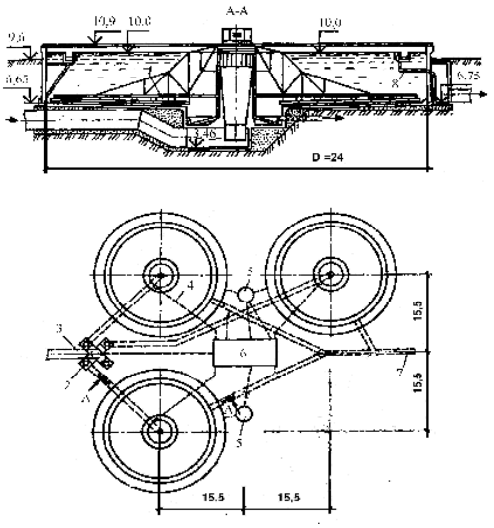


Рис. 5. Вторичные радиальные отстойники:

1 - илососы; 2 – распределительная камера; 3 – подводящий трубопровод; 4 – трубопровод выгрузки активного ила; 5 – сборник плавающих веществ; 6 – насосная станция перекачки осадка; 7 – трубопровод отвода осветленной воды;

$$q_{ssa} = \frac{4{,}5 \times K_{ss} \times H_{set}^{0,8}}{(0{,}1 \times J_i \times a_i)^{0,5-0,01 \times a_t}} = 1{,}01 м^3 / м^2 час.$$

Количество вторичных отстойников принимаем равным числу первичных отстойников n = 3.

Площадь одной секции при их общем количеств:

$$F = q_{расч}/n \times q_{ssa} = 1025{,}9 \ (м^2).$$

По расчёту диаметр отстойника будет равен **20,9** *м.*

Принимаем отстойники по типовому проекту со следующими размерами: диаметр D = 24,00 *м*; глубина отстойника с осадочной части H_m = 3,7*(м)*; глубина проточной части H_1 = 3,1 *м;* объем зоны отстаивания $V_{от}$ = 1400,0 *(м3);* объем зоны накопления $V_н$ = 280 *(м³)* высота иловой зоны $h_{ил}$ = 0,6 *(м).*

5.1. Расчёт сооружений доочистки.

5.1. Расчёт биореакторов доочистки. (Вариант 1.)

В качестве сооружений доочистки для всего притока 46200 *м3/сут* предлагается принять биореакторы с прикрепленной микрофлорой. Время пребывания сточной воды в биореакторах – 0,5 *часа*, нагрузка на поверхность – 2-5 *м/час*. Рабочая поверхность биореакторов определяется по формуле:

$$F_{биор} = \frac{q_r}{q_1} = 859 м^2.$$

Принимаем скорость фильтрации в биореакторе 3 *м/ч*, в результате вычислений получаем при притоке сточных вод в количестве 46200 *м³/сут*.

Глубина – 2,5 *м*, рабочая глубина (заполненная носителем для прикрепления активной биомассы) – 2,0 *м*. Регенерационный цикл – 7,0 *суток*, время регенерации – 10 *мин*, интенсивность подачи при регенерации – 10 *м³/м²час*. Регенерацию осуществлять периодически с выведением секции из эксплуатации. Количество возвратной загрязненной воды в приёмную камеру сооружений принять 1,0 % от расхода сточных вод.

5.1. Расчёт доочистки сточных вод (Вариант 2).

Снижение концентрации загрязнений по $БПК_{полн}$ происходить с 15 *мг/л* до 3 *мг/л*, то есть эффективность очистки при доочистки составит:

$$Э_{бс} = (l_{ex} - l_{бс})/l_{ex} \times 100 = 80\ \%.$$

В соответвии СНиП и справочника проективщика, возможно достигнуть при двухступенчатой схеме: микрофильтры-однослойные каркасно-засыпные фильтры с подачей воды сверху вниз (нисходящий поток). При доочистке на микрофильтрах сточных вод с исходной концентрацией взвешенных веществ15-20 *мг/л* обеспечивается снижение содержания взвешенных веществ на 50-60 %, а - на 25-30 %.

5.1.1. Расчёт каркасно-засыпных фильтров.

В микрофильтрах основным рабочим элементом является вращающийся цилиндрический барабан, обтянутый фильтрующим полотном с размерами ячеек 40 – 70 *мкм* и погруженный в камеру примерно на 0,7 диаметра.

Потери напора при микрофильтрации составляют 0,06 – 0,12 *м*, а с учетом потерь напора в подводящих и отводящих коммуникациях общие потери напора на установках МБФ должны быть не более 0,5–0,6 *м*

Скорость фильтрования сточных вод через сетки принимаем 12 м/ч, тогда площадь фильтрующей поверхности микрофильтров определяется по формуле:

$$F_{мфб} = \frac{K_1 \times Q \times K_{qen\max}}{K_2 \times T \times v_ф} = 236{,}7 м^2.$$

где: K_1- коэффициент, учитывающий увеличение производительности микрофильтров за счет очистки промывной воды и равный 1,04;

K_2- коэффициент, учитывающий площадь фильтрующей поверхности, расположенной над водой (при погружении барабана на 0,7 диаметра = 0,63 м)

Принимаем 12 фильтров с диаметром барабана 1,5 м и длиной 3,7 м и размером ячеек фильтрующей сетки 0,04 × 0,04 мм. Согласно СНиП 2.04.03-85 п. 6.248 число резервных сетчатых барабанных фильтров следует принимать по табл. 54, т.е. – 2 *шт*., следовательно, всего принимаем 14 шт.

5.1.2. Расчёт каркасно-засыпных фильтров.

Проектируем каркасно-засыпные фильтры с нисходящим потоком воды. Принимаем $V_Ф$=10 *м/ч*, *n* =24 *ч* (1 продолжительность фильтроцикла*): W_1* = 15 *л/(с×м²) ;* t_1 = 7 *мин* или 0,12 *ч*, W_2= 5 *л/(с×м²);* t_2=7 *мин* или 0,12 *ч*, W_3=14 *л/(с×м²);* t_2=3 *мин* или 0,05 *ч*, принимаем *m* =0,0005. Суммарную площадь фильтров определяем по общей формуле:

$$F_Ф = \frac{Q \cdot k \cdot (1+m)}{T \cdot v_Ф - 3{,}6 \cdot n \cdot (W_1 \cdot t_1 + W_2 \cdot t_2 + W_3 \cdot t_3) - n \cdot v_Ф \cdot t_4} = 302 м^2.$$

где *Q* - производительность очистной станции, $м^3$/*сут; k* - коэффициент неравномерности;

T - продолжительность работы станции в течение суток, *ч;*

$V_ф$ - скорость фильтрова-ния, *м/ч*;

n - количество промывок каждого фильтра в сутки;

W_1 - интенсивность первоначального взрыхления верхнего слоя загрузки, *л/(с•*$м^2$*)* продолжительностью t_1, *ч;*

W_2 - интенсивность подачи воды, *л/(с•*$м^2$*)*, с продолжижительностью водовоздушной промывки t_2, *ч* (только при водовоздушной промывке);

W_3 - интенсивность промывки, *л/(с•*$м^2$*)*, продолжительностью t_3, *ч;*

t_4 - продолжительность простоя фильтра из-за промывки, *ч*;

m - коэффициент, учитывающий расход воды на промывку барабанных сеток.

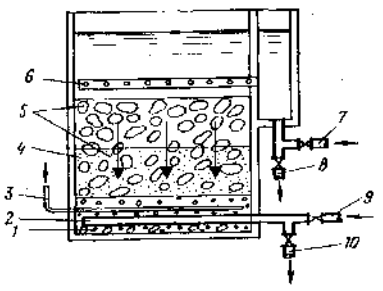


Рис. 6. Каркасно-засыпной фильтр:
1 - поддерживающие гравийные слои; 2 - распределительная система для воды; 3 - подача воздуха при промывке; 4 - песчаная засыпка; 5 - гравийный каркас; 6 - трубчатая система для подачи исходной и отведения промывной воды; 7 - подача исходной воды; 8 - отвод промывной воды; 9 - подача промывной воды; 10 - отвод фильтрата.

Число фильтров определяем по эмпирической формуле Д.М. Минца:

$$N = 0{,}5 \times \sqrt{F_ф} = 8{,}69 \approx 9 фильтров$$

Принимаем размер фильтра в плане**6**×**6** *м*. При этом число фильтров, находящихся в ремонте N_p= 1.-

Тогда скорость воды при форсированном режиме будет равна.

$$v_{фф} = \frac{v_ф \times N}{N - N_p} = 11{,}25 м/ч.$$

Что допустимо (7<7,73<8 *м/ч*) см. СниП 2.04.03-85.

Расчет распределительной системы фильтра.

При интенсивности промывки фильтра W_3= 7 *л/(с×м²)* количество промывной воды, необходимой для промывки одного фильтра составит:

$$q_{пр} = F_1 \times (W_2 + W_3) = 637{,}0 \text{ л/с}$$

или $q_{пр\ сут} = (q_{пр} \times t_4 \times N \times 60)/1000 = 3439{,}823$ *м³/сут.*

Диаметр коллектора распределительной системы находим по скорости входа промывной воды d = 900 *мм.* При расходе 637,0 *л/с* и скорости 1,1 *м/с* (рекомендуется принимать скорость в коллекторе в диапазоне 1,1-1,2 *м/с*).*5.2. Обеззараживание сточных вод*

Обеззараживание сточных вод имеет целью уничтожение оставшихся в них патогенных бактерий и снижение эпидемиологической опасности при сбросе в поверхностные водоемы. Запрещается сброс в водные объекты сточных вод, содержащих возбудителей инфекционных заболеваний. Стоки опасные в эпидемиологическом отношении, допустимо сбрасывать в водоем только после их очистки и обеззарараживания. При этом количество лактозоположительных кишечных палочек (индекс ЛКП) - в сточной воде не - должен превышать 1000 *кл/дм*^{3}.

Наибольшее распространение получил метод хлорирования сточных вод.

В соответствии со СНиП 2.04.03-85 расчетную дозу активного хлора, обеспечивающую бактерицидный эффект, следует принимать: после механической очистки сточных вод - 10 *г/м*^{3}; после неполной биологической очистки - 5 *г/м*^{3}; после полной биологической очистки - 3 *г/м*^{3}. При этом уровень остаточного хлора должен быть не менее 1,5 *г/м*^{3}, а период не менее 30 мин. Хлор, добавленный к сточной воде, дол- жен быть тщательно перемешан с ней.

Хлорирование воды гипохлоритом натрия.

На очистных станциях, где суточный расход хлора для хлорирования воды возможно использовать гипохлорит натрия *NaClO* заводского приготовления. Содержание активного хлора в готовом растворе гипохлорита составляет 30%, то есть 30 г/л. Для растворения гипохлорита, как правило, применяют воду питьевого качества. Для полной биологической очистки концентрированный раствор необходимо разбавить в 100 раз.

Для подачи гипохлорита устанавливается следующие устройства: бак-накопитель, размещаемый в вентилируемом помещении, дозировку раствора гипохлорита в воду производят эжектором, насосом-дозатором или другим устройством для подачи растворов и суспензии.

Принимаем дозу хлора для дезинфекции сточных вод $Д_{хл}$ = 3 *г/м*^{3}. Расход хлора за 1 ч. При максимальном расходе сточной воды необходимое количество гипохлорита будет составлять:

$$q_{хл} = Д_{хл} \times q_{max}/1000 = 9{,}3 \text{ кг/ч}$$

Расход хлора в сутки:

Общее количество гипохлорита натрия потребного для дезинфекции очищенных сточных вод будет составлять в сутки:

$$Q_{гип} = q_{хл}/100 = 2{,}24 \text{ кг/сут}$$

Приготовление хлорной воды осуществляется на воде питьевого качества. Для смешения со сточной водой используется лоток "Паршаля".

Расчет контактных резервуаров.

Контактные резервуары рассчитываются по СНиП 2.04.03-85 по времени нахождения сточной воды в трубопроводах и самом контактном резервуаре в течении 30 минут .

Расчёт контактного резервуара производится по следующей формуле:

$$V_{к.р.} = q_{max.ч} \times T/60 = 1552{,}85 \text{ м}^3.$$

где $V_{конт}$ - объём контактного резервуара в м^3;

t - время контакта хлорной воды со сточной водой в час;

При скорости движения сточной воды в контактных резервуаров v = 10 *мм/с,* длина резервуара:

$$L = v \times t = 18{,}0 \text{ м},$$

Площадь поперечного сечения:

$$\omega = V_{к.р.}/L = 86{,}3 \text{ м}^2.$$

При глубине H =2,8 *м* и ширине каждой секции7,5 *м* число секций контактного резервуара будет составлять:

$$n = \omega/(b \times H) = 4{,}1$$

Принимаем к строительству4,0 секции контактных резервуаров.

Фактическая продолжительность контакта очищенной сточной воды с хлором ву час максимального притока будет равна:

$$T = v_{к.р.}/q_{max.ч} = (n \times b \times H \times L)/q_{max.ч} = 0{,}5 \text{ ч.}$$

Принимаем к строительству типовые контактные резервуары ЦНИИЭП инженерного оборудования со смывным устройством выпавшего осадка. Осадок удаляется 1 раз в 5-7 суток при отключении секции из работы. Для поддержания осадка во взвешенном состоянии смесь в резервуаре аэрируют.

6. Расчет сооружений обработки осадка.

Обработка осадка включает процесс анаэробной стабилизации. Технологическая схема процесса анаэробной стабилизации включает: подачу в метантенк осадка из первичных отстойников и уплотненного

активного ила, после илоуплотнителя.

Обезвоживание стабилизированного осадка на фильтропрессе и возвращении фильтрата в приёмную какамеру очистных сооружений.

6.1. Расчёт илоуплотнителя.

Для уплотнения избыточного активного ила на очистных сооружениях используют илоуплотнители гравитационного типа. Конструкции гравитационных илоуплотнителей аналогичны конструкциям первичных отстойников.

Расчет илоуплотнителей ведем на максимальный часовой приток избыточного активного ила:

$$q_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot Q}{24 \cdot a_{mid} \cdot 1000} = 43{,}4 м^3 / ч.$$

где: Q – суточный расход сточных вод в $м^3$ /сут

a_{mid} – концентрация уплотняемого ила принимаем 8 $г/м^3$.

P_{max} – максимальный прирост избыточного активного ила, в $г/м^3$;

$K_{qen\ max}$ – коэффициент неравномерности;

$$P_{max} = K_{qen\ max} \times P_i = 180{,}4\ мг/л.$$

$$P_i = 0{,}8 C_{cdp} + K_q \alpha_{en} = 121{,}5 мг/л$$

где C_{cdp} – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л;

K_g – коэффициент прироста; для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод K_g = 0,3

Общий объем гравитационного илоуплотнителя определяем по формуле:

$$W_{упл} = q_{max} \times t_{упл.} = 434{,}00\ м^3.$$

$t_{упл}$- продолжительность уплотнения принимаем по СНиПУ 2.04.03-85 табл. 58. принимаем 10 часов.

Влажность активного ила до уплотнения 99,2%.

В качестве уплотнителей принимаем 2 вертикальных отстойника диаметром 9м. Влажность уплотнённого активного ила составит 98%.

Объем иловой части уплотнителя рассчитываем из расчета 10-ти часового пребывания в нем активного ила:

$$W_{ил} = \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \cdot q_{\max} \cdot \frac{t_{упл.}}{n} = 86{,}8 м^3.$$

Иловая вода после илоуплотнителя перекачивается насосами в приёмную камеру очистных сооружений.

6.2. Расчёт метантенков.

Для сбраживания принимаем термофильный режим (T = 53^0C). Это обусловлено невысокой влажностью осадка, поступающего в метантенк (96,2 %) и следовательно невысоким расходом тепла, идущим на подогрев осадка, по сравнению с осадком, имеющим высокую влажность.

Термофильный процесс обеспечивает обеззараживание сброженного осадка, что также является его преимуществом, термофильный режим в 2 раза производительней мезофильного.

Расчет метантенков заключается в определение необходимого их объема в зависимости от количества поступающего в них сырого осадка и избыточного ила.

6.2.1. Расчет количества образующегося осадка.

Количество сухого вещества осадка рассчитывают по следующей формуле:

$$O_{сух} = \frac{C \times Э \times k}{1000 \times 1000} \times Q = 6{,}1 m / сут.$$

где C_{en} - концентрация взвешенных веществ, в поступающей на очистку сточной воде 260 мг/л.

$Э$ - эффект изъятия взвешенных веществ в первичных отстойниках в долях единицы 0,42.

k - коэффициент, учитывающий увеличение объёма осадка за счёт крупных фракций взвешенных веществ 1,2.

Количество беззольного вещества осадка $O_{без}$ вычисляем по формуле:

$$O_{без} = \frac{O_{сух} \times (100 - B_г) \times (100 - З_{ос})}{100 * 100} = 4{,}06 m / сут$$

Где: $B_г$ - гигроскопическая влажность сырого осадка 5%;

$З_{ос}$ – зольность сухого вещества осадка 30 .

Количество сухого вещества активного ила определяют:

$$И_{сух} = \frac{0{,}8 \cdot C_{en} \cdot (1 - Э) + a \cdot L_{en} - b}{1000 \cdot 1000} \cdot Q = 5{,}08 m / сут$$

где *а* - величина прироста активного ила 0,1;
в - вынос активного ила из аэротенков 10 *мг/л.*
Количество беззольного вещества активного ила $И_{без}$, *т* в 1 *сут*, вычисляют по формуле:

$$И_{без} = \frac{И_{сух}(100 - B_г^1)(100 - З_{ил})}{100 \cdot 100} = 3{,}14 т / сут.$$

где $B_г$ – гигроскопическая влажность активного ила 5*%;*
$З_{ил}$ – зольность сухого вещества активного ила 35*%.*
Расход осадка и избыточного ила определяется по следующим формулам:

$$V_{ос} = \frac{100 \times О_{ос}}{(100 - W_{ос})\rho_{ос}} = 121{,}9 м^3 / сут.$$

Где: $W_{ос}$ - влажность сырого осадка 95 *%.*

$$V_{ил} = \frac{100 И_{сух}}{(100 - W_{ил})\rho_{ил}} = 508{,}2 м^3 / сут.$$

Где: $W_{ил}$ – влажность избыточного активного ила 99*%.*
Соответственно в год количество избыточного ила составит: 185493,0 *м³/год.*
Общее количество сырого осадка и активного ила составит:

или 230011,3 *м³/год.* $$V_{общ} = V_{ос} + V_{ил} = 630{,}2 м^3 / сут$$

6.2.2. Определения объёма метантенков и газгольдеров.

Необходимый объем метантенков определяется в зависимости от объема фактической влажности сырого осадка и активного ила:

$$W = \frac{V_{общ} \cdot 100}{D_{ml}} = 3706{,}9 м^3.$$

Принимаем дозу загрузки по СНиП 2.04.03-85 табл. 59, принимаем D_{ml} =17*%.*
Принимаем 2 метантенка *d* = 16,6 *м,* полезный объём одного метантенка 2500 *м³.*
Определим процент распада беззольного вещества:

$$R_r = R_{lim} - K_r \times D_{ml} = 45{,}0\ \%.$$

где R_{lim} - максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка, *%;*
K_r - коэффициент зависящий от влажности осадка и принимаемый по табл. 61 СНиПа;
D_{ml} - доза загружаемого осадка, %;
R_{lim} - определяется по следующей формуле:

$$R_{\lim} = \frac{53 \cdot Q_{бз} + 44 И_{бз}}{Q_{бз} + И_{бз}} = 49{,}1\%.$$

R_{lim} *=53%* – для осадков из первичных отстойников;
R_{lim} = 44*%* – для избыточного активного ила;
K_r = 0,407 – коэффициент зависящий от влажности осадка (табл. 61)
Определим весовое количество газа выделяющееся при сбраживании:

$$Г = \frac{(Q_{бз} + И_{бз}) \cdot \mathrm{R_г}}{100} = 3{,}24 г.$$

Общий объем выхода газа составит: $W_г$ = 3237 *м³/сут.*
Для выравнивания давления газа в газовой сети предусматриваем мокрые газгольдеры, вместимость которых рассчитывается на 2-4 *ч* выхода газа.

$$V =_г \frac{W_г \cdot 3}{24} = 404{,}6 м^3.$$

Принимаем *n* =2 газгольдера объемом 300 *м³* каждый.
Определим массу беззольного вещества в сброженной смеси:

$$M_{бз}^{|} = \frac{M_{бз} \cdot (100 - R_r)}{100} = 3{,}96 т / сут.$$

Масса сухого вещества сброженной части составит:

$$M_{сух} = (M_{сух} - M_{бз}) + M^1_{бз} = 7{,}944\ т/сут.$$

Определим зольность этой сброженной массы:

$$S_{сб} = 100 - \frac{M^{'}_{бз} \cdot 100 \cdot 100}{M_{сух} \cdot (100 - B_г^{сб})} = 62{,}7\%.$$

Влажность сброженной смеси будет равна:

$$P_{сб} = 100 - \frac{M_{сух} \cdot 100}{M_{общ}} = 98{,}2\%$$

Сооружения для механического обеззараживания.

Сооружения для механического обеззараживания осадка путем фильтрпрессования. Перед обезвоживанием сброженного осадка на вкуумфильтрах следует предусматривать его промыву сточной водой.

Количество промывной воды принимаем для сброженного в термофильных условиях осадка 4 $м^3/м^3$, продолжительность промывки принимаем 20 *минут.*

Отделение промывки состоит из расходомерной камеры, камеры смешения, промывной камеры. Все конструктивные размеры камер, за исключением промывной, подбираются конструктивно.

Определим объем камеры промывки осадка:

$$W_{пр} = \frac{M_{общ} \cdot (q_{ww} + 1) \cdot t_{пр}}{t_b \cdot 60} = 50 м^3.$$

где: q_{ww} – количество технической воды идущей на промывку (см [2] стр. 58 п. 6.369 СНиП), принимаем 4 $м^3$;

$t_{пр}$ – продолжительность промывки (см [2] п.6.370 СНиП) 20 минут;

$t_в$ – продолжительность выгрузки осадка из метантенков, принимается по данным эксплуатации $t_в$ =21 *ч* в сутки.

Принимаем 4 камеры размером2,68×2,41×2,65 м.

Камеры оборудуются подводом воздуха и воды, и устройством для удаления всплывающих веществ.

Сжатый воздух подается в количестве 0,5 $м^3$ на 1$м^3$ промываемой смеси, через дырчатые трубы уложенные на дне камеры.

$$Q_{возд} = 0,5 \times (M_{общ} \times 4) = 1260,3 \ м^3/сут.$$

Уплотнение промытого осадка производится в уплотнителях со временем пребывания смеси по СНиП 20-24 *ч.*([2] п. 6.371).

$$Q_{см} = M_{общ} \times (q_{ww} + 1) = 2520,7 \ м^3/сут.$$

$$Q_{см}^{час} = \frac{Q_{см}}{t_в} = 105,5 м^3/ч.$$

Определим объем уплотнителей:

$$W_{упл} = Q_{чассм} \times t_{уп\ л} = 2205,6 \ м^3 .$$

Принимаем 2 уплотнителя, тогда объем каждого составит:

$$W^1_{упл} = W_{упл}/n_{упл} = 1102,794 \ м^3 .$$

Принимаем для уплотнения радиальные отстойники диаметром 24 *м.*

Влажность уплотненного осадка принимаем 95*%* ([2] п. 6.371 СНиП 2.04.03-85).

Определим количество уплотненного осадка:

$$Q_{упл} = \frac{M_{сух} \cdot 100}{100 - 95} = 158,9 м^3.$$

Количество загрязняющих веществ в иловой воде из илоуплотнителей примем следующее:

- по взвешенным веществам 1000 *мг/л;*
- по $БПК_{полн}$ 900 *мг/л.*

Вода сбрасывается в местную хозяйственно-фекальную канализацию и вместе с ней поступает в приёмную камеру очистных сооружений.

Обезвоживание осадка производится на фильтрпрессах. Производительность, которых принимается в соответствии с табл. 62 СНиПа.

Определим площадь фильтрпрессов: $F_{пр} = \frac{M_{сух} \cdot 1000}{P \cdot t_ф} = 41,5 м^2.$

где: P – производительность 1$м^2$ поверхности фильтрпресса по сухому веществу, принимаем 10 $кг/м^{2;}$

$t_ф$ – продолжительность работы фильтрпресса (принимается равной $t_ф$= 22 ч) в течении суток.

Принимаем 3 фильтр-пресса ФПАКМ-25У, два рабочих и один резервный.

Площадь фильтрования 50 $м^2$

Определим количество обезвоженного осадка на фильтпрессах за 1сут.:

$$Q_{об} = \frac{Q_{упл} \cdot (100 - B_{уп})}{100 - B_{об}} = 39,7 м^3/сут.$$

где $B_{об}$– влажность обезвоженного на вакуум-фильтре осадка80*%* табл. 62 СНиПа.

Определим объем отделяющегося фильтрата:

$$Q_ф = Q_{упл} - Q_{об} = 119,2 \ м^3/сут.$$

Фильтрат направляется в уплотнитель промытого сброженного осадка см [2] стр. 58 п. 6.371 Поэтому количество фильтрата, отделяющейся при уплотнении, будет больше. Для увеличения влагоотдачи по осадкам перед подачей на фильтрпрессах дозируют флокулянт "Праестол" в концентрации 3,5 – 4,5 *кг/т*

сухого вещества осадка.

Суточный расход флокулянта составит:

$$G_{пр} = M_{сух} \times 0,04 = 0,032 \; т/сут.$$

Расчет аварийных иловых площадок.

Существование цеха механического обезвоживания осадков позволяет предусматривать только аварийные иловые площадки расчитанные на объём равный 20% годового количества осадка.

Влажность уплотнённого осадка после аэробного минерализатора принимаем 96,5%.

Общее количество сброженного осадка и активного ила составит:

$$V_{общ} = \frac{100 \cdot (И_{сух} + О_{сух})}{(100 - W_{см}) \cdot \rho} = 319,44 м^3 / сут.$$

Соответственно за год количество сырого осадка и активного ила составит: 116595,6 $м^3/год$. Для аварийных иловых площадок 20%, что равно: 23319,1 $м^3/год$.

Годовая нагрузка на иловые площадки составит 2 $м^3/м^2год$.

Необходимая площадь иловых площадок будет равна: 11659,6 $м^2$