

Министерство образования и науки Российской Федерации
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Инженерно-физический факультет

Е.Ю. Гурова

СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ
Учебное пособие

Благовещенск

2004

ББК 20.1 я73

Г 95

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета*

Гурова Е.Ю.

Системы защиты среды обитания. Учебное пособие для студентов очной и сокращенной форм обучения по специальности «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2004.

Пособие включает теоретические положения и методики решения задач, рассматривающих вопросы защиты от загрязнений атмосферного воздуха и воздуха помещений, водной среды и почвы. Предназначено для студентов дневной и сокращенной форм обучения по специальности «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

Рецензенты: А.Н. Мирошниченко, доц. кафедры «Безопасность жизнедеятельности», канд. мед. наук;
В.В. Пушкарева, гл. специалист сантехнического отдела института ОАО «Благовещенскпроект»

ВВЕДЕНИЕ

Для того, чтобы жить, развиваться в гармоничной связи с природой, человек должен заботиться о качестве природной среды, среды обитания.

Любой производственный или транспортный процесс сопровождается выделением в окружающую среду (воздух, вода, почва) вредных веществ (газы, пары, пыль, жидкости). Важно, чтобы эти вещества не оказывали вредного влияния на человека, а также животных и растения, т.е. находились бы в пределах допустимой концентрации (ПДК).

К сожалению, далеко не все технологии удовлетворяют этому требованию, поэтому для достижения ПДК, а также сокращения расхода природных ресурсов применяют различные системы защиты окружающей среды: устройство очистных установок на выбросах (выделение вредных веществ в атмосферу) и сбросах (выделение вредных веществ в водоемы); рассеивание выбросов атмосферным воздухом путем отведения их на большую высоту, разбавление сбросов водой водоемов; устройство оборотного водоснабжения с многократным использованием одной и той же очищенной или охлажденной воды; аэрация промышленных площадок и населенных мест, вентиляция помещений, в которых выделяются вредные вещества; устройство санитарно-защитных зон, для уменьшения вредного воздействия промышленных предприятий и транспорта на жилые кварталы; нейтрализация и переработка твердых отходов, образующихся на производстве и в жилищно-коммунальном секторе; создание безотходных и малоотходных технологий.

Изучение теоретических и практических положений дисциплины «Системы защиты среды обитания» поможет студентам грамотно решать задачи в выборе способов, средств защиты и сохранения среды обитания человека.

1. Расчет категории опасности предприятия.

Расчет категории опасности предприятия осуществляется в зависимости от массы и номенклатуры, выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ. Вредные вещества, выбрасываемые предприятиями, могут оказывать опасное воздействие на окружающую среду. Для определения категории опасности предприятия (КОП) используют данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу.

КОП рассчитывают по формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i} \quad (1)$$

где M_i – масса выброса i -го вещества, т/год; $ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го, мг/м³; n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием; a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью сернистого ангидрида, определяется по табл. 1.

Таблица 1. - Значения a_i для веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности			
	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Значения КОП рассчитывают при условии, когда $M_i / ПДК_i > 1$.

При $M_i / ПДК_i < 1$ значения КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю.

Для расчета КОП при отсутствии среднесуточных значений предельно допустимых концентраций используют значения максимально-разовых ПДК, ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций веществ в воздухе рабочей зоны.

Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данного вещества.

По величине КОП предприятия делят на четыре категории опасности. Граничные условия для деления предприятий по категориям опасности приведены в табл. 2.

Таблица 2. - Граничные условия для деления предприятий по категориям опасности в зависимости от значений КОП

Категория опасности предприятия	Значения КОП
1	$\text{КОП} > 10^6$
2	$10^6 > \text{КОП} > 10^4$
3	$10^4 > \text{КОП} > 10^3$
4	$\text{КОП} < 10^3$

Значения ПДК и ОБУВ некоторых загрязняющих веществ приведены в табл. 3.

Эффектом суммации обладают диоксид азота и сернистый ангидрид, серная кислота и сернистый ангидрид, сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная), углерода оксид и пыль цементная, сумма взвешенных веществ.

Таблица 3. - Значения ПДК и ОБУВ для некоторых веществ

Наименование вещества	ПДК м.р., мг/м ³	ПДК с.с., Мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс Опасности
Азота диоксид	0,085	0,04		2
Азота оксид	0,4	0,06		3
Ацетальдегид	0,01	0,01		3
Ангидрид сернистый	0,5	0,05		3
Аммиак	0,2	0,04		4
Ацетон	0,35	0,35		4
Бензин	5,0	1,5		4
Бензол	1,5	0,1		2
Бутан	200	-		4
Взвешенные вещества	0,5	0,15		3
Дибутилфталат			0,1	2
Кислота серная	0,3	0,1		2
Кислота ортофосфорная			0,02	2
Кислота азотная	0,4	0,15		2
Ксилол	0,2	0,2		3
Марганец и его соединения	0,01	0,15		2
Пыль цементная	-	0,02		3
Пыль х/б	0,5	0,15		3
Пыль картона	0,5	0,15		3
Пыль стали, Электрокорунда			0,04	3
Пыль древесная			0,1	2

Наименование вещества	ПДК м.р., мг/м ³	ПДК с.с., Мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс Опасности
Пыль графита	0,5	0,15		3
Сварочный аэрозоль	0,5	0,15		3
Сажа	0,1	0,05		3
Сернистый ангидрид	0,5	0,05		3
Толуол	0,6	0,6		3
Трихлорэтилен	4,0	1,0		3
Уайт-спирит			1,0	4
Углерода оксид	0,5	3,0		4

2. Сооружения для очистки атмосферных выбросов.

Циклоны.

Для очистки вентиляционных выбросов широко применяются циклоны, т.к. по сравнению с другими сухими пылеуловителями они имеют более простую конструкцию и надежны в эксплуатации. Циклоны по конструктивным особенностям разделяются на конические (с удлиненной конической частью) и цилиндрические (с удлиненной цилиндрической частью). Конические циклоны относятся к высокоэффективным, а цилиндрические – к высокопроизводительным. Диаметр цилиндрических циклонов не более 2000 мм, а конических - не более 3000 мм.

Большое распространение получили циклоны НИИОГаз ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24.

Эффективность циклонов ЦН-11 выше эффективности циклонов ЦН-15 на 1 – 2 % . Циклоны ЦН-15 отличаются меньшими по сравнению с циклонами ЦН-11 габаритами и более устойчивой работой на пылях, склонных к налипанию, поэтому их эксплуатация оправдана при очистке воздуха с высокой концентрацией мелкодисперсной пыли при улавливании средне- и сильнослипающихся пылей. Они также менее подвержены износу.

При наличии особых ограничений по расходу энергии и при крупной пыли (медианный размер более 20 мкм) рекомендуется применять циклоны ЦН-24

При очистке больших объемов воздуха циклоны можно компоновать в группы, объединенные общим пылесборником и коллектором очищенного воздуха.

Для нормальной работы циклонов всех видов они должны быть снабжены герметичным бункером.

Расчет циклонов производится методом последовательных приближений в следующем порядке:

2.1. Выбираем оптимальную скорость в поперечном сечении циклона по табл. 4

Таблица 4

Серия и № циклона	V _{опт} , м/с	Коэффициент местного сопротивления циклонов		
		С отводом воздуха в атмосферу	С улиткой на выхлопной трубе	При групповой установке
ЦН – 11	3,5	250	235	215
ЦН – 15	3,5	170	150	140
ЦН – 24	4,5	80	73	70

2.2. Определяем необходимую площадь сечения циклона F, м²:

$$F = \frac{L}{(3600 \cdot V_{opt})}, \quad (2)$$

где L – объемный расход очищаемого воздуха, м³/ч

2.3. Определяем диаметр циклона, м:

$$D_u = 1.13 \sqrt{(F/n)}, \quad (3)$$

где n – число циклонов.

Диаметр циклона округляют до стандартных величин. Рекомендуется применять циклоны для пыли диаметром не более 1000 мм следующих типоразмеров: 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 м.

Следовательно, округляем диаметр до ближайшего стандартного D (м).

2.4. Определяем действительную скорость воздуха в циклоне:

$$V_D = \frac{1.27L}{(3600 \cdot n \cdot D^2)}, \text{ м/с} \quad (4)$$

Действительная скорость воздуха в циклоне не должна отклоняться более чем на 15% от оптимальной.

2.5. Определяем аэродинамическое сопротивление установки, Па:

$$\Delta P_y = \xi \cdot \left(\frac{V_D^2 \cdot \rho}{2} \right), \quad (5)$$

где V_d – действительная скорость воздуха в циклоне, м/с;

ρ – плотность газа, кг/м³;

ξ – коэффициент местного сопротивления, отнесенный к действительной скорости V_d :

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \varphi_0 + \Delta\xi, \quad (6)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от диаметра циклона $D_{ц}$, м, выбирается по табл. 5;

K_2 – поправочный коэффициент на запыленность воздуха, принимается по табл. 6;

φ_0 – коэффициент местного сопротивления циклона диаметром 500 мм для чистого воздуха, берется из табл. 7;

$\Delta\xi$ – коэффициент, зависящий от компоновки нескольких циклонов, выбирается по табл. 8.

Таблица 5. - Коэффициент K_1

Диаметр циклона, м	Коэффициент K_1 для циклонов	
	ЦН – 11	ЦН – 15, ЦН – 24
0,15	0,94	0,85
0,2	0,95	0,90
0,3	0,96	0,93
0,4	0,98	0,96
0,45	0,99	1,00
0,5 и более	1,00	1,00

2.6. Вычисляем эффективность очистки воздуха в циклоне по уравнению:

$$\eta = 0,5[1 + \Phi(x)], \quad (7)$$

где $\Phi(x)$ – табличная функция параметра x , определяемого по формуле:

$$x = \frac{\lg(d_{ц} / d_{500}^T)}{\sqrt{(\lg^2 b_{\eta} + \lg^2 b_{ц})}} \quad (8)$$

Значения d_{500}^T и $\lg b_{\eta}$ для каждого типа циклона приведены в табл. 9.

$\lg b_{ц} = 0,5$ - дисперсность пыли.

Таблица 6. - Коэффициент K_2

Тип циклона	Коэффициент K_2 при запылённости воздуха, г/м ³					
	0	10	20	40	80	120
ЦН – 11	1	0,96	0,94	0,92	0,9	0,87
ЦН – 15	1	0,93	0,92	0,91	0,9	0,87
ЦН – 24	1	0,95	0,93	0,92	0,9	0,87

Таблица 7. - Значения φ_0

Тип Циклона	Значения φ_0	
	При выходе в атмосферу	При выходе в гидравлическую сеть
ЦН – 11	245	250
ЦН – 15	155	163
ЦН – 24	75	80

Таблица 8. - Коэффициент $\Delta\xi$

№	Характер компоновки циклонов	$\Delta\xi$
1	Прямоточная - с отводом очищенного воздуха из общего коллектора; - с отводом очищенного воздуха через улиточные раскручиватели	35
		28
2	Круговая с отводом воздуха из общего коллектора	60
3	Одиночная с отводом воздуха в атмосферу	0

Таблица 9.

Тип циклона	ЦН – 11	ЦН – 15	ЦН – 24
$\lg b\eta$	0,308	0,352	0,352
d_{50}^T	8,5	4,5	3,65

Для учета влияния рабочих условий на величину d_{50} используется соотношение:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\left[(D/D_{II})(\rho_{ПТ}/\rho_{II})(N/N_{II})(V_{ОПТ}/V_d) \right]}, \text{ мкм} \quad (9)$$

при ориентировочном расчете принимаем $(D/D_{II})(\rho_{ПТ}/\rho_{II})(N/N_{II})(V_{ОПТ}/V_d) = 1$.

Определив значения x , находим параметр $\Phi(x)$ (по таблице 10), а затем расчётное значение эффективности очистки воздуха циклоном. Если расчётное значение η окажется меньше, необходимого по условиям допустимого выброса пыли в атмосферу, то надо выбрать другой тип циклона с большим коэффициентом гидравлического сопротивления.

Таблица 10.

X	- 2,7	- 2,0	- 1,8	- 1,6	- 1,4	- 1,2	- 1,0	- 0,8	- 0,6	- 0,4	- 0,2
$\Phi(x)$	0,0035	0,0228	0,0359	0,0548	0,0808	0,1151	0,1587	0,2119	0,2743	0,3446	0,4207
X	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,7
$\Phi(x)$	0,0500	0,5793	0,6554	0,7257	0,7881	0,8413	0,8849	0,9192	0,9452	0,9772	0,9965

Таблица 11. - Основные размеры цилиндрических циклонов НИИОГаза
(в долях диаметра D цилиндрической части циклона)

Размеры	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24
Внутренний диаметр цилиндрической части циклона D	1	1	1
Высота:			
входного патрубка (внутренний диаметр) a	0,48	0,66	1,11
выхлопной трубы h _Г	1,56	1,74	2,11
цилиндрической части H _Ц	2,06	2,26	2,11
конической части H _К	2	2	1,75
внешней части выхлопной трубы h _в	0,3	0,3	0,4
общая циклона H	4,36	4,56	4,26
Угол наклона крышки и входного патрубка циклона α, град.	11	15	24
Внутренний диаметр:			
выхлопной трубы d	0,59	0,59	0,59
пылевыпускного отверстия d ₁	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4
Ширина входного патрубка (внутренний размер):			
в циклоне b	0,2	0,2	0,2
на входе b ₁	0,26	0,26	0,26
Длина входного патрубка l	0,6	0,6	0,6
Диаметр средней линии циклона D _{ср}	0,8	0,8	0,8
Высота установки фланца h _{фл}	0,1	0,1	0,1

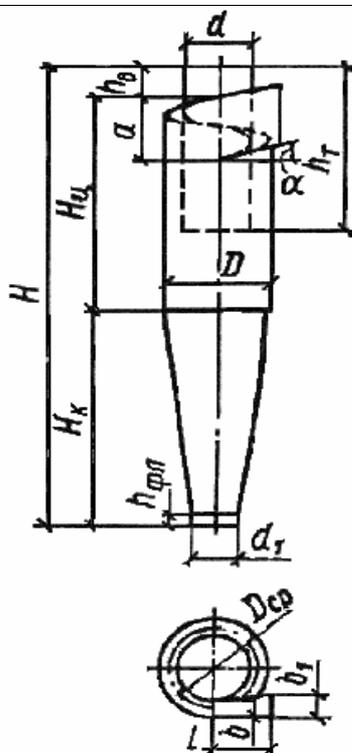


Рис. 1. Схема цилиндрического циклона НИИОГаза.

3. Сооружения для механической очистки сточных вод

3.1. Песколовки

Песколовки необходимо предусматривать при производительности очистных сооружений свыше 100 м³/сут. Число песколовок или отделений песколовок надлежит принимать не менее двух, причем все песколовки или отделения должны быть рабочими.

Тип песколовки (горизонтальная, тангенциальная, аэрируемая) необходимо выбирать с учетом производительности очистных сооружений, схемы очистки сточных вод и обработки их осадков, характеристики взвешенных веществ, компоновочных решений и т.п. /1/. Тангенциальные песколовки обычно применяют при расходах сточных вод до 7000 м³/сут.

Расчет песколовок сводится к определению её размеров (длины, ширины, глубины) и расхода производственной воды для удаления песка.

Длину горизонтальных и аэрируемых песколовок определяют по формуле /1/

$$L_s = \frac{1000K_s H_s v_s}{u_o}, \quad (10)$$

где L_s – длина песколовки, м

K_s – коэффициент, принимаемый по табл. 12;

H_s – расчетная глубина песколовки, м (для аэрируемых песколовок принимается равной половине общей глубины); $H = 0,5-2$ м – для горизонтальных; $H=0,7-3,5$ – для аэрируемых. Для тангенциальных песколовок выбирают глубину – равную половине диаметра, а диаметр – не более 6 м.

v_s – скорость движения сточных вод, м/с; для горизонтальных песколовок – 0,15-0,3; для аэрируемых – 0,08-0,12; для тангенциальных – 0,03-0,05 м/с.

u_o – гидравлическая крупность песка, мм/с, принимается в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка (табл. 12).

Время пребывания воды в песколовке составляет обычно 30 – 120 с.

Таблица 12 /1/.

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Значения K_s в зависимости от типа песколовков и отношения ширины В к глубине Н аэрируемых песколовков			
		Горизонтальные	Аэрируемые		
			В:Н=1	В:Н=1,25	В:Н=1,5
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

Ширину В для горизонтальной песколовки определяют с учетом реализации заданного расхода сточных вод – Q, м³/сут. /3/

$$V = Q / H v_s n, \quad (11)$$

где n – число секций в песколовке.

Для аэрируемых песколовков предпочтительное отношение ширины к глубине В:Н = 1,5.

Удаление задержанного песка из песколовков всех типов осуществляется гидромеханическим способом с транспортированием песка к приемку и последующим отводом за пределы песколовков гидроэлеваторами, песковыми насосами и другими способами – при объеме его свыше 0,1 м³/сут.

Расход производственной воды q_h , л/с, при гидромеханическом удалении песка (гидросмывом с помощью трубопровода со спрысками, укладываемого в песковой лоток) необходимо определять по формуле /1/

$$q_h = v_h l_{sc} b_{sc}, \quad (12)$$

где v_h – восходящая скорость смывной воды в потоке, принимаемая равной 0.0065 м/с;

l_{sc} – длина пескового лотка, равная длине песколовки за вычетом длины пескового приемка (принимаемого приблизительно 1/4 от длины песколовки) м;

b_{sc} – ширина пескового лотка, равная 0.5 м.

3.2. Отстойники

Тип отстойника (вертикальный, радиальный, с вращающимся сборно-распределительным устройством, горизонтальный и др.) необходимо выбирать с учетом принятой технологической схемы очистки сточных вод и обработки

их осадка, производительности сооружений, конфигурации и рельефа площадки, геологических условий, уровня грунтовых вод и т.п.

Число отстойников следует принимать: первичных – не менее двух, вторичных – не менее трех при условии, что все отстойники являются рабочими. При минимальном числе их расчетный объем необходимо увеличивать в 1,2 – 1,3 раза. /1/.

Расчет отстойников сводится к определению гидравлической крупности частиц, которую необходимо выделить для обеспечения требуемой степени очистки, производительности одного отстойника q_{set} , а также количество осадка. После расчета q_{set} , исходя из общего расхода сточных вод, определяется количество рабочих единиц отстойника N .

Основные расчетные параметры отстойников надлежит определять по табл. 13 /1/.

Таблица 13.

Отстойник	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина отстойной части $H_{set, м}$	Ширина $B_{set, м}$	Скорость рабочего потока $v_{р.п., м/с}$	Уклон дна к иловому приямку
Горизонтальный	0,5	1,5 – 4	$2 H_{set} - 5 H_{set}$	5 – 10	0,005-0,05
Радиальный	0,45	1,5- 5	-	5 – 10	0,005-0,05
Вертикальный	0,35	2,7 – 3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8 – 1,2	-	-	0,05

Примечание: Величину турбулентной составляющей $v_{тб}$, мм/с, в зависимости от скорости рабочего потока $v_{р.п.}$, мм/с, следует принимать по табл. 14. Для отстойников с вращающимся сборно-распределительным устройством $v_{тб} = 0$.

Таблица 14

$v_{р.п.}, мм/с$	5	10	15
$v_{тб}, мм/с$	0	0,05	0,1

Расчетное значение гидравлической крупности необходимо определять по кривым кинетики отстаивания $\Xi = f(t)$, получаемым экспериментально, с

приведением полученной в лабораторных условиях величины к высоте слоя, равной глубине проточной части отстойника по формуле (13):

$$u_o = \frac{1000H_{set}K_{set}}{t_{set} \left(\frac{K_{set}H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (13)$$

где u_o – гидравлическая крупность частиц, мм/с;

H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м;

K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника;

t_{set} – продолжительность отстаивания, с, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое h_1 ; для городских сточных вод данную величину допускается принимать по табл. 15;

n_2 – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения; для городских сточных вод следует определять по рис. 2.

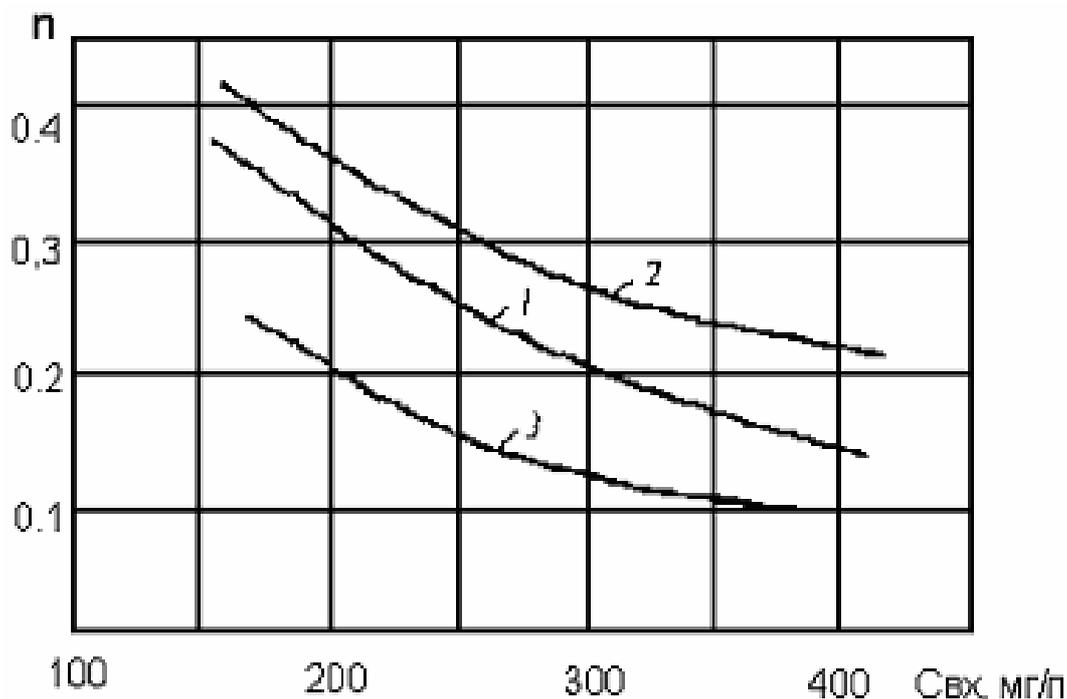


Рис. 2. Зависимость показателя степени n от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания
1 - Э = 50%; 2 - Э = 60%; 3 - Э = 70%

Таблица 15.

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1= 500$ мм при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	-	-	7200

При наличии в воде частиц тяжелей, и легче воды за расчетную надлежит принимать меньшую гидравлическую крупность.

В случае когда, когда температура сточной воды в производственных условиях отличается от температуры воды, при которой определялась кинетика отстаивания в лабораторных условиях ($t_{в.лаб.} = 20^{\circ}\text{C}$), необходимо вводить поправку на изменение вязкости воды при изменении температуры (табл. 16) /1/.

$$u_o^t = \frac{\mu_{лаб}}{\mu_{пр}} u_o, \quad (14)$$

где $\mu_{лаб}$, $\mu_{пр}$ – вязкость воды при соответствующих температурах в лабораторных и производственных условиях;

u_o – гидравлическая крупность частиц.

Таблица 16

Температура воды, $^{\circ}\text{C}$	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
Коэф-т вязкости μ , 10^{-3} Н·с/м ²	0,469	0,549	0,656	0,801	0,894	1,01	1,14	1,308	1,519	1,792

Производительность одного отстойника q_{set} , м³/ч, определяют исходя из заданных геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод по формулам:

а) для горизонтальных отстойников

$$q_{set} = 3.6 K_{set} L_{set} B_{set} (u_o - v_{tb}); \quad (15)$$

б) для отстойников радиальных, вертикальных и с вращающимся сборно-распределительным устройством

$$q_{set} = 2.8K_{set} (D_{set} - d_{ex})(u_o - v_{m\bar{o}}) \quad (16)$$

где K_{set} – коэффициент использования объема;

L_{set} – длина секции, отделения, м;

B_{set} – ширина секции, отделения, м;

D_{set} – диаметр отстойника, м;

d_{bx} – диаметр впускного устройства, м;

u_o – гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с

$v_{т\bar{o}}$ – турбулентная составляющая, мм/с, принимаемая по таблице 16.

Количество осадка Q_{oc} , м³/ч, выделяемого при отстаивании, надлежит определять исходя из концентрации взвешенных веществ в поступающей воде C_{bx} и концентрации взвешенных веществ в осветленной воде $C_{вых}$:

$$Q_{oc} = \frac{q_w (C_{ex} - C_{вых})}{(100 - \varphi_{oc}) \rho_{oc} \cdot 10^4}, \quad (17)$$

где q_w – расход сточных вод, м³/ч;

φ_{oc} – влажность осадка, %;

ρ_{oc} – плотность осадка, г/см³.

Для отстойников с вращающимся сборно-распределительными устройствами, период вращения T , с, водораспределительного устройства определяют в зависимости от требуемой степени очистки :

$$T = \frac{1000H_{set}K_{set}}{u_o}. \quad (18)$$

Количество рабочих единиц отстойников N определяется:

$$N = q_w / q_{set} \quad (19)$$

3.3. Гидроциклоны

Для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ допускается применять открытые и напорные гидроциклоны.

Открытые гидроциклоны необходимо применять для выделения всплывающих и оседающих грубодисперсных примесей гидравлической крупностью свыше 0,2 мм/с и скоагулированной взвеси.

Напорные гидроциклоны следует применять для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей главным образом минерального происхождения.

Гидроциклоны могут быть использованы в процессах осветления сточных вод, сгущения осадков, обогащения известкового молока, отмывки песка от органических веществ, в том числе нефтепродуктов. Конструкции открытых гидроциклонов представлены на рисунке 3.

Величину конструктивных параметров гидроциклона следует определять по табл. 17.

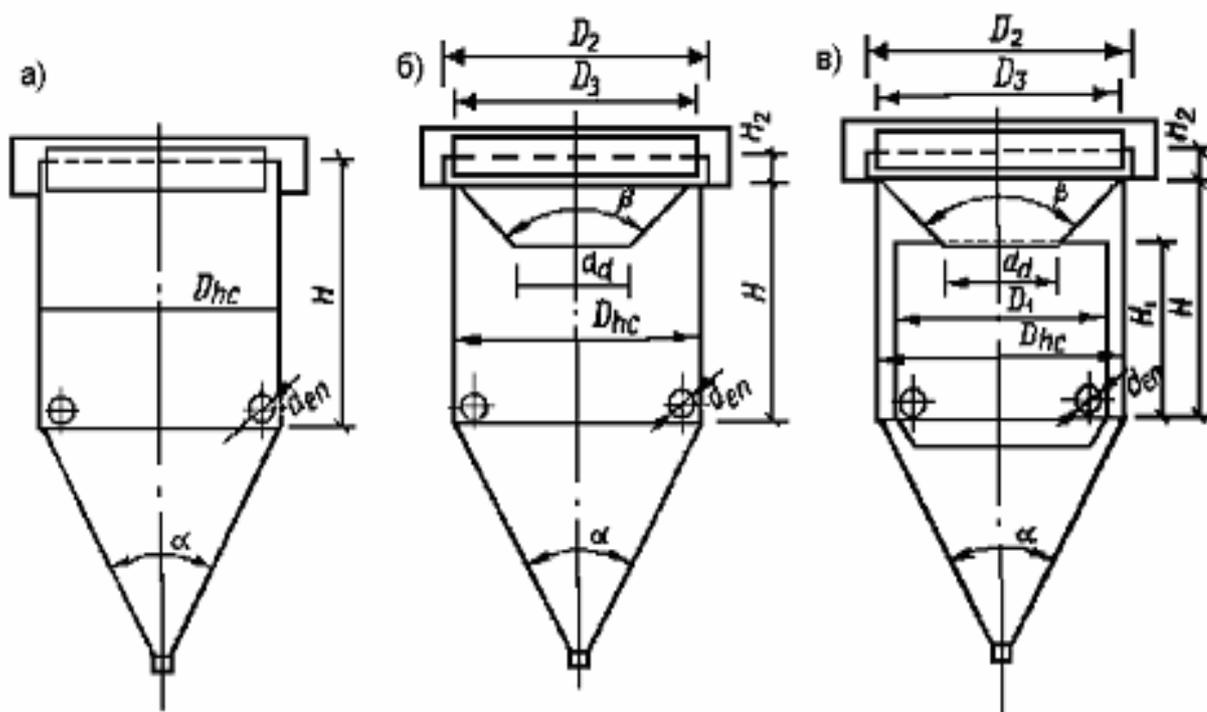


Рис 3 Схемы открытых гидроциклонов
а - без внутренних вставок; б - с конической диафрагмой; в - с конической диафрагмой и внутренним цилиндром

Таблица 17. - Конструктивные параметры открытых гидроциклонов

Наименование конструктивного элемента	Единица измерения	Тип гидроциклона по рис.		
		а	б	в
Диаметр аппарата	м	2-10	2-6	2-6
Высота цилиндрической части Н	доля от D_{hc}	D_{hc}	D_{hc}	$D_{hc} + 0,5$
Размер впускного патрубка	доля от D_{hc}	0,07	0,05	0,05
Количество впусков n	шт.	2	2	2
Угол конической части α	град.	60	60	60
Угол конуса диафрагмы β	град.	-	90	90
Диаметр центрального отверстия в диафрагме d_d	доля от D_{hc}	-	0.5	0.5
Диаметр внутреннего цилиндра D_1	то же	-	-	0,88
Высота внутреннего цилиндра H_1	то же	-	-	1,0
Высота водосливной стенки над диафрагмой H_2	м	-	0,5	0,5
Диаметр водосливной стенки D_2	доля от D_{hc}	D_{hc}	$D_{hc} + 0,2$	$D_{hc} + 0,2$
Диаметр полупогруженной кольцевой перегородки D_3	то же	$D_{hc} - 0,2$	D_{hc}	D_{hc}
Скорость потока на входе в аппарат $u_{вх}$	м/с	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5

d_{en} – диаметр впускного патрубка, по которому сточные воды поступают внутрь гидроциклона, $d_{en} = 0,0707 D_{hc}$.

Основной расчетной величиной открытых гидроциклонов является удельная гидравлическая нагрузка.

3.3.1. Удельную гидравлическую нагрузку q_{hc} , $m^3/(m^2 \cdot ч)$, для открытых гидроциклонов следует определять по формуле

$$q_{hc} = 3,6K \cdot u_o \quad (20)$$

где u_o – гидравлическая крупность частиц, которые необходимо выделить для обеспечения требуемого эффекта, мм/с;

K – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа гидроциклона и равный для гидроциклонов: без внутренних устройств – 0,61; с конической диафрагмой и внутренним цилиндром – 1,98.

3.3.2. Общая площадь зеркала воды в гидроциклонах определяется по выражению:

$$F_{hc} = Q/q_{hc}, \quad (21)$$

где F_{hc} – общая площадь зеркала воды в гидроциклонах, m^2

Q – расход сточных вод, $m^3/ч$

q_{hc} – гидравлическая нагрузка на гидроциклон, $m^3/(m^2ч)$.

3.3.3. Задаем диаметр гидроциклона D_{hc} , м.

3.3.4. Определяем производительность одного аппарата по формуле:

$$Q_{hc} = 0,785q_{hc}D_{hc}^2, \quad m^3/ч \quad (22)$$

3.3.5. Исходя из общего количества сточных вод Q_w , определяем количество рабочих единиц гидроциклонов:

$$N = Q_w / Q_{hc}, \quad \text{шт.} \quad (23)$$

или

$$N = \frac{F_{hc}}{D_{hc}^2 \cdot 0,785}, \quad \text{шт.} \quad (24)$$

3.3.6. После назначения диаметра аппарата и определения их количества по табл. 17 определяем основные размеры гидроциклона.

3.4. Аэротенки

Аэротенки различных типов следует применять для биологической очистки городских и производственных сточных вод.

Аэротенки – смесители без регенераторов целесообразно применять для очистки производственных сточных вод при относительно небольших колебаниях их состава и присутствии в воде преимущественно растворенных органических веществ.

Аэротенки – смесители с регенераторами применяются для очистки производственных сточных вод со значительными колебаниями состава и расхода стоков и присутствии в них эмульгированных и биологически трудноокисляемых компонентов.

Аэротенки - вытеснители с регенераторами применяются для очистки городских сточных вод и близких к ним по составу промышленных при незначительных колебаниях в составе и расходе.

Аэротенки – вытеснители без регенераторов рекомендуется применять для очистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод с БПК_{полн} не более 150 мг/л, либо на второй ступени биологической очистки.

Регенерацию активного ила необходимо предусматривать при БПК_{полн} поступающей в аэротенки воды свыше 150 мг/л, а также при наличии в воде вредных производственных примесей.

Расчет аэротенков осуществляется в соответствии с СНиП 2.04.03-85. Обычно на очистных станциях производительностью более 30 000 м³/сут аэротенки, как правило, устраиваются в виде железобетонных резервуаров глубиной 3-6 м, шириной коридоров 6-9 или 12 м. Отношение ширины коридоров к рабочей глубине – от 1:1 до 2:1. Количество коридоров и их длина зависят от типа аэротенка и компоновки очистных сооружений, не менее двух. Длину коридора принять в интервале 60-100 м.

Степень рециркуляции активного ила определяем по формуле

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{J_i}{1000} - a_i}, \quad (25)$$

где a_i – доза ила в аэротенке, г/л. Определяется оптимизационным расчетом с учетом работы вторичных отстойников, ориентировочно $a_i = 3 - 4$ г/л.

J_i – иловый индекс, см³/г. В первом приближении принимается $J_i = 100$.

Примечание: формула справедлива при $J_i < 175$ см³/г и a_i до 5г/л. Величина R_i должна быть от 0,3 до 0,6.

Величина БПК_{полн} воды, поступающей в начало аэротенка-вытеснителя L_{mix} , определяется с учетом разбавления циркуляционным илом по формуле

$$L_{mix} = \frac{L_{en} + L_{ex}R_i}{1 + R_i}, \text{ мг/л} \quad (26)$$

где L_{en} – величина БПК_{полн} исходной воды, мг/л;

L_{ex} - требуемая величина БПК_{полн} очищенных вод, мг/л;

R_i – степень рециркуляции.

Продолжительность обработки сточных вод в аэротенке рассчитывается по формуле

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \lg \frac{L_{mix}}{L_{ex}}, \text{ ч} \quad (27)$$

где a_i – доза ила в аэротенке, г/л;

L_{mix} – величина БПК_{полн} воды, поступающей в начало аэротенка-вытеснителя, мг/л;

L_{ex} – требуемая величина БПК_{полн} очищенных вод, мг/л.

При проектировании аэротенков с регенераторами определяется доза ила в регенераторе – a_r , г/л. В первом приближении

$$a_r = a_i \left(\frac{1}{2R_i} + 1 \right), \text{ г/л.} \quad (28)$$

Удельная скорость окисления ρ рассчитывается по формуле

$$\rho = \rho_{max} \frac{L_{ex} C_O}{L_{ex} C_O + K_I C_O + K_O L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi a_i}, \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{полн} / (\text{г} \cdot \text{ч}) \quad (29)$$

где ρ_{max} – максимальная скорость окисления, мг/(г·ч), принимается по табл.18;

C_O – концентрация растворенного кислорода, мг/л;

K_I – константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг·БПК_{полн}/л, принимается по табл.18;

K_O – константа, характеризующая влияние кислорода, мг O₂/л, принимается по табл.18;

φ – коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г, принимается по табл. 18.

Концентрация кислорода и доза ила определяется оптимизационным расчетом.

Таблица 18. - Характеристика сточных вод

Сточные воды	ρ_{max} , мг·БПК _{полн} /(г·ч)	K_I , мг·БПК _{полн} /л	K_O , мг O ₂ /л	φ , л/г	S
Городские	85	33	0,625	0,07	0,3
Производственные:					
а) заводов синтетичес. каучука	80	30	0,6	0,06	0,15
б) целлюлозно-бумажной промышленности:					

Сточные воды	$\rho_{\max},$ мг·БПК _{полн} /(г·ч)	$K_1,$ мг·БПК _{полн} /л	$K_{O_2},$ мг O ₂ /л	$\varphi,$ л/г	S
сульфатно-целлюлозное производство	650	100	1,5	2	0,16
сульфитно-целлюлозное производство	700	90	1,6	2	0,17
в) дрожжевых заводов	232	90	1,66	0,16	0,35
г) микробиологической промышленности:					
производство лизина	280	28	1,67	0,17	0,15
производство биовита	1720	167	1,5	0,98	0,12
д) свинооткормочных комплексов:					
1 ступень	454	55	1,65	0,176	0,25
2 ступень	15	72	1,68	0,171	0,3
е) нефтеперерабатывающих заводов:					
1 система	33	3	1,81	0,17	-
2 система	59	24	1,66	0,158	-
ж) азотной промышленности	140	6	2,4	1,11	-
з) заводов искус. волокна	90	35	0,7	0,27	-
и) заводов органического синтеза	83	200	1,7	0,27	-

Продолжительность окисления органических загрязняющих веществ рассчитывается по формуле

$$t_O = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_r (1-s) \rho}, \text{ ч} \quad (30)$$

Продолжительность регенерации ила определяется по формуле

$$t_r = t_O - t_{at}, \text{ ч} \quad (31)$$

Продолжительность пребывания сточных вод в системе аэротенк-регенератор рассчитывается по формуле

$$t = (1 + R_i) t_{at} + R_i t_r, \text{ ч.} \quad (32)$$

Объем аэротенка определяется по формуле

$$W_{at} = t_{at} (1 + R_i) q_w, \text{ м}^3 \quad (33)$$

где q_w – расчетный расход сточных вод, м³/ч.

Объем регенератора - по формуле

$$W_r = t_r R_i q_w, \text{ м}^3 \quad (34)$$

Для уточнения илового индекса J_i определяется средняя доза ила в системе аэротенк-регенератор по формуле

$$a_{imix} = \left[(1 + R_i)t_{at}a_i + R_it_r a_r \right] / t, \text{ г/л.} \quad (35)$$

По формуле (36) определяется нагрузка на ил q_i , где доза ила a_i принимается равной величине a_{imix} , а продолжительность обработки t_{at} равна продолжительности пребывания в системе аэротенк-регенератор t :

$$q_i = \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{a_i(1-s)t_{at}}, \text{ мг/(г·сут)} \quad (36)$$

По табл. 19 по полученному значению q_i методом интерполяции уточняем иловый индекс J_i . Полученная величина отличается от принятой ранее $J_i = 100 \text{ см}^3/\text{г}$.

По формуле (25) с учетом скорректированной величины J_i уточняется степень рециркуляции R_i . Если полученная величина R_i существенно отличается от рассчитанной в первом приближении, то в этом случае требуется уточнить величины L_{mix} и t_{at} по формуле (26) и (27).

По формуле (28) уточняем дозу ила в аэротенке. По формуле (29) уточняем удельную скорость окисления ила.

По формуле (30) уточняем продолжительность окисления органических загрязняющих веществ.

По формуле (31) уточняем продолжительность регенерации, а по формуле (32) продолжительность пребывания в системе аэротенк-регенератор. Затем уточняем объем аэротенка и объем регенератора по соответствующим формулам (33 и (34).

Далее необходима проверка величины a_{imix} по формуле (35) с учетом которой нагрузка на ил пересчитывается по формуле (36).

Затем определяем по табл. 19 величину илового индекса. Если она не существенно отличается от ранее определенного значения J_i , то дальнейшей корректировки расчетов не требуется.

Таблица 19.

Сточные воды	Иловый индекс J_i , $\text{см}^3/\text{г}$, при нагрузке на ил q_i , $\text{мг}/(\text{г}\cdot\text{сут})$					
	100	200	300	400	500	600
Городские	130	100	70	80	95	130
Производственные:						
а) заводов синтетического каучука	-	100	40	70	100	130
б) целлюлозно-бумажных комбинатов	-	220	150	170	200	220
в) нефтеперерабатывающих заводов	-	120	70	80	120	160
г) комбинатов искусственного волокна	-	300	200	250	280	400
д) химкомбинатов азотной промышл-ти	-	90	60	75	90	120

Примечание. Для окситенков величина J_i должна быть снижена в 1,3-1,5 раза.

Вторичные отстойники всех типов после аэротенков надлежит рассчитывать по гидравлической нагрузке q_{ssa} , $\text{м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$, с учетом концентрации активного ила в аэротенке a_i , $\text{г}/\text{л}$, его индекса J_i , $\text{см}^3/\text{г}$, и концентрации ила в осветленной воде a_t , $\text{мг}/\text{л}$, по формуле

$$q_{ssa} = \frac{4.5K_{ss}H_{set}^{0.8}}{(0.1J_i a_i)^{0.5-0.01a_t}} \quad (37)$$

где K_{ss} - коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников -0,4, вертикальных – 0,35, вертикальных с периферийным выпуском – 0,5, горизонтальных – 0,45.

Значения a_t и a_i следует принимать первоначально заданным величинам, а значение J_i принимается на основе последних корректировок.

Приняв длину l , м и рабочую глубину H_{at} , м коридора, определяется общая ширина аэротенка:

$$B_{at} = W_{at} / H_{at} l, \text{ м} \quad (38)$$

Приняв ширину одного коридора b , м определяется общее число коридоров:

$$n_k = B_{at} / b \quad (39)$$

Величину n_k следует округлить до целого и соответственно изменить и длину коридора l

$$B_{at} = n_k b, \text{ м}$$

$$l = W_{at} / H_{at} B_{at}, \text{ м}$$

4. Расчет количества сточных вод

4.1. Определение количества бытовых сточных вод населенного пункта и концентрации загрязняющих воду веществ.

Концентрацию загрязняющих воду веществ C_i , мг/л и количество сточных вод населенного пункта с численностью населения N , тыс. чел. надлежит определить исходя из удельного водоотведения на одного жителя.

Количество загрязняющих воду веществ на одного жителя для определения их концентрации в бытовых сточных водах необходимо принимать по таблице 20.

Таблица 20.

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут.
Взвешенные вещества	65
Аммонийные соли	8
Фосфаты P_2O_5	3,3
Хлориды	9
Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	2,5

Примечание: количество загрязняющих веществ от населения, проживающего в неканализованных районах, надлежит учитывать в размере 33% от указанных в таблице 20.

4.2. Определение количества производственной воды, расходуемой на мойку автомашин /4/.

$$Q_{\text{общ.}} = Q_{\text{груз.}} + Q_{\text{легк.}} + Q_{\text{авт.}} \quad (40)$$

где $Q_{\text{груз.}}$, $Q_{\text{легк.}}$, $Q_{\text{авт.}}$ – количество производственной воды, расходуемое на мойку соответственно грузовых, легковых автомашин и автобусов.

$$Q_{\text{груз.}} = \frac{q_{\text{груз.}} \cdot N_{\text{гр.}} \cdot n_{\text{м}} \cdot K}{1000}, \text{ м}^3 \quad (41)$$

$$Q_{\text{легк.}} = \frac{q_{\text{легк.}} \cdot N_{\text{легк.}} \cdot n_{\text{м}} \cdot K}{1000}, \text{ м}^3 \quad (42)$$

$$Q_{\text{авт.}} = \frac{q_{\text{авт.}} \cdot N_{\text{авт.}} \cdot n_{\text{м}} \cdot K}{1000}, \text{ м}^3 \quad (43)$$

где $q_{\text{груз.}}$, $q_{\text{легк.}}$, $q_{\text{авт.}}$ – норма расхода воды на мойку соответственно грузовых, легковых автомашин, автобусов принимается по табл. 21;

$N_{\text{гр.}}$, $N_{\text{легк.}}$, $N_{\text{авт.}}$ – количество соответственно грузовых, легковых автомашин, автобусов;

n_m – количество моек в году;

K – коэффициент, зависящий от фактического количества машин, проходящих мойку по отношению к среднесписочному количеству транспорта (согласно ВСН 33/10-2,2,10-88), $K=0,4$;

1000 – коэффициент перевода единиц измерения.

Таблица 21. - Расходы воды на мойку автотранспорта

Типы автомобилей	Расход воды на 1 автомобиль, л	
	При ручной (шланговой) мойке	При механизированной мойке
Легковые	250	750
Грузовые	450	1500
Автобусы	750	1200

4.3. Расчет нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды /4/.

В норму водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды входит количество воды, потребляемое на санитарные, бытовые и хозяйственные нужды.

В основе расчета нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды лежат нормы СНиП 2.04.01-85*.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды разделяется на две группы:

к первой группе относятся расходы воды $Q_{\text{х-п.ч.}}$, определяемые в зависимости от численности работающих (питье, душ, стирка спецодежды и тд);

ко второй группе – полив газонов и зеленых насаждений $Q_{\text{пол.}}$

$$Q_{\text{х-п.ч.}} = Q_{\text{х.п.}} + Q_{\text{душ.}} + Q_{\text{стир.}} + Q_{\text{стол.}}, \text{ М}^3 \quad (44)$$

где $Q_{\text{х.п.}}$ – объем воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих предприятия;

$Q_{\text{душ.}}$ – объем воды на душевые нужды;

$Q_{\text{стир}}$ - объем воды, необходимый для стирки спецодежды (вода питьевая);

$Q_{\text{стол}}$ - объем воды для столовых.

4.3.1. Расчет объема воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих:

$$Q_{x.n.} = \frac{qNK_nT}{1000}, \text{ м}^3 \quad (45)$$

где q – норма расхода, л/сутки, наибольшего водопотребления (для цехов с тепловыделением св. 84 кДж на 1 м³/ч – 45 л/сутки; остальные цехи – 25 л/сутки; для ИТР – 12 л/сутки);

T – количество рабочих дней в году;

N – численность работающих и ИТР; численность ИТР составляет 10% от численности работающих;

K_n – коэффициент суточной неравномерности равный 1,1 – 1,3;

1000 – коэффициент перевода единицы измерения.

4.3.2. Расчет объема воды на душевые нужды:

$$Q_{\text{душ.}} = \frac{nqrT}{1000}, \text{ м}^3 \quad (46)$$

где q – норма расхода воды на одну душевую сетку в смену – 500 л;

n – количество душевых сеток (на одну душевую сетку приходится 15 чел);

r – количество смен;

T – количество рабочих дней в году;

1000 - коэффициент перевода единицы измерения.

4.3.3. Расчет объема воды, необходимого для стирки спецодежды (вода питьевая):

$$Q_{\text{стир.}} = \frac{mqT}{1000}, \text{ м}^3 \quad (47)$$

где q – норма расхода воды в средние сутки на 1кг сухого белья (в прачечных: механизированных – 75 л/кг; в немеханизированных – 40 л/кг);

m – количество белья в кг;

T – количество рабочих дней в году.

1000 - коэффициент перевода единицы измерения.

4.3.4. Расчет объема воды для столовых (вода питьевая):

$$Q_{\text{стол.}} = \frac{UqtT}{1000}, \text{ м}^3 \quad (48)$$

где U – количество реализуемых блюд в час, определяется по формуле:

$$U = 2.2nm; \quad (49)$$

t – время работы столовой;

q – норма расхода воды в средние сутки на 1 условное блюдо реализуемое в обеденном зале – 12 л;

T – количество рабочих дней в году;

n – количество посадочных мест;

m – количество посадок (для столовых при промышленных предприятиях - 3);

1000 - коэффициент перевода единицы измерения.

Расчет объема воды на уборку помещений не определяется, т.к. в нормах основных потребителей включены все дополнительные расходы, в том числе и на уборку помещений.

4.3.5. Расчет расхода воды на полив территории (вода производственная):

$$W_{\text{пол.}} = 10mkF, \text{ м}^3/\text{год} \quad (50)$$

где m – расход воды на один полив дорожных покрытий, составляет (1,2-1,5 л/м²);

k – среднее количество полива в году (принимается с учетом местных климатических условий);

F – площадь покрытий, подвергающихся поливу, га.

4.3.6. Расход воды на поливку зеленых насаждений, газонов и цветников принимается равным 3-6 литров на 1 м².

Примечание: В целях рационального использования свежей воды рекомендуется использовать дождевые и талые воды на полив территории, зеленых насаждений, газонов и цветников после их очистки на очистных сооружениях (при согласовании с органами Госсанэпиднадзора).

5. Определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме

Необходимая степень очистки сточных вод определяется в соответствии с санитарными требованиями к условиям спуска сточных вод в водоемы.

Правилами охраны поверхностных вод устанавливаются следующие виды водопользования:

хозяйственно-питьевое – использование водных объектов для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

коммунально-бытовое - использование водных объектов для купания, спорта, отдыха. В черте населенного пункта все водные объекты относятся к коммунально-бытовым;

рыбохозяйственное – использование водных объектов для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов. Рыбохозяйственные объекты подразделяются на 3 категории:

высшая – места расположения нерестилищ, массового нагула, зимовальных ям особо ценных видов рыб и охранные зоны рыбоводных заводов;

первая – обитание и воспроизводство рыб с высокой чувствительностью к кислороду;

вторая – прочие рыбохозяйственные цели.

При спуске сточных вод в водоемы должно соблюдаться следующее условие

$$C_{cm} < \alpha Q(C_{ПДК} - C_{\Phi}) / q + C_{ПДК}, \quad (51)$$

где $C_{ст}$ – концентрация загрязнителя сточных вод, при которой последние могут быть спущены в водоем без нарушения санитарных требований, г/м³;

$C_{ф}$ – концентрация этой же примеси в воде водоема выше места выпуска сточных вод, г/м³;

$C_{ПДК}$ – предельно допустимое содержание загрязнителя в воде водоема, г/м³;

Q – расход воды в водоеме 95% обеспеченности маловодного месяца м³/с;

q – расчетный расход сточных вод, м³/с;

α – коэффициент смешения, который определяет часть расчетного расхода водоема Q , смешивающегося со сточными водами.

5.1. Определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме у расчетного створа

5.1.1. Исходные данные для расчета задает преподаватель, по которым устанавливается вид и категория водопользования, и которые позволяют установить створ и расстояние до него от сброса сточных вод.

Контрольный створ устанавливается:

- на водотоках коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого пользования – за 1 км выше по течению от ближайшего пункта пользования (водозабор, пляж и т.д.);
- на водотоках рыбохозяйственного пользования – не далее 500 м от сброса сточных вод. При наличии на участке длиной 500 м зимовальных ям, нерестилиц контрольный створ устанавливается непосредственно перед ними.

5.1.2. Коэффициент смешения a определяется по методам В.А.Фролова и И.Д.Родзиллера по формуле

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha^3 L}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha^3 L}}, \quad (52)$$

где e – основание натурального логарифма;

Q – расход воды в водоеме, м³/с;

L – расстояние до расчетного створа по фарватеру, м;

α - коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения и определяемый по формуле:

$$\alpha = \varphi \cdot \zeta \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (53)$$

где φ - коэффициент извилистости, равный отношению $L/L_{пр}$;

ζ - коэффициент, зависящий от места выпуска; $\zeta = 1$ – для берегового выпуска; $\zeta = 1,5$ – для выпуска в фарватер реки;

E – коэффициент турбулентности диффузии; для равнинных рек определяется по формуле М.В. Потапова

$$E = v_{cp} \cdot H_{cp} / 200, \quad (54)$$

где v_{cp} – средняя скорость реки на расчетном участке, м/с;

H_{cp} – средняя глубина на том же участке, м.

5.1.3. Для всех компонентов сточных вод (см. исходные данные) рассчитать концентрацию примесей в контрольном створе $C_{кс}$.

$$C_{кс} = \frac{q \cdot C_{ст} + a \cdot Q \cdot C_{ф}}{a \cdot Q + q}, \quad (55)$$

где q – расход сточных вод, м³/с;

Q – расход реки, м³/с;

$C_{ст}$ и $C_{ф}$ – соответственно концентрации примесей в сточных водах и в воде реки (фоновая), г/м³;

a – коэффициент смешения.

Если по какому-нибудь ингредиенту нет данных по фоновым концентрациям, $C_{ф} = 0$.

5.1.4. Кратность разбавления перед расчетным пунктом водопользования определяется по формуле:

$$n = \frac{aQ + q}{q}. \quad (56)$$

5.1.5. Дать санитарно-гигиеническую оценку загрязнения водного объекта. Составить таблицу (табл. 22).

Таблица 22. - Данные для санитарно-гигиенической оценки.

Вещество	Концентрация, г/м ³		ПДК (табл.8), г/м ³	Лимитирующий признак вредно- сти (ЛПВ) (табл. 8)	Класс опас- ности
	в контроль- ном створе, С _{кк}	фоновая, С _ф			
[...]					

5.1.6. Установить вещества, обладающие суммацией действия при рыбохозяйственном пользовании в суммацию, входят все вещества с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ). При коммунально-бытовом и хозяйственно-питьевом пользовании суммацию образуют вещества с одинаковым ЛПВ 1 и 2 классов опасности (см. табл. 23).

Для каждой суммации проверить выполнение условия

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad (57)$$

При выполнении этого условия загрязнение водного объекта не превышает допустимого.

Для веществ не вошедших в суммации, проверить выполнение условия:

$$\frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (58)$$

5.1.7. Сделать выводы по санитарно-гигиенической оценке состояния водного объекта.

5.2. Определение необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам

Согласно санитарным правилам, предельно допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах, спускаемых в водоем, определяется по формуле

$$m = p(aQ/q + 1) + C_\phi, \quad (59)$$

где p – допустимое по санитарным правилам увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод; $p = 0,25$ г/м³;

C_{ϕ} – содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, г/м³.

Необходимая степень очистки сточных вод по взвешенным веществам определяется

$$\mathcal{E} = \frac{b_{\text{общ}} - m}{b_{\text{общ}}} \cdot 100\%, \quad (60)$$

где $b_{\text{общ}}$ – концентрация взвешенных веществ в сточных водах до очистки, г/м³.
 $b_{\text{общ}} = 298 \text{ г/м}^3$.

Таблица 23. - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (г/м³) в водных объектах (СанПиН № 4630-88 и обобщенный перечень ПДК и ОБУВ для рыбохозяйственных водоемов)

Наименование вещества	Класс опасности	Водоемы к/б и х/п назначения		Водоемы р/х Назначения	
		ЛПВ	ПДК, г/м ³	ЛПВ	ПДК, г/м ³
Анилин	2	Сан.-токс.	0,1	Токсикол.	0,0001
Аммиак	3	Сан.-токс	2	Токсикол.	0,05
Ацетальдегид	4	Орг.запах	0,2	Органолепт.	0,25
Ацетон	3	Общесан.	2,2	Токсикол.	0,05
Бензин	3	Орг.запах	0,1	Рыб.хоз.	0,05
Бензол	2	Сан.-токс.	0,5	Токсикол.	0,5
Бутанол	2	Сан.-токс.	0,1	Токсикол.	0,003
Ванадий	3	Сан.-токс.	0,1	Токсикол.	0,001
Ксилол	3	Орг.запах	0,005	Органолепт.	0,05
Диметилсульфид	4	Орг.запах	0,01	Токсикол.	0,00001
железо	3	Орг.цвет	0,3	Токсикол.	0,005
Карбамидная смола	4	Орг.прив.	1,5*	Токсикол.	5
Кобальт	2	Сан.-токс.	0,1	Токсикол.	0,01
Керосин технический	4	Орг.запах	0,01	Рыб.хоз.	0,05
Кислота уксусная	4	Общесан.	1	Токсикол.	0,01
Медь	3	Органолепт.	1	Токсикол.	0,001
Метанол	2	Сан.-токс.	3	Сан.-токс.	0,1
Метилмеркаптан	4	Орг.запах	0,0002	-	-
Нитраты	3	Сан.-токс.	45	Сан.-токс.	40
Нитриты	2	Сан.-токс.	3,3	Токсикол.	0,08
Нефть многосернистая	4	Органолепт. Пленка	0,1	-	-
Ртуть	1	Сан.-токс.	0,0005	Токсикол.	0,00001
Свинец	2	Сан.-токс.	0,03	Токсикол.	0,1
Селен	2	Сан.-токс.	0,01	Токсикол.	0,0016 к фону
Стирол	3	Орг.запах	0,01	Органолепт.	0,1
Фенол	4	Орг.запах	0,001	Рыб.хоз.	0,001
Формальдегид	2	Сан.-токс.	0,05	Токсикол.	0,1
Фурфурол	4	Органолепт.	0,1	-	-
Хром (III)	3	Сан.-токс.	0,5	-	-

Наименование вещества	Класс опасности	Водоёмы к/б и х/п назначения		Водоёмы р/х Назначения	
		ЛПВ	ПДК, г/м ³	ЛПВ	ПДК, г/м ³
Цианиды	2	Сан.-токс.	0,1	Токсикол.	0,05
Цинк	3	Общесан.	1	Токсикол.	0,01
Марганец	3	Орг. цвет	0,1	Токсикол.	0,01
Нефть прочая	4	Орг. плен.	0,3	Рыб.хоз.	0,005
Бенз(а)пирен	1	Сан.-токс.	5*10 ⁻⁶	-	-
Сульфаты	4	Орг.привк.	500	Сан.токс.	100
Таллий	1	Сан.-токс.	0,0001	-	-
Хлориды	4	Орг.прив.	350	Токсикол.	11,9 г/л
Хром (IV)	3	Сан.-токс..	0,005	Сан.-токс..	0,001
Никель	3	Сан.-токс.	0,1	Токсикол.	0,01

* -Указаны значения ОДУ

Литература:

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1996 – 72 с.
2. Проектирование сооружений для очистки сточных вод/ Всесоюз. комплекс н.-и. и конструктор.-технолог. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с. (справ. пособие к СНиП)
3. Охрана окружающей среды: Учеб. для техн. спец. вузов / С.В.Белов и др. Под ред. С.В.Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.
4. РД 153-39.4-090-01. Методика по разработке удельных нормативов водопотребления и водоотведения для производственных объектов ОАО «АК Транснефть». Москва, 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Расчет категории опасности предприятия.	4
2. Сооружения для очистки атмосферных выбросов. Циклоны.	6
3. Сооружения для очистки сточных вод	11
3.1. Песколовки	11
3.2. Отстойники	12
3.3. Гидроциклоны	16
3.4. Аэротенки	19
4. Расчет количества сточных вод	25
4.1. Определение количества бытовых сточных вод населенного пункта и концентрации загрязняющих воду веществ.	25
4.2. Определение количества производственной воды, расходуемой на мойку автомашин.	25
4.3. Расчет нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды	26
5. Определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме	29
5.1. Определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме у расчетного створа	30
5.2. Определение необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам	32

Елена Юрьевна Гурова,
доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» АмГУ, канд. техн. наук

Система защиты среды обитания. Учебное пособие
Усл. печ. л. 2,09, уч.-изд. л. 2,25.
