

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 | КОП >10 ⁶ |
| 2 | 10 ⁶ >КОП >10 ⁴ |
| 3 | 10 ⁴ >КОП >10 ³ |
| 4 | 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 улочные 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 |

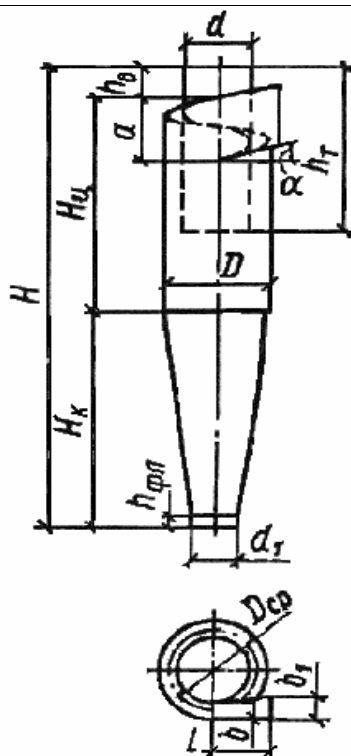


Рис. 1. Схема цилиндрического циклона НИИОГаза.

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.

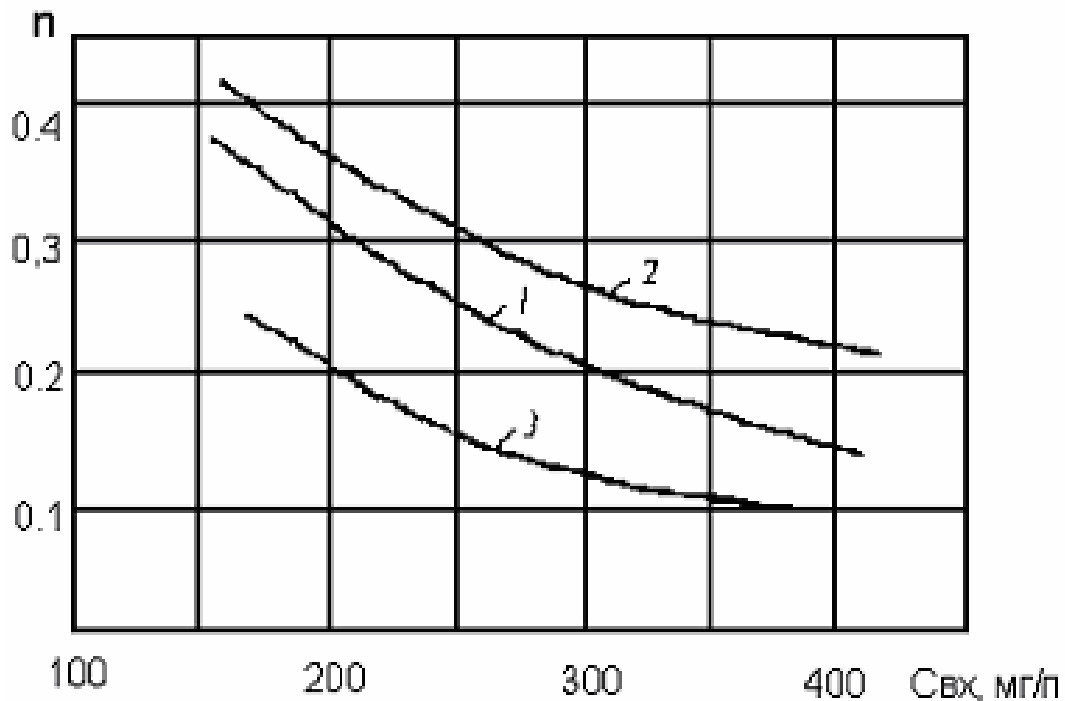


Рис. 2. Зависимость показателя степени n от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания
 1 - Э = 50%; 2 - Э = 60%; 3 - Э = 70%

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

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

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.

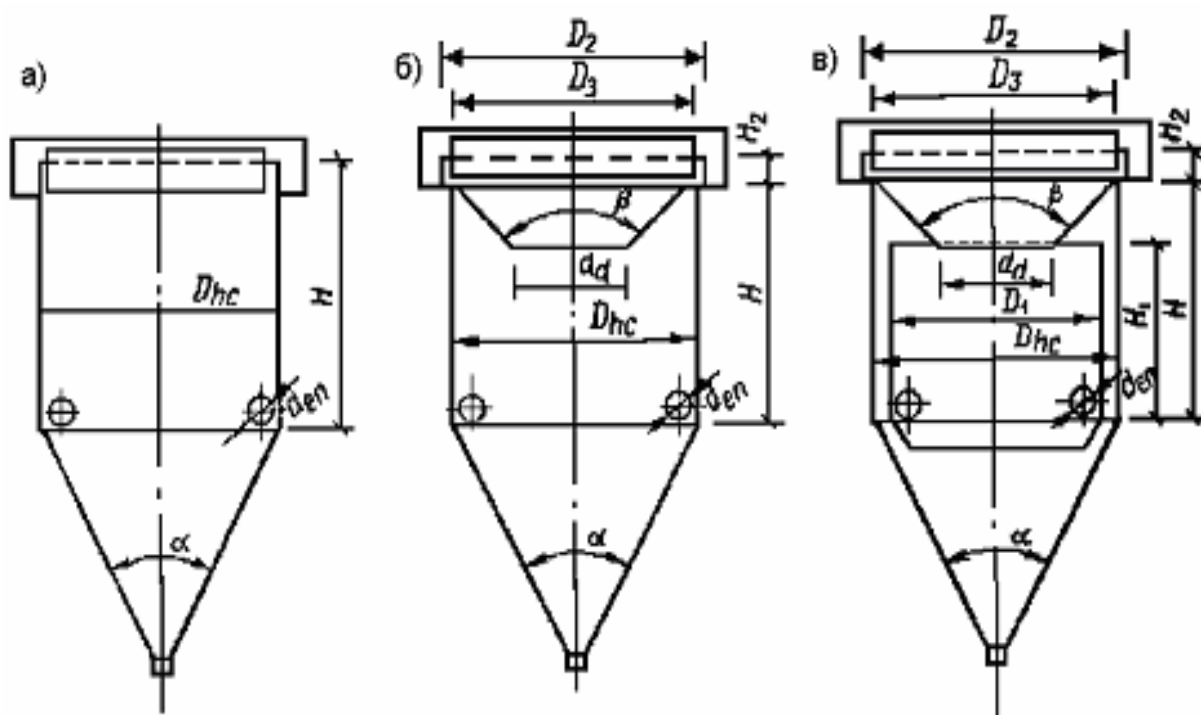


Рис 3 Схемы открытых гидроциклонов
 а - без внутренних вставок; б - с конической диафрагмой; в - с конической диафрагмой и внутренним цилиндром

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

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

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 5 г/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

$$\rho = \rho_{max} \frac{L_{ex} C_{O_2}}{L_{ex} C_{O_2} + K_1 C_{O_2} + K_0 L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi a_i}, \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}} / (\text{г} \cdot \text{ч}) \quad (29)$$

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

C_{O_2} – концентрация растворенного кислорода, мг/л;

K_1 – константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг·БПК_{полн}/л, принимается по табл.18;

K_0 – 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_1 , мг·БПК _{полн} /л | K_0 , 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.зопах | 0,01 | Рыб.хоз. | 0,05 |
| Кислота уксусная | 4 | Общесан. | 1 | Токсикол. | 0,01 |
| Медь | 3 | Органол. | 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 | Органол. 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 | Органол. | 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.
