

**ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Л.А. Зверева, Е.А. Мельникова, О.Н. Дёмина**

# **ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД**

Методическое пособие  
для выполнения курсовой работы  
студентам направления «Природообустройство и водопользование»  
профили: "Инженерные системы с/х водоснабжения, обводнения и  
водоотведения",  
"Экспертиза и управление земельными ресурсами",  
"Мелиорация, рекультивация и охрана земель"  
и направления «Землеустройство и кадастры»  
профиль "Геодезическое обеспечение землеустройства и кадастров"

**2015**

УДК 628.3:574(07)

ББК 20.18

З 43

**Зверева Л.А.** Водоотведение и очистка сточных вод: методическое пособие для выполнения курсовой работы / Л.А. Зверева, Е.А. Мельникова, О.Н. Дёмина - Изд. Брянский ГАУ, 2015. – 89 с.

Рецензенты:

Пархоменко В.И. – канд. техн. наук, Брянская государственная инженерно-технологическая академия;

Гурьянов Г.В. - профессор, докт. техн. наук, Брянская государственная сельскохозяйственная академия

*Рекомендовано методической комиссией Инженерно-технологического факультета Брянской государственной сельскохозяйственной академии протокол № 9 от 22.12.2014 г.*

© Брянский ГАУ, 2015

© Зверева Л.А., 2015

© Мельникова Е.А., 2015

## ВВЕДЕНИЕ

В современную эпоху на интенсивность использования природных ресурсов и тесно связанное с нею состояние окружающей среды объективно влияют две группы факторов: научно-техническая революция (НТР) и её проявление в производственной деятельности человеческого общества; демографические факторы (рост численности населения, урбанизация).

Эти факторы определяют уровень развития производительных сил, от которого зависят степень воздействия человеческого общества на природную среду и интенсивность загрязнения сферы обитания человека промышленными сельскохозяйственными и коммунально-бытовыми отходами.

В условиях, когда масштабы антропогенного воздействия на окружающую среду достигли таких размеров, что под угрозу поставлена жизнь на планете, защита окружающей среды и рациональное природопользование становятся важнейшими национальными и межгосударственными задачами, успешное решение которых неразрывно связано с обеспечением высокого уровня профессиональной подготовки специалистов в данной области.

В настоящее время значение пресной воды как природного сырья постоянно возрастает. При использовании в быту и промышленности вода загрязняется веществами минерального и органического происхождения. Такую воду принято называть сточной водой.

Водохозяйственные системы городов и промышленных предприятий оснащены современными комплексами самотечных и напорных трубопроводов и других специальных сооружений, реализующих отведение, очистку, обезвреживание и использование воды и образующихся осадков. Строительство комплексных систем водоотведения и очистки сточных вод необходимо для обеспечения нормальных жилищно-бытовых условий населения и поддержания хорошего состояния окружающей природной среды.

## Оформление курсовой работы

Курсовая работа должна состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка выполняется на 25...30 страницах рукописного текста или на компьютере.

На одной стороне сплошного текста размещается 28-30 строк через полтора интервала. Текст размещают на одной стороне листа при вертикальном его расположении, выдерживая следующие поля: левое - 30 мм, правое - 10мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм.

Заголовки разделов пишут симметрично тексту. Заголовки подразделов (параграфов) пишут с абзаца. Абзацный отступ должен быть одинаковым и равен пяти знакам (15...17 мм). Заголовки отделяются от текста сверху и снизу пробелом в три интервала (10 мм). Между заголовками раздела и подраздела оставляют расстояние, равное двум интервалам. Каждый раздел следует начинать с нового листа, подразделы продолжают по тексту.

Все страницы курсовой работы нумеруются по порядку от титульного листа до последней страницы без пропусков и повторений. Первой страницей считается титульный лист и на нём номер страницы не проставляется. Номер страницы указывается в правом верхнем углу листа арабскими цифрами без скобок, тире, литерных добавок.

Текст выполняется пастой одного цвета (черными, темно фиолетовыми, синими) или на компьютере. Поправки в рукописи допускаются не более трех на одной странице.

Образцы титульного листа, задания и содержания представлены в приложениях А, Б и В.

Графическая часть работы выполняется на листе формата А-1 карандашом или на компьютере. На листе выполняются план, продольный и поперечный разрезы одного-двух сооружений, обоснованные соответствующими расчетами, в масштабе 1:20, 1:50, 1:100 в зависимости от размеров сооружений.

## Методическое пособие к выполнению курсовой работы

### 1 Определение концентрации загрязнений в смешанных сточных водах

Концентрация загрязнений в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, определяется по формуле

$$C = \frac{Q_{\text{быт}} \times C_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}} \times C_{\text{пр}}}{Q_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}}}, \text{ мг/л} \quad (1.1)$$

где  $Q_{\text{быт}}$  и  $C_{\text{быт}}$  – расход и концентрация загрязнений хозяйственно-бытовых стоков;

$Q_{\text{пр}}$  и  $C_{\text{пр}}$  – расход и концентрация производственных сточных вод.

Концентрация взвешенных веществ в смешанных сточных водах

$$C_{\text{ВВ}} = \frac{300 \cdot 40 + 180 \cdot 10 + 170 \cdot 0,2 + 200 \cdot 5}{40 + 10 + 0,2 + 5} = 268,73 \text{ мг/л}.$$

### 2 Определение необходимой степени очистки сточных вод

Расчет необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоем, следует провести по следующим показателям: по количеству взвешенных веществ; по потреблению растворенного кислорода, допустимой величине биологически потребляемого кислорода (БПК) смеси речных и сточных вод.

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ, в сбрасываемых сточных водах ( $m$ ) определяется по

формуле

$$m = p \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q_p}{q} + 1 \right) + b, \text{ мг/л.} \quad (2.1)$$

$$m = 0,25 \cdot \left( \frac{0,75 \cdot 60}{0,63} + 1 \right) + 10 = 28,1 \text{ мг/л.}$$

где  $p$  - допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, (0,25 мг/л - для водоемов первого вида и 0,75 мг/л - для водоемов второго вида), мг/л;

$b$  - содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска в него сточных вод, мг/л;

$\gamma$  - коэффициент смешения зависящий от гидрографической характеристики водоёма (в курсовой работе принимаем  $\gamma = 0,76$ );

$Q_p$  - расход воды в реке,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q$  - расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$$q = \frac{\sum Q_{np} + Q_{быт}}{86400}$$

$$q = \frac{55,2}{86400} \cdot 10^3 = 0,63 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Степень необходимой очистки по взвешенным веществам определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{взв} = 100 \cdot (C_{вв} - m) / C_{вв}, \quad (2.2)$$

где  $C_{вв}$  - количество взвешенных веществ в сточной воде до очистки, мг/л.

$$\mathcal{E}_{взв} = \frac{268,73 - 28,1}{268,73} \cdot 100\% = 89,5\%.$$

В соответствии с правилами спуска сточных вод в воде водоема после смешения со сточной водой содержание растворенного кислорода должно быть не ниже 4 мг/л, а для рыбохозяйственных водоемов первого вида - 6 мг/л. Исходя из условия минимального содержания растворенного кислорода допустимая величина БПК сточных вод может быть определена из следующего выражения

$$L_{сГ} = \frac{\gamma Q_p}{0,4q} (O_p - 0,4L_p - O) - \frac{O}{0,4}, \quad (2.3)$$

$$L_{сГ} = \frac{0,75 \cdot 60}{0,4 \cdot 0,63} \cdot (7 - 0,4 \cdot 2 - 6) - \frac{6}{0,4} = 20,71 \text{ мг/л}.$$

где  $L_{сГ}$  - допустимая величина БПК<sub>полн</sub> сточных вод при спуске в водоем, мг/л;

$Q_p$  - расход воды в реке, м<sup>3</sup>/с;

$O_p$  - содержание растворенного кислорода в речной воде до места спуска сточных вод, мг/л;

$q$  - расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$L_p$  - БПК<sub>полн</sub> речной воды, мг/л;

$\gamma$  - коэффициент смешения;

$O$  - минимальное содержание кислорода в воде;

0,4 - коэффициент для пересчета БПК<sub>полн</sub> в БПК<sub>2</sub>.

Необходимую степень очистки по БПК определяют из выражения

$$\Xi = \frac{L_a - L_{сГ}}{L_a} 100\%, \quad (2.4)$$

где  $L_a$  - БПК<sub>полн</sub> сточных вод, поступающих на очистку, мг/л.

$$\Xi = \frac{450 - 20,7}{450} 100\% = 95,4\%$$

### 3 Обоснование и выбор метода очистки

Для определения метода очистки можно пользоваться данными таблицы 3.1.

Таблица 3.1 - Методы очистки сточных вод

Метод очистки	Требуемая степень очистки по взвешенным веществам, $\Delta_{взв}$ , %	Требуемая степень очистки по БПК $\Delta$ , %
Механический	менее 15	
Механический и частично биологический	15-25	15-25
Механический и полный биологический	25-80	25-80
Механический, полный биологический, и доочистка	более 80	более 80

*Сооружения механической очистки* предназначены для задержания нерастворимых примесей. В зависимости от требований к качеству очищенной сточной воды применяют решетки, песколовки, отстойники, фильтры различных конструкций. Механическая очистка, как правило, является предварительным способом перед биологической очисткой или физико-химической очисткой.

*Физико-химические методы* широко применяются при очистке производственных сточных вод как самостоятельно, так и в сочетании с механическим, химическим и биологическим методами. К физико-химическим методам относятся коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, электродиализ, озонирование, хлорирование и другие.

*Биологическая очистка* сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные органические загрязнения в качестве источника питания в процессах своей жизнедеятельности. Биологическая очистка сточных вод может осуществляться как в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды), так и в специальных сооружениях (аэротенки, биофильтры).

*Доочистка* сточных вод требуется, если в сточной воде после полной биологической очистки необходимо снизить концентрацию загрязнений по взвешенным веществам, БПК, ХПК и др. Для доочистки используется фильтрование через фильтры различных конструкций, коагуляционные, сорбционные установки и проч.

*Дезинфекция* сточных вод является заключительным этапом обработки перед сбросом в водоем. Обеззараживание сточных вод возможно путем введения в воду газообразного хлора, гипохлорита натрия, озона, ультрафиолетом.

*Обезвоживание* осадков сточных вод заключается в необходимости обезвоживания ила образующегося на станциях биологической очистки, а также песка выгружаемого из песколовки с большим количеством воды. Процесс обезвоживания происходит на иловых и песковых площадках. В зависимости от использования природных процессов площадки можно разделить на две основные категории: естественного и искусственного обезвоживания и сушки. К первой категории относятся площадки на естественном основании и площадки уплотнители. Ко второй относятся площадки с искусственным дренажом, подогревом, созданием вакуума в дренажной системе, искусственным водопроницаемым покрытием.

#### **4 Выбор состава и технологической схемы очистных сооружений**

Состав очистных сооружений следует выбирать в зависимости от характеристики и количества сточных вод, поступающих на очистку, требуемой степени их очистки, метода обработки осадка, топографических, климатических, грунтовых условиях района строительства, пользуясь рекомендациями таблицы 4.1.

Для выбора наиболее рационального и целесообразного состава очистных сооружений составляют несколько вариантов, производят их технико-экономическое сравнение, на основе которого принимают окончательное решение. При выполнении курсовой работы разрабатывается один из возможных вариантов комплекса очистных сооружений.

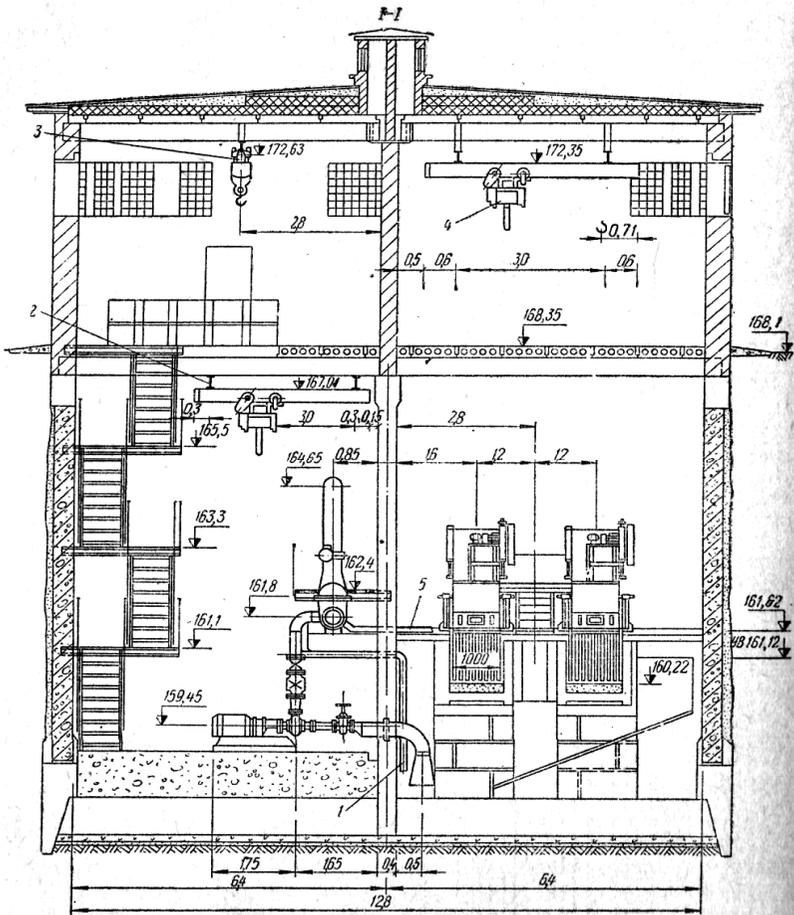
При определении состава сооружений нужно принимать во внимание условия подачи сточных вод на очистную станцию. При перекачке стоков следует предусматривать канализационную насосную станцию. Как правило, её устраивают в самой нижней части канализуемой территории, предпочтительно в комплексе с очистными сооружениями для совместного их обслуживания.

Наиболее широкое распространение имеют насосные станции шахтного типа с наземным павильоном. Типовой проект одной из них представлен на рис. 4.1.

Машинное отделение КНС может быть расположено в одном здании с приёмным резервуаром, но отделено от него водонепроницаемой стеной и иметь отдельный вход.

Вместимость приёмного резервуара рассчитывается по пятиминутной максимальной подаче одного насоса

$$W_{п.р.} = 5 \cdot q_{\max n} / 50, \quad (4.1)$$



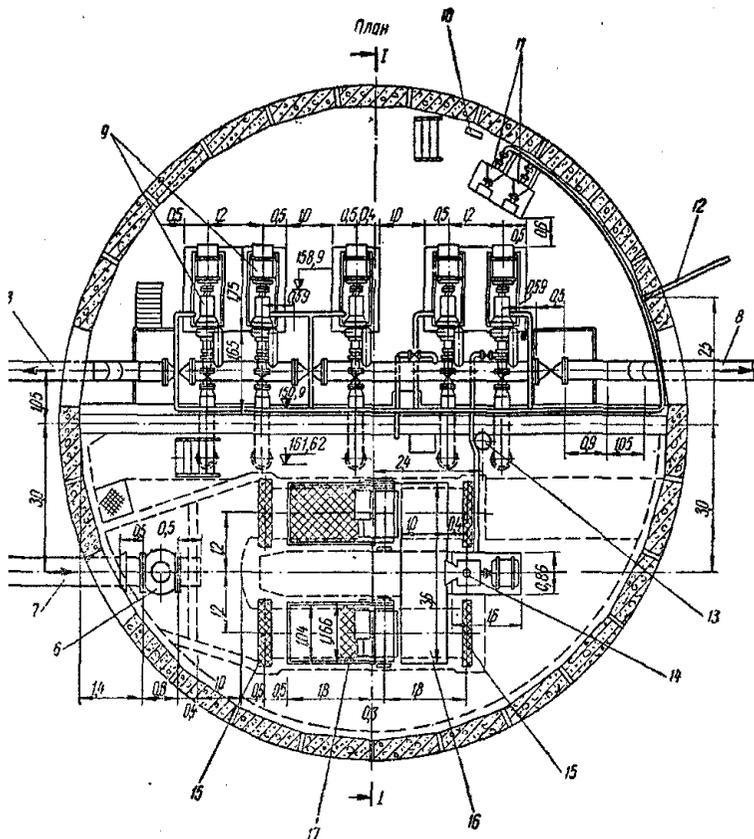


Рис. 4.1 - Канализационная насосная станция пропускной способностью 10000 м<sup>3</sup>/сутки

1 - трубопровод для опорожнения и взмучивания осадка  $d_y = 100$  мм; 2—кран подвесной; 3 - таль электрическая; 4 — кран подвесной однобалочный облегченного типа; 5 — трубопровод для подачи воды в дробилку  $d_y = 80$  мм; 6 — задвижка; 7— подводящий коллектор  $d_y = 600$  мм; 8 - напорные трубопроводы  $d=00$  мм; 9—насосы Ф144/10,5 с электродвигателем АО2-81-4 (N=8,4 кВт);

10 — дифманометр; 11 — повысительные насосы 2К-6 с электродвигателем АОЛ2-32-2 (N=4 кВт); 12 — водопровод  $d=50$  мм; 13— уровнемер поплавковый; 14— дробилка для канализационных отбросов ДК-0,5 с электродвигателем АО2-7I-4 (N=22 кВт) 15- затворы плоские поверхностные; 16 — площадка для обслуживания дробилки; 17— решетка с механическими граблями МГ- 9Т.

Согласно ГОСТ 113-79-80 в КНС обычно используются динамические насосы для сточной жидкости (ПРИЛОЖЕНИЕ Е) с подачей  $Q_{н.с.} = 14...900 \text{ м}^3/\text{час}$  и напором  $H = 8...95 \text{ м.}$  следующих типов: центробежные насосы - СД, свободновихревые – СДС. По расположению вала: горизонтальные, вертикальные (В), полупогружные (П). По уплотнению вала: сальниковое, торцовое; без уплотнения. По ступеням перекачки: одноступенчатые, двухступенчатые.

В настоящее время широко применяются насосы известных зарубежных фирм, таких как: ИТТ FLGT (Швеция) и KSB (Германия).

Количество насосов определяется по формуле

$$n = \Sigma Q_{сут}/q_n, \quad (4.2)$$

где  $\Sigma Q_{сут}$  – суточная подача стоков на КНС,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ ;  
 $q_n$  - расход одного насоса,  $\text{м}^3/\text{час}$

Марку насоса принимаем по каталогу.

Таблица 4.1 - Технологические схемы очистных сооружений

Метод очистки	Наименование сооружений	Производительность очистной станции Q, тыс. м <sup>3</sup> /сут.						
		до 0,05	до 0,3	до 5	до 10	до 30	до 50	Более
М	Решетки		+	+	+	+	+	+
Е	Песколовки:							
Х	горизонтальные				+	+	+	+
А	с круговым движением воды			+	+	+	+	
Н	тангенциальные						+	+
И	азрируемые					+	+	+
Ч	Отстойники:							
Е	двухъярусные	+	+	+	+			
С	вертикальные				+			
К	горизонтальные					+	+	+
И	радиальные					+	+	+
	Метантенки					+	+	+
	Иловые площадки	+	+	+	+	+	+	+
	Вакуум-фильтры						+	+
	Центрифуги						+	+
	Хлораторные установки	+	+	+	+	+	+	+
Б	Поля подз. фильтрации	+	+					
И	Поля орошения		+	+	+			
О	Башенные био-фильтры				+	+	+	
Л	Биофильтры капельные		+	+	+			
О	Биологические пруды	+	+	+				
Г	Аэротенки		+	+	+	+	+	+
И	Аэрофильтры				+	+	+	+
Ч	Илоуплотнители				+	+	+	+
Примечание: + рекомендуется применять								

Для очистки сточных вод населенных пунктов, представляющих собой смесь бытовых сточных вод и производственных, прошедших локальную очистку, применяют в основном механическую и биологическую очистку.

В составе очистных сооружений обязательно предусматриваются решетки или решетки-дробилки. На всех очистных станциях необходимо устраивать песколовки, задерживающие минеральные примеси. Около песколовки следует предусмотреть песковые площадки для подсушивания песка или песковые бункеры для отмывки песка от органических примесей и обезвоживания его.

С целью осветления сточных вод в составе очистной станции должны быть предусмотрены отстойники. Тип отстойника выбирается в зависимости от расхода сточных вод, местных условий и требуемого эффекта снижения взвеси. Первичные отстойники обеспечивают снижение содержания взвеси в воде примерно на 60%. Для получения более высокого эффекта осветления воды в таких отстойниках приходится увеличивать продолжительность отстаивания воды в них, а следовательно, и число отстойников, что не всегда целесообразно. Поэтому для повышения эффекта осветления сточных вод иногда прибегают к устройству преаэраторов и биокоагуляторов.

Преаэраторы предусматривают перед первичными отстойниками на станциях с аэротенками, что позволяет дополнительно повысить эффект задержания взвеси в первичных отстойниках на 20-25%, а также снизить БПК<sub>полн</sub> на 15%. Биокоагуляторы обеспечивают увеличение эффективности задержания загрязнений (по БПК<sub>полн</sub> и взвешенным веществам) на 20-25% по сравнению с первичными отстойниками.

Для полной биологической очистки сточных вод в естественных условиях используются поля фильтрации и

орошения, а в искусственных условиях применяются биофильтры, аэротенки и циркуляционные окислительные каналы.

Аэротенки могут применяться на очистных станциях любой производительности. При  $BPK_{полн}$  до 150 мг/л они устраиваются без регенерации циркулирующего активного ила, а при большей величине  $BPK_{полн}$  - с регенерацией циркулирующего ила. Аэротенки могут устраиваться с пневматической, механической и смешанной аэрацией. По конструкции они могут быть одно-, двух-, трех-, четырехкоридорными. Однокоридорные аэротенки применяются на станциях небольшой производительности при работе их без регенерации ила; двухкоридорные аэротенки применяют на станциях с регенерацией ила при объеме регенераторов около 50% от общего объема сооружений; трехкоридорные аэротенки применяются для работы без регенерации ила на станциях большой производительности; четырехкоридорные аэротенки могут применяться как на станциях без регенерации ила, так и с 25%, 50%, 75% регенерацией ила.

После сооружений биологической очистки в искусственных условиях в составе станции должны быть предусмотрены вторичные отстойники и сооружения для дезинфекции сточных вод (хлораторная или озонаторная, смеситель и контактные резервуары).

На станциях с биофильтрами без рециркуляции воды вторичные отстойники могут использоваться и как контактные резервуары.

При повышенных требованиях к степени очистки сточных вод в составе очистных сооружений следует предусматривать сооружения для доочистки биологически очищенных стоков. Для этого применяют аэрируемые пруды, многослойные песчаные фильтры и другие сооружения.

Обработка осадков сточных вод, образующихся в процессе их очистки, заключается в уменьшении их

влажности и объема, стабилизации, обеззараживании и подготовке к утилизации. Сооружения по обработке осадка составляют обособленную группу и ставят своей задачей обработку осадка до таких кондиций, которые облегчали бы его дальнейшую утилизацию. Осадок бытовых сточных вод в настоящее время используется главным образом в качестве удобрения. На очистных сооружениях осадок минерализуется, обезвоживается и вывозится автотранспортом.

Для сбраживания осадка на небольших очистных станциях используются двухъярусные отстойники или осветлители-перегиватели, а на больших станциях - метантенки. При подаче избыточного активного ила из вторичных отстойников после аэротенков для сбраживания в метантенки в составе очистных сооружений следует предусмотреть илоуплотнители или сгустители осадка.

Для уменьшения объема метантенков и снижения стоимости очистной станции избыточный активный ил из вторичных отстойников после аэротенков целесообразно подвергать аэробной минерализации в стабилизаторах осадка. Аэробной стабилизации можно подвергать также смесь избыточного ила из вторичных отстойников, в этом случае полностью отпадает необходимость в устройстве метантенков.

Для обезвоживания осадка в состав очистных сооружений включают иловые площадки или сооружения механического обезвоживания осадка и его термической сушки. В зависимости от местных условий могут применяться иловые площадки на естественном основании с дренажом и без дренажа, на искусственном асфальтобетоне основании с дренажом, площадки-уплотнители или каскадные площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды.

Для механического обезвоживания осадка можно использовать вакуум-фильтры, центрифуги или фильтропрессы.

В соответствии с составом очистных сооружений необходимо выбрать схему очистных сооружений, представляющей собой технологически связанный комплекс сооружений по механической, биологической очистке сточных вод, их обеззараживанию и обработке осадка.

Наиболее распространенная схема для очистки бытовых сточных вод приведена на рис. 4.2.

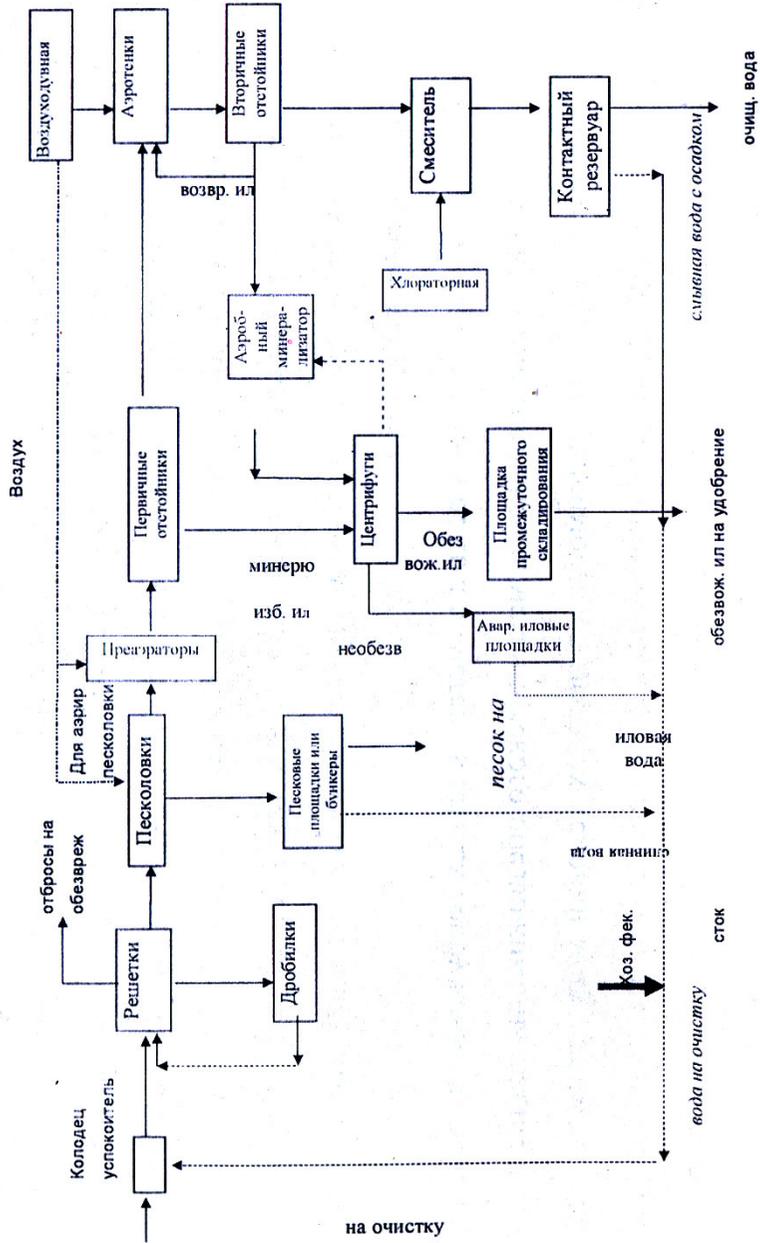


Рисунок 4.2 - Схема очистки сточных вод с аэротенками и аэробными минерализаторами и обезвоживанием осадка на центрифугах



## 5 Расчет и описание сооружений очистной станции

Расчет очистных сооружений необходимо выполнять в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 и разработками, приводимыми в литературе [ 1, 3, 4].

### 5.1 РЕШЕТКИ

Решетки устанавливаются на всех очистных станциях для улавливания из сточных вод крупных нерастворимых загрязнений. На действующих очистных станциях широкое применение имели неподвижные наклонные решетки типа МГ (Рис. 5.1). Они представляют собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд прямоугольных, реже круглых стержней с прозорами не более 16 мм.

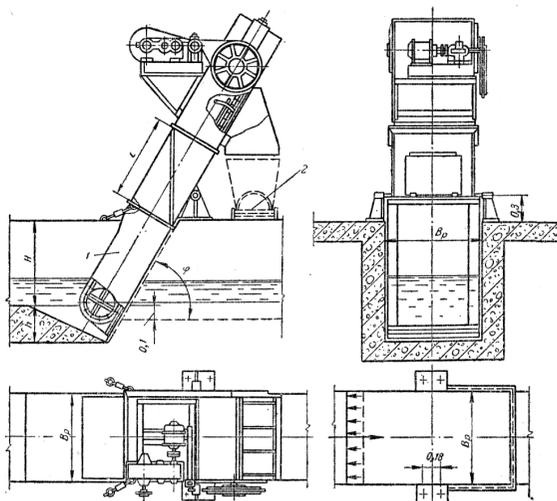


Рис. 5.1 Схема установка решетки с механизированной очисткой 1 — механизированная решетка с граблями; 2 — транспортер

Скорость движения сточных вод в прозорах решетки следует принимать 0,8-1,0 м/с во избежание продавливания отбросов.

При количестве отбросов менее  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$  допускается принимать решетки с ручной очисткой. Площадь прозоров рабочей части решетки должна быть не менее удвоенной площади живого сечения подводящего канала при ручной очистке и не менее 1.2 живого сечения при механической очистке. Число рабочих решеток следует принимать минимальным, учитывая условия их работы и производительность станции. Для решеток с механизированными граблями и с прозорами шириной 16-20 мм число резервных решеток принимается при числе рабочих: до трех - одна резервная, свыше трех - две резервные; для решеток-дробилок: на трубопроводах - до трех рабочих - одна резервная, на каналах - до трех рабочих - одна резервная, свыше трех рабочих - две резервные.

Для удобства очистки решетки устанавливают под углом к горизонту - от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ , чаще под углом  $60^\circ$ .

На рис. 5.2 приведена схема зарубежной решетки с тонкими стержнями из высококачественной нержавеющей стали.

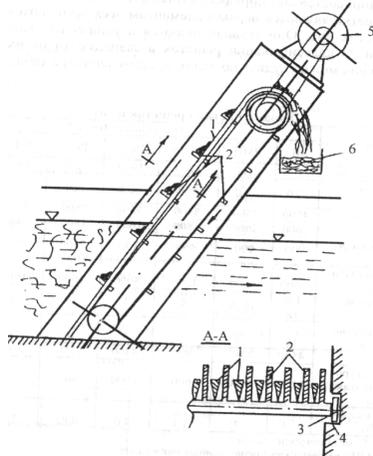


Рис. 5.2 - Схема решетки фирмы «Джоунс энд Атвуд» (Великобритания):

1 - профиль стержней; 2 - грабли; 3 - опора грабель;  
4 - направляющая опоры грабель; 5 - двигатель; 6 - транспортер

## Порядок расчета горизонтальных решеток

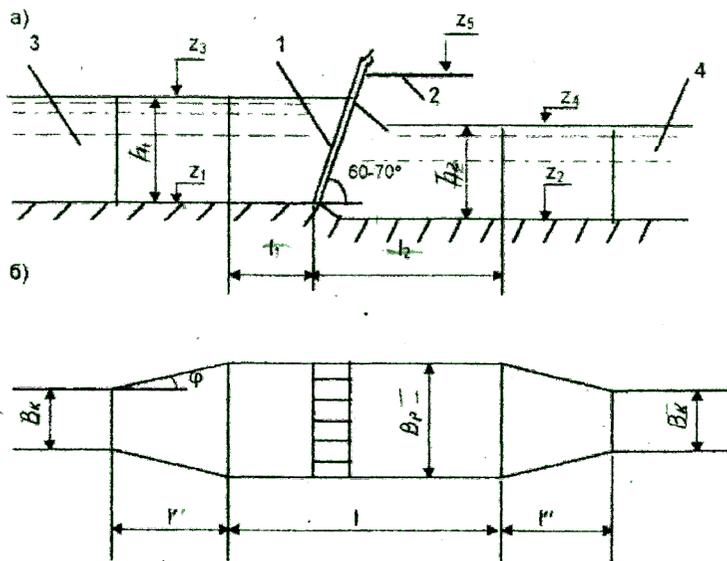


Рисунок 5.3 - Схема установки решетки: а - разрез; б – план; 1 - решетка; 2 - настил; 3 - подводящий канал; 4 - отводящий канал

Определяется необходимая площадь живого сечения всех рабочих решеток ( $F$ )

$$F = \frac{q_{\max}}{v_p}, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

где  $q_{\max}$  - максимальный расход сточной жидкости,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$$q_{\max} = q \cdot K_{\max}$$

$q$  - расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$K_{\max}$  – максимальный коэффициент неравномерности водоотведения,  $K_{\max} = 1,23$ ;

$v_p$  - скорость движения жидкости в прозорах между стержнями,  $\text{м}/\text{с}$ .

При одной или двух рабочих решетках рекомендуется принимать  $v_p=0,6$  м/с; при трех рабочих решетках 0,8 м/с; при четырех – 0,9 м/с.

Задавшись числом рабочих решеток  $n$ , определяют необходимую площадь живого сечения  $f$ , одной решетки

$$f = \frac{F}{n}, \text{ м}^2 \quad (5.2)$$

Глубина воды в камере решетки  $h_1$  принимается с учетом того, что пол здания решеток располагается выше расчетного уровня воды в канале не менее, чем на 0,5 м.

Количество прозоров  $n$  решетки определяется по формуле

$$n = \frac{q}{b \cdot h_1 \cdot v_p} k_3, \quad (5.3)$$

где  $k_3$  - коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями и задержанными загрязнениями, равный 1,05;

$b$  - ширина прозоров между стержнями, м.

Толщина стержней решетки принимается  $S=0,008$  м.

Ширина решетки  $B_p$ , м, находится по формуле

$$B_p = S(n - 1) + b \cdot n. \quad (5.4)$$

По определенной площади, исходной глубине наполнения канала можно выбрать необходимый типоразмер решетки [4].

$$q_{\max} = q \cdot K_{\max} = 0,63 \cdot 1,23 = 0,77 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$F = \frac{0,77}{0,6} = 1,28 \text{ м}^2;$$

$$f = \frac{1,28}{2} = 0,64 \text{ м}^2.$$

$b$  - ширина прозоров между стержнями, м.  
 $b = 0,016 \text{ м}.$

$h_1$  - глубина воды в подводящем канале, м;  
 $h_1 = 1 \text{ м}.$

$$n = \frac{0,77}{0,016 \cdot 1 \cdot 0,6} \cdot 1,05 = 84.$$

Толщина стержней решетки принимается  $S=0,008 \text{ м}.$

$$B_p = 0,008 \cdot (84 - 1) + 0,016 \cdot 84 = 2,008 \text{ м}.$$

По расчётным показателям подбираем типовую решётку марки МГ5Т, с характеристиками:

производительность по воде -  $Q = 185 \text{ тыс. м}^3/\text{сут};$

ширина решётки -  $B'_p = 2675 \text{ мм};$

число прозоров -  $n' = 84;$

толщина стержней -  $t = 8 \text{ мм}.$

Таблица 5.1 - Техническая характеристика решеток и сит

Марка	Максимальная глубина канала Н, мм	Ширина решетки, мм	Высота от дна, мм	Длина решетки, мм	Максимальный уровень жидкости перед решёткой Н, мм	Ширина фильтрующей части, мм	Ширина прозоров, мм	Толщина фильтрующих пластин, мм	Мощность электродвигателя, кВт	Масса агрегата кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МГ	3000	2100	4500	2600	2000	810	16; 12	10	1,5	4500
РМН	3000	2100	4500	2660	2000	810	10; 6	10	0,75	3750
RS-16	1000	1200	3300	1800	600	850	5	3	1,1	900
RS-35	3000	1900	3500	1800	2000	1500	3	3	4,0	4300
РГД	1000	1200	2500	1800	600	950	10	10	0,85	2100
РСФ-01	1000	1455	3252	1480	600	950	4	3	1,5	2400
СЗС	4200	3000	3000	6680	3000		1,4		1,5	

МГ – механические грабли,  
 РМН – решетки механизированные наклонные,  
 RS-16 – решетка ступенчатая механическая фирмы «MEVA»,  
 РГД – решетка дуговая гидравлическая,  
 РСФ-01 – решетка ступенчатая механическая,  
 СЗС – плоское щелевое сито

Таблица 5.2 - Техническая характеристика дробилок молоткового типа

Марка дробилки	Производительн., т/ч	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, мин.	Масса, т
Д-3	0.3...0.6	20	1460	0.79
Д-3а	0.3...0.6	20	1460	0.86
Д-2	2	100	1395	4.9

Размер решеток определяется из условия обеспечения в прозорах скорости движения сточной воды  $V_p$  — 0,8 - 1,0 м/с при максимальном притоке на очистные сооружения. При скорости более 1,0 м/с уловленные загрязнения продавливаются через решетки. При скорости менее 0,8 м/с в уширенной части канала перед решеткой начинают выпадать в осадок крупные фракции песка и возникает необходимость их удаления.

Проверяют скорость  $v_p$ , м/с, воды в прозорах выбранной решетки

$$v_p = \frac{q^{\max}}{b \cdot h_1 \cdot n} k_3, \quad (5.5)$$

$$v_p = \frac{0.77}{0.016 \cdot 1 \cdot 84} = 0.57 \text{ м/с}.$$

Вычисляют длину камеры решетки:  $l_p = l_1 + l_2$  (величины  $l_1$  и  $l_2$  принимают конструктивно: длина уширенного канала - не менее 1,0 м, а площадки за решеткой - не менее 0,8 м.

$$l_p = 1 + H_n \times \text{Cos} (60-70^\circ) + 1, \text{ м} \quad (5.6)$$

Длина уширения канала перед решеткой

$$l' = 1,37 \times (B_p - B_k), \text{ м} \quad (5.7)$$

Длина уширения канала после решетки определяется по выражению

$$l'' = 0,5l'$$

Отметка уровня воды  $Z_3 = Z_1 + h_1$ .

Для определения отметки уровня воды в канале после решетки  $Z_4$  составляют уравнение Бернулли для двух сечений: перед решеткой и после решетки относительно плоскости, проходящей по полу здания решетки

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_m, \quad (5.8)$$

где  $h_m$  - местные потери напора, определяемые по формуле

$$h_m = \zeta \frac{v_1^2}{2g} p, \text{ м} \quad (5.9)$$

где  $p$  - коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки, принимается равным 3;

$v_1$  - скорость движения воды в камере перед решеткой, м/с;

$v_2$  - скорость движения воды в канале за решеткой, м/с;

$\zeta$  - коэффициент местного сопротивления.

С учетом принятых обозначений:

$$\frac{p_1}{\gamma} = h_1; \quad \frac{p_2}{\gamma} = h_2; \quad v_1 = \frac{q}{B_k \cdot h_1}; \quad v_2 = \frac{q}{B_k \cdot h_2}, \quad (5.10)$$

Коэффициент местного сопротивления находится по формуле

$$\zeta_{\text{реш}} = \beta \cdot (S/b)^{4/3} \cdot \sin \alpha, \quad (5.11)$$

где  $\alpha$  - угол наклона решетки к горизонту;

$\beta$  - коэффициент, равный для прямоугольных стержней 2,42, для полукруглых - 1,83, для круглых - 1,79.

Поперечное сечение прутьев принимается прямоугольным,  $\beta=2,42$ .

Решив данное уравнение, получают значение  $h_2$  и  $Z_4$ .

Определяют количество загрязнений, улавливаемых решетками. Количество отбросов, снимаемых с решеток, имеющих ширину прозоров  $b=16-20$  мм, равно 8 л/год или 20 г/сут на одного человека.

При норме водоотведения 250 л/чел. сут., при среднесуточном расходе сточной жидкости равном  $Q_{\text{ср.сут}}$  определяют приведенное число жителей

$$N = \frac{Q^{XB}_{\text{ср.сут}}}{250}, \text{ чел} \quad (5.12)$$

Количество отбросов, снимаемых с решётки, имеющих ширину прозоров  $b = 16$  мм приблизительно составляет 8 литров в год или 20 грамм в сутки от одного человека.

При норме водоотведения  $q_B = 250$  л/сут с человека и среднесуточном расходе сточной воды  $55,2$  тыс. м<sup>3</sup>/сут.

$$N_{\text{пр}} = \frac{55,2 \cdot 10^3}{250 \cdot 10^{-3}} = 220800.$$

Количество улавливаемых загрязнений

$$W_{\text{сут}} = \frac{N_{\text{прин}} \cdot 8}{1000 \cdot 365}, \text{ м}^3 \quad (5.13)$$

$$W_{\text{сут}} = \frac{220800 \cdot 8}{1000 \cdot 365} = 4,8 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

$$M_{\text{отбр.сут}} = \frac{N_{\text{прин}} \cdot 20}{1000 \cdot 365}, \text{ кг} \quad (5.14)$$

При их плотности  $\rho=750 \text{ кг/м}^3$  масса загрязнений  $M$ , равна

$$M_{\text{отбр.сут}} = W_{\text{сут}} \cdot \rho, \text{ кг/сут} \quad (5.15)$$

$$M_{\text{отбр}} = 4,8 \cdot 750 = 3,6 \text{ т/сут}.$$

Для измельчения загрязнений принимают дробилки. Технические характеристики решеток и дробилок приведены в таблице 5.2. При количестве отбросов свыше 1 т/сут. (кроме рабочей), следует предусматривать резервную дробилку.

Производительность дробилки

$$P_{\text{др}} = \frac{M_{\text{отбр}}}{24}, \text{ т/час}$$

$$P_{\text{ч др}} = \frac{3,6}{24} = 0,15 \text{ т/час}.$$

Механизированная очистка решеток производится движущимися граблями, приводимыми в движение от электродвигателя. Отбросы после измельчения направляются в канал перед решетками.

Для монтажа и ремонта решеток, дробилок и насосного оборудования предусматриваются подъемно-транспортные устройства.

## 5.2 ПЕСКОЛОВКИ

Песколовки применяют для улавливания песка и других минеральных нерастворенных загрязнений. По направлению движения воды песколовки подразделяются на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости; последние бывают тангенциальные и азерируемые.

Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды используют при расходах сточных вод более  $10\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$ . И представляют собой удлиненные прямоугольные в плане резервуары из сборных железобетонных элементов унифицированных размеров.

Конструктивной разновидностью горизонтальных песколовок являются горизонтальные песколовки с круговым движением воды. Они имеют круглую форму в плане. Их рекомендуется применять при сравнительно небольших расходах - до  $70\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$ .

Тангенциальные песколовки также имеют круглую форму в плане, они рекомендуются при расходах до  $50\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$ . Вертикальные песколовки велики по размеру и работают неэффективно, поэтому они находят применение в исключительных случаях.



Рисунок 5.4 – Схема горизонтальной песколовки

а - продольный разрез; б - поперечное сечение.

1 - бункер для осадка; 2 - направление движения скребок

Расчет горизонтальных и аэрируемых песколовков производят в порядке, приведенном ниже.

В зависимости от принятой скорости движения сточных вод определяется площадь живого сечения песколовки  $w$ , по формуле

$$w = \frac{q_{\text{мак}}}{v \cdot n}, \text{ м}^2 \quad (5.16)$$

где  $q_{\text{мак}}$  – максимальный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $v = (0,15 - 0,3)$ - средняя скорость течения воды,  $\text{м}/\text{с}$ ;  
 $n$  – количество отделений.

Число отделений песколовков согласно СНиП 2.04.03-85 должно быть не менее двух, причем, все рабочие. Скорость движения сточных вод и глубина песколовков принимается в соответствии с таблицей 5.3.

Таблица 5.3 - Характеристики песколовков

Песколовка	Гидравлическая крупность песка, $u_0$ , $\text{мм}/\text{с}$	Скорость движения сточ. вод $v$ , $\text{м}/\text{с}$ , при притоке		Глубина, $H$ , $\text{м}$	Количество задерживаемого песка, $\text{л}/\text{чел.}-\text{сут}$	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		мин.	Макс.				
Горизонтальная	18.7-24.4	0.15	0.3	0.5-2	0.02	60	55-60
Аэрируемая	13.2-18.7	-	0.08-0.12	0.7-3.5	0.03	-	90-95
Тангенциальная	18.7-24.2	-	-	0.5	0.02	60	70-75

Длину рабочей части  $L$ , вычисляют по формуле

$$L = K \frac{h}{u_0} v \cdot 1000, \text{ м} \quad (5.17)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий влияние турбу-

лентности и других факторов, принимаемый в зависимости от типа песколовков по таблице 5.4;

$h$  - расчетная глубина песколовки, принимаемая для горизонтальных песколовков по [4],  $h = 2$  м;

а для аэрируемых равной половине общей глубины [4].

$v$  - скорость движения сточных вод, м/с;

$u_0$  - гидравлическая крупность песка, принимаемая для горизонтальных песколовков в пределах 18,7-24,2, для аэрируемых 13,2-18,7 мм/с.

Таблица 5.4 -Коэффициент, учитывающий влияние турбулентности

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупн. песка $u_0$ , мм/с	Значение К в зависимости от типа песколовков и отношения В/Н аэрируемых песколовков			
		горизонтальн.	аэрируемые		
			В/Н=1	В/Н=1.25	В/Н=1.5
0.15	13.2	-	2.62	2.5	2.39
0.2	18.7	1.7	2.43	2.25	2.08
0.25	24.2	1.3	-	-	-

Ширина отделений горизонтальных песколовков, будет равна

$$B = \frac{w}{h}, \text{ м} \quad (5.18)$$

где  $w$  - площадь живого сечения песколовки, м;

$h$  - расчетная глубина песколовки, м.

Постоянная скорость движения сточных вод на выходе из горизонтальных песколовков поддерживается с по-

мощью водослива с широким порогом без донного выступа, менее двух, причем, все рабочие.

Перепад между дном песколовки и порогом водослива  $P$ , определяется по формуле

$$P = \frac{h_{\max} - k_q^{2/3} \cdot h_{\min}}{Kq^{2/3} - 1}, \text{ м} \quad (5.19)$$

где  $h_{\max}$ ,  $h_{\min}$  - глубины воды в песколовке, м, соответственно при  $q_{\max}$  и  $q_{\min}$ ;

$$h_{\min} = \frac{q_{\min}}{n \cdot B \cdot v}, \quad (5.20)$$

$$q_{\min} = q \times K_{\min} \quad (5.21)$$

где  $K_{\min}$  – минимальный коэффициент неравномерности водоотведения,  $K_{\min} = 0,67$ ;

$K_q$  - отношение максимального и минимального расходов,

$$K_q = q_{\max} / q_{\min}; \quad (5.22)$$

Ширина водослива  $b_c$ ,

$$b_c = \frac{q_{\max}}{m \sqrt{2g(P + h_{\max})^{3/2}}}, \text{ м} \quad (5.23)$$

где  $m$ - коэффициент расхода водослива, зависящий от условий бокового сжатия, равный 0,35-0,38.

Размеры аэрируемой песколовки принимаются исходя из отношения ширины отделения песколовки к глу-

бине воды В/Н, равного 1-1.5 [2]. Основные параметры аэрируемых песколовок приведены в [4].

Расчет тангенциальных песколовок ведется по формуле

$$F = q_{\text{макс}} / (n \cdot u_0), \quad (5.24)$$

где  $F$  - площадь отделения песколовки в плане,  $\text{м}^2$ ;  
 $q_{\text{макс}}$  - максимальный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Расчет тангенциальных песколовок может быть произведен также по формуле

$$F = q_{\text{макс}} / (n \cdot q_0), \quad (5.25)$$

где  $q_0$  - нагрузка на песколовку по воде,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Нагрузка на сооружение должна быть:

при  $u_0 = 18,7 \text{ мм/с}$ ,  
 $q_0 = 67,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  
 $u_0 = 24,2 \text{ мм/с}$ ,  
 $q_0 = 87 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

На тангенциальные песколовки более совершенных конструкций допускается нагрузка  $q_0 = 110-130 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Сложность эксплуатации горизонтальных и аэрируемых песколовок заключается в необходимости выгрузки осадка из сооружений не реже 1 раза за 8-12 часов.

Удаление задержанного песка из песколовок всех типов допускается предусматривать вручную при его объеме  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ . При большем объеме удаление песка из песколовок должно быть механизировано. Наиболее распространенным и надежным способом является удаление песка с помощью гидроэлеваторов. В аэрируемых песколовках для удаления песка используется гидромеханическая

система. Она состоит из нескольких смывных трубопроводов оборудованных спрысками.

При расчете песколовков всех типов следует принимать: количество задерживаемого песка 0,02 л/чел\*сут; влажность песка 60%; плотность песка 1,5 т/м<sup>3</sup>.

Объем песка определяется

$$W_{\pi} = \frac{N_{np} \cdot 0,02}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (5.26)$$

где  $N_{np}$  - приведенное количество жителей по формуле 5.12

Расход промывной воды определяем по зависимости:

$$q_{\pi} = V_{\pi} \times b \times l, \quad (5.27)$$

где  $V_{\pi} = 0,0063$  м/с – восходящая скорость промывной воды в лотке;

$b = 0,5$  м - ширина пескового лотка;

$l = L - D_{\delta}$  - длина лотка;

$D_{\delta} = 2,5$  м – диаметр барабана.

Диаметр смывного трубопровода

$$D = \sqrt{4q_n / \pi \times V_{mp}} \quad (5.28)$$

где  $V_{mp}$  - скорость воды в трубопроводе,  $V_{mp} = 2,5 - 3,5$

Количество спрысков

$$n_{спр} = N_{мруб} l / z, \quad (5.29)$$

$N_{мруб}$  – количество трубопроводов, шт;

$l$  - длина трубопровода, м;

$z$  – расстояние между спрысками, м.

Для обеспечения достаточно равномерного распределения воды по длине смывного трубопровода вода должна подаваться под напором,  $H_0$

$$H_0 = 5,6h_0 + 5,4V_{\text{тр}}^3 / 2g \quad (5.30)$$

$h_0 = 0,2$  – высота слоя песка в лотке, м;

$V_{\text{мп}} = 3$  м/с – скорость воды в трубопроводе.

По расчетным расходу и напору подбирается насос.

$$\omega = \frac{0,77}{0,3 \cdot 2} = 1,28 \text{ м}^2.$$

$$L = \frac{1,3 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 10^3}{24,2} = 32,2 \text{ м}.$$

$$B = \frac{1,28}{2} = 0,64 \text{ м}.$$

$$q_{\text{min}} = 0,63 \cdot 0,67 = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$K_q = \frac{0,77}{0,42} = 1,83.$$

$$h_{\text{min}} = \frac{0,42}{2 \cdot 0,64 \cdot 0,3} = 1,09 \text{ м}.$$

$$P = \frac{2 - (1,83)^{2/3} \cdot 1,09}{1,83^{2/3} - 1} = 0,77 \text{ м}.$$

$$b_C = \frac{0,77}{0,38 \cdot \sqrt{2 \cdot 10} \cdot (0,77 + 2)^{3/2}} = \frac{0,77}{1,69 \cdot 4,61} = 0,09 \text{ м.}$$

$$W_{II} = \frac{220800 \cdot 0,02}{1000} = 4,41 \text{ м}^3.$$

$$l = 32,2 - 2,5 = 29,7 \text{ м.}$$

$$q_n = 0,0063 \cdot 0,5 \cdot 29,7 = 0,093 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,093}{3,14 \cdot 3,5}} = 0,18 \text{ м.}$$

$$H_0 = 5,6 \cdot 0,2 + 5,4 \cdot \frac{3,5^3}{2 \cdot 10} = 1,12 + 11,5 = 12,6 \text{ м.}$$

### 5.3 ОТСТОЙНИКИ

Для гравитационного выделения из сточных вод взвешенных или жировых веществ, оседающих на дно сооружения или всплывающих на его поверхность, применяют отстойники, которые подразделяются на отстойники периодического действия (контактные) и непрерывного действия (проточные). В практике очистки сточных вод применяют в основном отстойники непрерывного действия.

По направлению движения жидкости в сооружении отстойники подразделяют на два основных типа: горизонтальные и вертикальные. Для очистки сточных вод широко используются также радиальные отстойники, которые являются разновидностью горизонтальных отстойников.

Широкое распространение получили так называемые тонкослойные отстойники. Особенность их заключается в том, что отстойная зона полочными секциями и трубчатыми элементами делится на неглубокие слои, в которых обеспечивается ламинарное движение осветленной воды.

В зависимости от назначения в технологической схеме очистной станции отстойники подразделяют на первичные и вторичные. Первичные отстойники служат для предварительного осветления сточных вод, поступающих на биологическую или физико-химическую очистку. Вторичные - для осветления сточных вод, прошедших биологическую или физико-химическую очистку. Выбор типа и количества отстойников при проектировании должен производиться с учетом принятой технологической схемы очистки сточных вод и обработки осадка, производительности сооружений, топографических и гидрогеологических условий на основании технико-экономического сравнения вариантов. Число рабочих первичных отстойников следует принимать не менее двух, при минимальном числе их расчетный объем необходимо увеличивать в 1.2-1.3 раза.



### Первичные отстойники.

При расчете горизонтальных отстойников вначале определяют ширину  $B$  отделений отстойника, м

$$B = \frac{q_{\max}}{n \cdot h_1 \cdot v}, \text{ м} \quad (5.31)$$

где  $q_{\max}$  - максимальный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $h_1$  - глубина проточной части отстойника, м;  
 $v$  - средняя скорость потока в пределах рабочей длины отстойника,  $\text{м}/\text{с}$ ;  
 $n$  - число отделений отстойника.

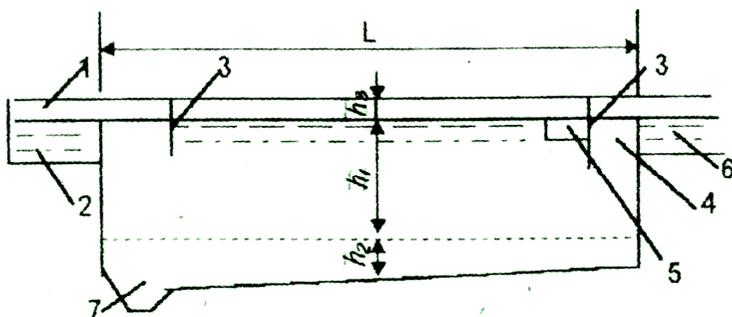


Рис. 5.6 - Расчетная схема горизонтального отстойника  
1 - подводящий лоток; 2 - распределительный лоток;  
3 - полупогруженные доски; 4 - сборный лоток;  
5 - лоток для сбора и удаления плавающих веществ;  
6 - отводной лоток; 7 - приямок для осевшего осадка.

Среднюю скорость движения воды в отстойнике рекомендуется принимать 5-10  $\text{мм}/\text{с}$ , а глубину проточной части сооружения  $h = 1.5-3$  м (при обосновании до 4 м).

Длину отстойника  $L$ , м, определяют по формуле

$$L = v \cdot h_1 / k \cdot (u_0 - w), \quad (5.32)$$

где  $k$  - коэффициент, использования объема;

$u_0$  - условная гидравлическая крупность, соответствующая заданному эффекту осветления воды, мм/с;  
 $w$  - вертикальная турбулентная составляющая скорости движения сточных вод, принимаемая равной значениям, приведенным в таблице 5.5.

Таблица 5.5- Вертикальная турбулентная составляющая скорости движения сточных вод

$v, \text{мм/с}$	5	10	15	20
$w, \text{мм/с}$	0	0.05	0.1	0.5

$$u_0 = \frac{1000 \cdot \kappa \cdot h_1}{t(kh_1 / h)^n}, \quad (5.33)$$

где  $k$  - коэффициент, равный 0.5;

$n$  - коэффициент, зависящий от свойств взвесей;

$h_1$  - глубина проточной части отстойника, м.

$t$  - продолжительность отстаивания воды в цилиндре высотой  $h=500$  мм, соответствующая заданному эффекту осветления воды;

$(kh_1/h)^n$  - критериальный комплекс.

Значения  $t$  и  $(kh_1/h)^n$  можно определить по данным, приведенным в [4].

Общий объем проточной (рабочей) части сооружений  $V_{\text{отст}}$

$$V_{\text{отст}} = n \cdot B \cdot h_1 \cdot L, \quad \text{м}^3 \quad (5.34)$$

где  $n$ ,  $B$ ,  $h_1$ ,  $L$  - соответственно количество отделений, ширина, рабочая глубина, длина отстойника.

Основные параметры горизонтальных отстойников приведены в [4].

Масса улавливаемого осадка  $G_{\text{сух}}$ , будет равна

$$G_{\text{сух}} = \frac{C_0 \cdot \check{\mathcal{E}}_{\text{вв}} \cdot K}{1000 \cdot 1000} Q, \text{ т/сут} \quad (5.35)$$

где  $C_0$ - начальная концентрация взвешенных веществ в воде, мг/л;

$\check{\mathcal{E}}_{\text{вв}}$  - требуемый эффект осветления воды,  $\check{\mathcal{E}} = 0,6$ ;

$K$  – повышающий коэффициент,  $K = 1,2$ ;

$Q$  - производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/сут.

При самотечном удалении осадка из отстойников влажность осадка будет равна  $W=95\%$ . Объем улавливаемого осадка отстойниками при плотности его  $\rho=1.0 \text{ т/м}^3$  будет равен

$$W_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot G_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}}) \rho}, \quad \text{м}^3 \quad (5.36)$$

В основании отстойника предусматривается ёмкость для накопления осадка. Высота её в конце сооружения равна 0,2 м. При уклоне днища  $i = 0,003$  высота её в начале сооружения

$$h_{\text{ос}} = 0,32 + L \cdot 0,003 \quad (5.37)$$

Объём осадочной части в основании одного отделения

$$V_{\text{оч}} = B \cdot L \cdot \frac{0,2 + h}{2}, \text{ м}^3 \quad (5.38)$$

Период заполнения осадочной части отстойника

$$t = \frac{V_{\text{оч}}}{V}, \quad \text{сут} \quad (5.39)$$

$n$  - число отделений отстойника,  $n = 2$ .

$$B = \frac{0,77}{2 \cdot 3 \cdot 0,01} = 12,8 \text{ м.}$$

$$U_0 = \frac{0,5 \cdot 3}{770 \cdot 1,32} = 0,0014.$$

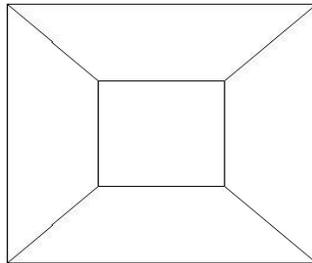
$$L = \frac{10 \cdot 3000}{0,5 \cdot (1,47 - 0,05)} = 42 \text{ м.}$$

$$V_{orc} = 2 \cdot 12,8 \cdot 3 \cdot 42 = 3225 \text{ м}^3.$$

$$G_{cyx} = \frac{268,73 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 55,2 \cdot 10^3}{10^6} = 8,9 \text{ м/сут.}$$

$$W_{oc} = \frac{100 \cdot 8,9}{(100 - 0,95) \cdot 1} = 178 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Для накопления осадка проектируем бункер в виде перевернутой усечённой пирамиды, верхнее основание которой  $B \times 2$ , нижнее -  $2 \times 1$ .



а)



б)

Рисунок 6 – Расчётная схема бункера  
а) – вид сверху; б) – вид сбоку

Объём бункера

$$V_{\text{БВН}} = \frac{1}{3} \cdot h_{\text{Б}} \cdot \sqrt{S_1 + S_2} + S_1 + S_2, \quad (5.40)$$

где  $h_{\text{Б}} = 2,5 \text{ м}$  - высота бункера;

$S_1 = 20 \text{ м}^2, S_2 = 2 \text{ м}^2$  - соответственно площади нижнего и верхнего оснований.

$$V_{\text{БВН}} = \frac{1}{3} \cdot 2,5 \cdot \sqrt{20 + 2} + 20 + 2 = 26 \text{ м}^3.$$

$$h_{\text{ОСН}} = 0,3 + 42 \cdot 0,005 = 0,51 \text{ м}.$$

$$V_{\text{ОС}} = 42 \cdot 12,8 \cdot \frac{0,3 + 0,51}{2} = 217,7 \text{ м}^3.$$

Объём осадочной части двух отделений

$$V_{\text{ОС ОБ}} = (26 + 217,7) \cdot 2 = 486 \text{ м}^3.$$

$$t = \frac{486}{178} = 2,73 \text{ сут}.$$

Радиус вертикальных, радиальных и с вращающимися сборно-распределительными устройствами отстойников  $R$ , определяют по формуле

$$R = \frac{\sqrt{q}}{n \cdot \pi \cdot k \cdot u_0}, \text{ м} \quad (5.41)$$

где  $k$ - коэффициент, зависящий от типа отстойника (0,35 -

для вертикальных; 0,45- для радиальных; 0,85- с вращающимися сборно-распределительными устройствами);

$u_0$ - скорость осаждения расчетных частиц взвесей, мм/с.

Проверку скорости движения воды на половине радиуса радиального отстойника следует производить по формуле

$$v_{\text{факт}} = q / (n \cdot \pi \cdot R \cdot h_1), \text{ м/с} \quad (5.42)$$

В случае различия значений  $v_{\text{факт}}$  и  $v$  необходимо повторить расчет величины  $R$ .

При расчете радиальных отстойников следует принимать  $h_1 = 1.5-5$  м;  $D/h_1 = 6-12$ , где  $D$  - диаметр отстойника;  $v = 5-10$  мм/с и  $w = 0$  (в радиальных отстойниках вертикальная турбулентная составляющая  $w = 0$ ).

В начале расчета величину  $u_0$ , а затем и  $R$  следует определять при  $w = 0$ , в том случае, если  $v_{\text{факт}}$  окажется значительно больше 5 мм, следует уточнить  $u_0$  и  $R$  с учетом полученного значения  $v_{\text{факт}}$ .

Основные технические параметры первичных радиальных отстойников приведена в [4].

## 5.4 АЭРОТЕНКИ

Аэротенки представляют собой резервуары, в которых насыщается воздухом и перемешивается смесь очищаемой сточной воды и активного ила, применяются для полной и неполной биологической очистки сточных вод.

Сточные воды поступают в аэротенки после сооружений механической очистки. Концентрация взвешенных веществ в них не должна превышать 150 мг/л, допустимая величина БПК<sub>полн</sub> зависит от типа аэротенка. Подача кислорода в аэротенки производится воздуходвигателями, механическими или струйными аэраторами.

Многокамерные аэротенки представляют собой обычные аэротенки, разделенные по длине на несколько камер (обычно 5-9), что предотвращает продольное перемешивание (Рис. 5.7).

Аэротенки могут быть одно- и двухступенчатые с регенерацией и без нее. Одноступенчатые аэротенки без регенерации применяют при БПК<sub>полн</sub> сточной воды не более 150 мг/л, с регенерацией - более 150 мг/л и при наличии вредных производственных примесей. Двухступенчатые аэротенки применяются при очистке высококонцентрированных сточных вод.

По структуре движения потоков очищаемой сточной воды и возвратного активного ила различают:

аэротенки-вытеснители, в которые сточная вода и возвратный активный ил подают сосредоточенно с одной из торцовых сторон аэротенка, а выпускают также сосредоточенно с другой торцовой стороны;

аэротенки-смесители, в которых подача и выпуск сточной воды и ила осуществляется равномерно вдоль длинных сторон аэротенка;

аэротенки с рассредоточенной подачей сточной воды, в которых сточная вода подводится в нескольких точках по длине аэротенка, а отводится сосредоточенно в его



Продолжительность аэрации в аэротенках, работающих по принципу смесителей, следует определять по формуле

$$t = \frac{L_a - L_t}{\alpha(1-s)\rho}, \quad (5.43)$$

где  $L_a$  - БПК<sub>полн</sub> поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л

$L_a = L_{cm}$  (0,9...0,85) т.к. после очистки стоков в отстойника БПК снижается на 10-15 %.

$L_t$  - БПК<sub>полн</sub> очищенных сточных вод, мг/л;

$\alpha$  - доза активного ила, г/л (в аэротенках-смесителях без регенерации - 3 г/л, с регенерацией - 2-4 г/л);

$s$  - зольность ила, принимается для аэротенков с полной минерализацией ила 0,35;

$\rho$  - средняя расчетная скорость окисления в мг БПК<sub>полн</sub> на 1 г беззольного вещества активного ила за 1 час

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_t \cdot C}{L_t \cdot C + K_L \cdot C + K_o \cdot L_t} \frac{1}{1 + \varphi \cdot \alpha} \quad (5.44)$$

где  $\rho_{\max}$  - максимальная скорость окисления, мг/(г·ч), (принять 85 мг БПК<sub>полн</sub>/(г·ч);

$C$  - концентрация растворенного кислорода, мг/л (принять 2 мг/л);

$K_L$  - константа, характеризующая состав сточных вод, мг БПК<sub>полн</sub>/л, (принять 33 мг БПК<sub>полн</sub>/л);

$K_o$  - константа, характеризующая влияние кислорода, мг/л, (принять 0,625 мг O<sub>2</sub>/л);

$\varphi$  - коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г, (принять 0,07 л/г).

Период аэрации в аэротенках-вытеснителях определяется по формуле

$$t = \frac{1 + \varphi \cdot \alpha}{\rho_{\max} \cdot C \cdot \alpha(1-s)} \left[ (C_o + K_o) \cdot (L'_a - L_t) + K_L \cdot C \cdot \ln \right] \frac{L'_a}{L_t} K_r \quad (5.45)$$

где  $K_r$  - коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания (принять при полной биологической очистке до  $L_t = 15$  мг/л -  $K_r = 1,5$ ,

при  $L_t$  более 30 мг/л -  $K_r = 1,25$ ).

$L'_a$  - БПК<sub>полн</sub>, определяемая с учетом разбавления рециркуляционным расходом

$$L'_a = \frac{L_a + L_t \cdot R}{1 + R}, \quad (5.46)$$

где  $R$  - степень рециркуляции активного ила в долях единицы

$$R = \frac{\alpha}{(1000/I) - \alpha}, \quad (5.47)$$

где  $\alpha$  - доза активного ила (при расчете принимается: без регенерации 3-5 г/л, при регенерации 2-4,5 г/л);

$I$  - иловый индекс, зависящий от нагрузки загрязнений на ил и природы загрязнений, определяется экспериментально (принять по данным, приведенным в [4]).

Нагрузка на 1г беззольного вещества ила в сутки определяется по формуле

$$q_{ил} = \frac{24(L_a + L_t)}{\alpha(1-s)t}, \quad (5.48)$$

Величина  $R$  для отстойников с илососами должна быть не менее 0,3; с илоскребами – 0,4; при самотечном удалении ила – 0,6.

При проектировании аэротенков с регенераторами подсчитывают отдельно время, необходимое для очистки воды ( $t_a$ , ч), общее время окисления загрязнений ( $t_0$ , ч) и

по разнице этих величин - время пребывания ила в регенераторе для окончания окислительных процессов переработки загрязнений ( $t_{\text{рег}}$ , ч)

$$t_o = \frac{L_a + L_t}{R \cdot \alpha_p (1-s) \cdot \rho}, \quad (5.49)$$

где  $\alpha_p$  - доза ила в регенераторе, г/л:

$$\alpha_p = \alpha \left( \frac{1}{2R} + 1 \right), \quad (5.50)$$

Продолжительность обработки воды в аэротенке  $t_a$ , ч, необходимо определять по формуле

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{\alpha}} \lg \frac{L'_a}{L_t}, \quad (5.51)$$

Продолжительность регенерации  $t_p$ , ч, определяют по формуле

$$t_p = t_o - t_a. \quad (5.52)$$

Вместимость аэротенка  $W_a$ , м<sup>3</sup>

$$W_a = t_a \cdot (1 + R)q, \quad (5.53)$$

где  $q$  - расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч.

Вместимость регенераторов,  $W_p$ , м<sup>3</sup>

$$W_o = t_p \cdot R \cdot q. \quad (5.54)$$

Общий объем системы  $W$ , м<sup>3</sup>

$$W = W_a + W_p. \quad (5.55)$$

При проектировании двухступенчатых аэротенков расчеты ведут, принимая эффект очистки в первой ступени 50 %, а вторая ступень рассчитывается на полную очистку с учетом снижения БПК<sub>полн</sub> в первой ступени.

Прирост активного ила в аэротенке П, мг/л, определяют по формуле

$$П = 0,8 \cdot C_{взв} + K_{п} \cdot L_{a}, \quad (5.56)$$

где  $C_{взв}$  - концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л;

$K_{п}$  - коэффициент прироста активного ила (принять  $K_{п}=0,3-0,5$ ).

Удельный расход воздуха  $D$ ,  $м^3/м^3$ , при пневматической системе аэрации определяется отношением расхода кислорода, требующегося для обработки  $1м^3$  воды, к расходу используемого кислорода с  $1м^3$  подаваемого воздуха

$$D = \frac{Z(L_a + L_t)}{k_1 \cdot k_2 \cdot n_1 \cdot n_2 (C_p - C)}, \quad (5.57)$$

где  $Z$  - удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг БПК<sub>полн</sub>: при полной очистке БПК<sub>полн</sub> = 15-20 мг/л -  $Z=1,1$  мг/мг, при неполной очистке БПК<sub>полн</sub> >20 мг/л -  $Z=0,9$  мг/мг;

$k_1$  - коэффициент, учитывающий тип аэратора, принимаемый для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка ( $f/F$ ) по таблице 5.6, для среднепузырчатой и низконапорной  $k_1=0,75$ ;

$k_2$  - коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов  $h_a$ , принимается по таблице 5.7;

$n_1$  - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод

$$n_1 = 1 + 0,02 (T_{\text{л}} - 20), \quad (5.58)$$

$T_{\text{л}}$  - среднемесячная температура сточных вод за летний период, °С;

$n_2$  - коэффициент качества сточных вод, (принять  $n_2=0,85$ );

$C_p$  - растворимость кислорода в воде, мг/л.

$$C_p = (1 + h_a/20,6)C_T, \quad (5.59)$$

$C_T$  - растворимость кислорода воздуха в воде в зависимости от температуры и давления, принимается по таблице 5.8;

$C$  - средняя концентрация кислорода в аэротенке (принять  $C=2$  мг/л).

Таблица 5.6 - Значения коэффициентов  $k_1$  и  $I_{\text{max}}$

$f/F$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
$k_1$	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2	2,13	2,3
$I_{\text{max}}, \text{M}^3/(\text{M}^2 \cdot \text{ч})$	5	10	20	30	40	50	75	100

Таблица 5.7 - Значения коэффициентов  $k_2$  и  $I_{\text{min}}$

$h_a, \text{м}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	3	4	5	6
$k_2$	0,4	0,46	0,6	0,8	0,9	1	2,08	2,52	2,92	3,3
$I_{\text{min}}, \text{M}^3/(\text{M}^2 \cdot \text{ч})$	48	42	38	32	28	24	4	3,5	3	2,5

Таблица 5.8 - Растворимость кислорода в чистой воде при давлении 0,1 Мпа

$T_{д}, ^\circ\text{C}$	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$C_T, \text{мг/л}$	12,79	11,27	10,75	10,26	9,82	9,4	9,02	8,67	8,33	8,02	7,72

Площадь аэрируемой зоны  $f$  принимается по площади, занимаемой пневматическими аэраторами, включая просветы между ними до 0,3 м.

Интенсивность аэрации определяется по формуле

$$I = DN/t, \quad (5.60)$$

где  $N$  - рабочая глубина аэротенка, м.

Примем  $\rho = 23 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{час}}$

$$t = \frac{450 - 20}{3 \cdot (1 - 0,35) \cdot 23} = 9,58$$

$$q = \frac{55,2 \cdot 10^3}{24} = 2300 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$R = \frac{3}{\left(\frac{1000}{70}\right)^{-3}} = 0,26.$$

$$W_a = 1,9 \cdot (1 + 0,26) \cdot 2300 = 5506 \text{ м}^3.$$

$$t_p = 9,58 - 1,9 = 7,68 \text{ час}.$$

$$W_p = 7,68 \cdot 0,26 \cdot 2300 = 4596 \text{ м}^3.$$

$$W = 5506 + 4596 = 10102 \text{ м}^3.$$

$$D = \frac{0.9 \cdot (450 - 20)}{2,17 \cdot 1,89 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (7 - 2)} = 22,2 \text{ м}^3.$$

Принимаем типовой аэротенок, разработанный НИИ «Союз Водгео» с параметрами:

- ширина коридора – 6 м;
- рабочая глубина – 5 м;
- длина секции – 84 м;
- число секций – 2;
- объём секции – 7560 м<sup>3</sup>.

Интенсивность аэрации

$$I = \frac{22,2 \cdot 5}{9,58} = 11,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Если вычисленная интенсивность аэрации более максимальной  $I_{\max}$  для принятого значения  $k_1$ , следует увеличить площадь аэрируемой зоны; если менее минимальной  $I_{\min}$  для принятого значения  $k_2$ , следует увеличить расход воздуха.

Рабочую глубину аэротенков принимают от 3 до 6 м, отношение ширины коридора к рабочей глубине аэротенков - от 1:1 до 2:1.

Для аэротенков и регенераторов число секций должно быть не менее двух. Для станций производительностью до 50 000 м<sup>3</sup>/сут. целесообразно принять 4-6 секций, более 50 000 м<sup>3</sup>/сут. - 6-8. Все секции рабочие. Каждая секция состоит из 2-4 коридоров. Основные параметры типовых аэротенков приведены в [4].

Тип аэротенка выбираем по расчётному объёму системы в приложениях Ж,З, и К.

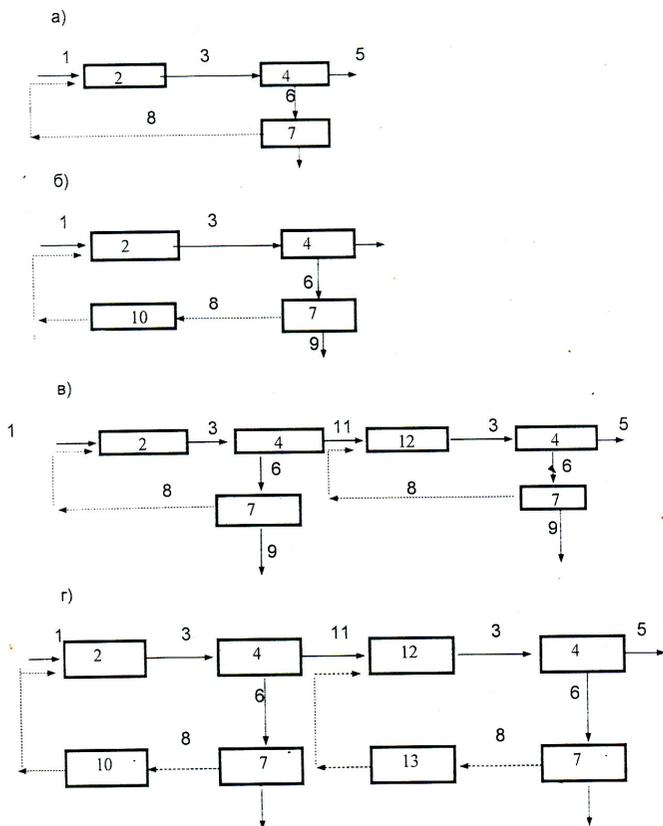


Рисунок 5.7 - Основные технологические схемы очистки сточных вод в аэротенках.

а - с одноступенчатым аэротенком без регенерации; б - то же с регенерацией; в - с двухступенчатым аэротенком без регенерации; г - то же с регенерацией. 1 - подача неочищенных сточных вод; 2 - аэротенк; 3 - выпуск иловой смеси; 4 - отстойник; 5 - выпуск очищенных сточных вод; 6 - выпуск отстоенного активного ила; 7 - иловая насосная станция; 8 - подача возвратного активного ила; 9 - выпуск избыточного активного ила; 10 - регенератор; 11 - выпуск сточных вод после первой ступени очистки; 12 - аэротенк второй ступени; 13 - регенератор второй ступени.

## 5.5 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Биологический фильтр - очистное сооружение, заполненное загрузочным материалом, через который фильтруется сточная вода и на поверхности которого развивается биологическая пленка. Очистка сточных вод осуществляется вследствие жизнедеятельности микроорганизмов, образующих биопленку.

Таблица 5.9 - Виды биологических фильтров

Биофильтры	Расход сточных вод, м <sup>3</sup> /сут.
1. С объемной загрузкой:	
капельные	до 1000
высоконагружаемые	до 50 000
башенные	до 50 000
2. С плоскостной загрузкой:	
с засыпной нагрузкой	до 10 000
с блочной загрузкой	до 50 000
с мягкой загрузкой	до 10 000
погружные дисковые	до 1 000

### *Капельные биофильтры*

Для капельных биофильтров используют загрузочный материал с крупностью фракций 25-40 мм; рабочая высота фильтра 1,5-2 м. Допустимая БПК<sub>полн</sub> сточных вод, подаваемых на биофильтр, составляет 220 мг/л, гидравлическая нагрузка 1-3 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в сутки.

При расчете капельных биофильтров определяют коэффициент  $k$

$$k = L_a/L_t, \quad (5.61)$$

где  $L_a$ ,  $L_t$  - БПК<sub>полн</sub> поступающих и очищенных сточных вод.

Высоту фильтра Н и гидравлическую нагрузку  $q_p$  определяют с учетом среднезимней температуры сточной воды Т и вычисленного значения  $k$ , пользуясь таблицей 5.10 .

Таблица 5.10 - Расчетные параметры капельных биофильтров

Гидравлическая нагрузка $q_p$ , ( $m^3/m^2 \cdot сут$ )	Коэффициент $k$ при температуре $T, ^\circ C$ и высоте $H, m$							
	T=8		T=10		T=12		T=14	
	H=1,5	H=2	H=1,5	H=2	H=1,5	H=2	H=1,5	H=2
1	8	11,6	9,8	12,6	10,7	13,8	11,4	15,1
1,5	5,9	10,2	7	10,9	8,2	11,7	10	12,8
2	4,9	8,2	5,7	10	6,6	10,7	8	11,5
2,5	4,3	6,9	4,9	8,3	5,6	10,1	6,7	10,7
3	3,8	6	4,4	7,1	6	8,6	5,9	10,2

По расходу очищаемых сточных вод  $Q, m^3/сут.$ , и гидравлической нагрузке  $q_p, (m^3/m^2 \cdot сут)$ , вычисляют общую площадь биофильтров  $F, m^2$

$$F = Q/q_p. \quad (5.62)$$

Если полученное значение  $k$  превышает значения, приведенные в таблице 5.10, необходимо вводить рециркуляцию и расчет производить по методике расчета высоконагружаемых биофильтров с рециркуляцией.

Биофильтры устраивают в виде отдельных секций, число и размеры секций которых зависят от способов распределения сточной воды по поверхности, условий их эксплуатации и др; число секций принимается не менее двух и не более восьми; все секции должны быть рабочими.

### *Высоконагружаемые биофильтры*

Высоконагружаемые биофильтры отличаются от капельных более высокой окислительной мощностью и могут быть с естественной и искусственной аэрацией (аэрофильтры). Высоту биофильтра назначают в зависимости от БПК<sub>полн</sub> очищенной сточной воды, гидравлическую нагрузку принимают 10-30 (м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·сут), допустимая БПК<sub>полн</sub> поступающих на биофильтр сточных вод 300 мг/л.

При расчете высоконагружаемых биофильтров определяют коэффициент  $k$  по формуле

$$k = L_a/L_t. \quad (5.63)$$

По средне зимней температуре сточной воды  $T_3$  и по найденному значению  $k$  определяют высоту биофильтра  $H$ , гидравлическую нагрузку  $q$  и расход воздуха  $V_{уд}$ , пользуясь таблицей 5.11. Если полученное значение  $k$  отличается от приведенных в таблице, следует принимать для очистки без рециркуляции  $H$ ,  $q_p$  и  $V_{уд}$  по ближайшему большему значению  $k$ , для очистки с рециркуляцией - по меньшему.

При очистке без рециркуляции находят площадь биофильтров

$$F = Q/q_p. \quad (5.64)$$

При очистке сточных вод с рециркуляцией определяют допустимую БПК<sub>полн</sub> смеси исходной и рециркуляционной сточной воды вычисляют по формуле

$$L_{см} = k \cdot L_t. \quad (5.65)$$

С учетом степени рециркуляции  $R = (L_a - L_{см})/(L_{см} - L_t)$ , площадь биофильтра с рециркуляцией равна

$$F = Q(R+1)/q_p. \quad (5.66)$$

Таблица 5.11 - Параметры для расчета аэрофильтров

Высота био-фильтра Н, м	Значение k при среднезимней температуре сточной воды $T_z, ^\circ\text{C}$							
	8		10		12		14	
	Гидравлическая нагрузка $q_p, (\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{сут.})$							
	10	20	10	20	10	20	10	20
при $V_{\text{уд}}=8 \text{ м}^3$ на $1 \text{ м}^3$ воды								
2	3,02	2,32	3,38	2,5	3,76	2,74	4,3	3,02
3	5,26	3,53	6,2	3,96	7,32	4,64	8,95	5,25
4	9,05	5,37	10,4	6,25	11,2	7,54	12,1	9,05
при $V_{\text{уд}}=10 \text{ м}^3$ на $1 \text{ м}^3$ воды								
2	3,69	2,89	4,08	3,11	4,5	3,36	5,09	3,67
3	6,1	4,24	7,08	4,74	8,23	5,31	9,9	6,04
4	10,1	6,23	12,3	7,18	15,1	8,45	16,24	10
при $V_{\text{уд}}=12 \text{ м}^3$ на $1 \text{ м}^3$ воды								
2	4,32	3,38	4,76	3,72	5,31	3,98	5,97	4,31
3	7,25	5,01	8,35	5,55	9,9	6,35	11,7	7,2
4	12	7,35	14,8	8,2	18,4	10,4	23,1	12

Конструктивные параметры аэрофильтров приведены в [4].

#### *Биофильтры с плоскостной загрузкой*

Для биологических фильтров с плоскостной загрузкой в качестве загрузки используют пластмассовые кольца, обрезки труб, шариков, полимерные пленки, синтетические ткани, прикрепляемые на каркасах или укладываемые в виде рулонов и другие.

Допустимая БПК<sub>полн</sub> поступающих сточных вод при полной биологической очистке составляет не более 250 мг/л. Гидравлическую нагрузку  $q_p$  принимают в соот-

ветствии с необходимым эффектом очистки Э, %, средне зимней температурой сточных вод Т, °С, и принятой высотой слоя загрузки Н, м. Высота слоя загрузки назначается в зависимости от требуемой степени очистки, в пределах 3-4 м. Пористость загрузочного материала надлежит принимать 93-96 %, удельную поверхность - 90-110 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

При расчете биофильтров с пластмассовой загрузкой следует определить гидравлическую нагрузку. По гидравлической нагрузке и расходу сточных вод - объем загрузки, V, м<sup>3</sup>, и площадь фильтров, F, м<sup>2</sup>

$$V = Q/q_p, \quad (5.67)$$

$$F = V/H \quad (5.68)$$

Гидравлическую нагрузку q<sub>p</sub> в соответствии с необходимым эффектом очистки Э, %, средне зимней температурой сточных вод Т<sub>з</sub>, °С, и принятой рабочей высотой фильтра Н, м, согласно СНиП 2.04.03-85 можно определить по таблице 5.12.

Таблица 5.12. Гидравлическая нагрузка на биофильтры

Эффект очист- ки Э, %	Гидравлическая нагрузка q <sub>p</sub> , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> · сут.), при высоте слоя загрузки Н, м							
	Н=3				Н=4			
	Температура сточных вод Т <sub>з</sub> , °С							
	8	10	12	14	8	10	12	14
90	6,3	6,8	7,5	8,2	8,3	9,1	10	10,9
85	8,4	9,2	10	11	11,2	12,3	13,5	14,7
80	10,2	11,2	12,3	13,3	13,7	9,1	16,4	17,9

$$K = \frac{450}{20} = 22,5.$$

При  $t_{3C} = 14^\circ C$  и высоты  $H = 2 \text{ м}$ :  $q_p = 1 \text{ м}^3/\text{м}^2$ .

Для расхода сточных вод  $Q = 55,2 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут}$  рекомендуется проектировать высоконагружаемые биофильтры с гидравлической нагрузкой  $q_p = 10 \dots 30 \text{ м}^3/\text{м}^2$  в сутки.

$$F = \frac{55200}{30} = 1840 \text{ м}^2.$$

## 5.6 МЕТАНТЕНКИ

Одним из основных методов обезвреживания осадков сточных вод является анаэробное сбраживание, осуществляемое микроорганизмами. Процесс сбраживания осадка из первичных и вторичных отстойников или биопленки, выносимой с биофильтров происходит в метантенках. Для интенсификации процесса сбраживания осадок подогревают до температуры  $30-33^\circ C$  и брожение называется мезофильным, брожение при температуре  $52-55^\circ C$  - термофильным. Для подогрева используется газ, полученный во время сбраживания.

Расчет метантенков заключается в подсчете количества образующихся на очистной станции осадков, выборе режима сбраживания, определении требуемого объема сооружений и степени распада беззольного вещества осадков.

Количество сухого вещества осадка  $O_{\text{сух}}$  и активного ила  $I_{\text{сух}}$ , образующихся на станции в т/сут, рассчитывают по следующим формулам

$$O_{\text{сух}} = \frac{C \cdot \mathcal{E} \cdot K}{1000 \cdot 1000} Q, \quad (5.69)$$

$$I_{\text{сух}} = \frac{0,8C(1 - \mathcal{E}) + 0,3L_a - b}{1000 \cdot 1000} Q, \quad (5.70)$$

где  $C$  - концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на первичные отстойники, мг/л;

$\mathcal{E}$  - эффективность задержания взвешенных веществ в первичных отстойниках, в долях единицы;

$K$  - коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных фракций взвешенных веществ, не улавливаемых при отборе проб для анализа, равный 1,1-1,2;

$Q$  - средний расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$L_a$  - БПК<sub>полн</sub> поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л;

$b$  - вынос активного ила из вторичных отстойников, мг/л, принять в соответствии с [2].

Количество беззольного вещества осадка  $O_{\text{без}}$ , т/сут., и активного ила  $I_{\text{без}}$ , т/сут., вычисляют по формулам

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} (100 - B_{\Gamma}) (100 - Z_{\text{ос}})}{100 \cdot 100}, \quad (5.71)$$

$$I_{\text{без}} = \frac{I_{\text{сух}} (100 - B_{\Gamma}) (100 - Z_{\text{ил}})}{100 \cdot 100}, \quad (5.72)$$

где  $B_{\Gamma}$ ,  $B_{\Gamma}'$  - гигроскопическая влажность соответственно сырого осадка и активного ила, %, (принять равной 5 %);

$Z_{\text{ос}}$ ,  $Z_{\text{ил}}$  - зольность сухого вещества осадка и ила соответственно, % (принять зольность осадка  $Z_{\text{ос}}=30$  %, зольность активного ила  $Z_{\text{ил}}=25$  %).

Расход сырого осадка  $V_{oc}$ ,  $m^3/сут$ , и избыточного активного ила  $V_{ил}$ ,  $m^3/сут$

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot O_{сух}}{(100 - W_{oc}) \rho_{oc}}, \quad (5.73)$$

$$V_{ил} = \frac{100 \cdot I_{сух}}{(100 - W_{ил}) \rho_{ил}}, \quad (5.74)$$

где  $W_{oc}$  - влажность сырого осадка, %;

$W_{ил}$  - влажность избыточного активного ила, %;

$\rho_{oc}$ ,  $\rho_{ил}$  - плотность осадка и активного ила.

При удалении осадка из отстойников плунжерными насосами влажность осадка можно принять равной 94 %, уплотненного активного ила – 97 %, при такой влажности плотность осадка и активного ила можно принять равной 1.

Общий расход осадков на станции:

по сухому веществу, т/сут.

$$M_{сух.} = O_{сух.} + I_{сух.}; \quad (5.75)$$

по беззольному веществу  $M_{без}$ , т/сут.

$$M_{без.} = O_{без.} + I_{без.}; \quad (5.76)$$

по объему смеси фактической влажности  $M_{общ}$ ,  $m^3/сут$

$$M_{общ} = V_{oc} + V_{bk}. \quad (5.77)$$

Средние значения влажности смеси  $B_{см}$ , %, и зольности  $Z_{си}$ , %

$$B_{см} = 100 \left( 1 - \frac{M_{сух}}{M_{общ}} \right), \quad (5.78)$$

$$Z_{\text{си}} = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{M_{\text{без}}}{O_{\text{сх}}(100 - B_{\text{Г}})/100 + I_{\text{сх}}(100 - B'_{\text{Г}})/100} \right] \quad (5.79)$$

Зная фактическую влажность смеси, можно подсчитать требуемый объем метантенка  $V$ , м<sup>3</sup>

$$V = \frac{M_{\text{общ}} \cdot 100}{D}, \quad (5.80)$$

где  $D$  - суточная доза загрузки осадка в метантенк, %, принимаемая в соответствии со СНиП 2.04.03-85.

Режим сбраживания выбирают с учетом методов последующей обработки осадков. Если для подсушки сброженного осадка проектируются иловые площадки, следует принять термофильный режим или предусмотреть после мезофильного процесса дегельментизацию осадка. Если предполагается термическая сушка осадка, сбраживание целесообразно производить в мезофильных условиях.

Конструктивные размеры метантенков приведены в [4].

Число метантенков должно быть не менее двух, при этом резервных емкостей не предусматривают.

Выход газа  $y'$  в м<sup>3</sup> на 1 кг загруженного беззольного вещества (при плотности равной 1)

$$y' = (\alpha - n \cdot D)/100, \quad (5.81)$$

где  $\alpha$  - предел сбраживания осадка, %;

$n$  - экспериментальный коэффициент, зависящий от влажности осадка и температурного режима сбраживания, принимается по таблице 25.

Для смеси осадка и активного ила предел распада

$$\alpha_{\text{см}} = \frac{\alpha_o \cdot O_{\text{без}} + \alpha \cdot I_{\text{без}}}{M_{\text{общ}}}, \quad (5.82)$$

где  $\alpha_o$ ,  $\alpha_{и}$  - пределы распада соответственно осадка и ила, % (принять  $\alpha_o=53$  %,  $\alpha_{и}=47$  %).

Суммарный выход газа  $\Gamma$ , м<sup>3</sup>/сут.

$$\Gamma = y' \cdot M_{\text{без}} \cdot 1000. \quad (5.83)$$

Для выравнивания давления газа в газовой сети предусматривают мокрые газгольдеры, емкость которых рассчитывают на 2-6 часовой выход газа.

$$V_{\Gamma} = \Gamma \cdot (2-6) / 24. \quad (5.84)$$

Основные типоразмеры газгольдеров следует принять по данным, приведенным в [4].

Далее следует определить качество сброженной смеси, то есть рассчитать ее влажность и зольность. В процессе сбраживания происходит распад беззольных веществ, приводящий к уменьшению массы сухого вещества и увеличению влажности осадка. Величина  $y'$ , выраженная в %, представляет собой степень распада беззольного вещества, подсчитанную по выходу газа. Масса беззольного вещества в сброженной смеси  $M_{\text{без}}$ , т/сут, определится из выражения

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{без}} \cdot (100 - y')}{100}, \quad (5.85)$$

Разность ( $M_{\text{сух}} - M_{\text{без}}$ ) представляет собой зольную часть, не подвергающуюся изменениям в процессе сбраживания. Масса сухого вещества  $M_{\text{сух}}$ , т/сут., в сброженной смеси выразится суммой

$$M_{\text{сух}} = (M_{\text{сух}} - M_{\text{без}}) + M_{\text{без}}. \quad (5.86)$$

Принимая гигроскопическую влажность сброженной смеси 6%, можно определить ее зольность  $Z_{\text{см}}$ , %:

$$Z_{\text{см}} = 100 - \frac{M_{\text{без}} \cdot 100 \cdot 100}{M_{\text{сух}} (100 - 6)}, \quad (5.87)$$

Влажность сброженной смеси  $V'_{\text{см}}$ , %, определится из соотношения

$$V'_{\text{см}} = 100 - \frac{M_{\text{сух}}}{M_{\text{сух}}} 100, \quad (5.88)$$

## 5.7 ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ

Иловые площадки - это спланированные земляные участки с естественным или искусственным (асфальтобетонным) дренажным основанием, окруженные земляными валиками.

Иловые площадки служат для естественного обезвоживания осадка, сброженного в метантенках, септических камерах двухъярусных отстойников. Осадок периодически напускают на площадки, где он высыхает и частично разлагается. Подсохший осадок убирают с площадок и используют как удобрение.

Полезная площадь иловых площадок  $A_{\text{п}}$ ,  $\text{м}^2$

$$A_{\text{п}} = 365 \cdot W / H_{\text{р}}, \quad (5.89)$$

где  $W$  - суточное количество осадка, поступающего на иловые площадки,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ ;

$H_{\text{р}}$  - нагрузка на иловые площадки в год,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ , принимают по таблице 5.13.

Иловые площадки на естественном основании проектируются в фильтрующих грунтах. При глубине грунтовых вод менее 1,5 м от поверхности карты следует предусматривать дренаж. Иловые площадки с поверхностным удалением иловой воды проектируются в

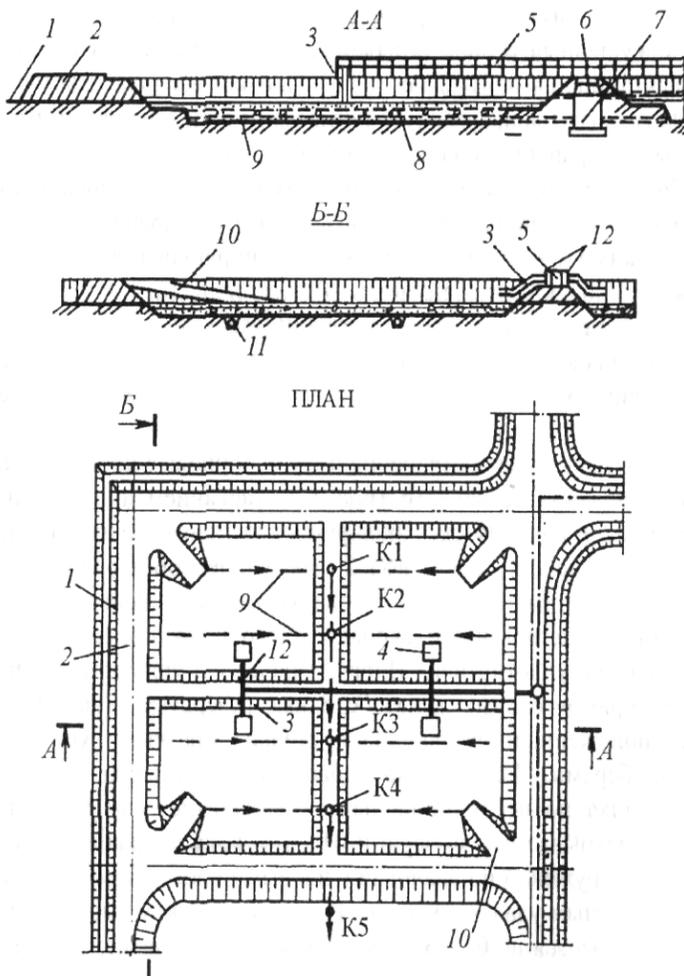


Рис. 5.7. Иловые площадки на естественном основании с дренажом:

1 -- кювет ограждающей канавы; 2 - дорога; 3 - сливной лоток; 4 - щит под шивным лотком; 5 - разводящий лоток; 6 - дренажный колодец; 7 - сборная дренажная труба; 8 - дренажный слой; 9 - дренажные трубы; 10 - съезд на карту; // - дренажная канава; 12 - шиберы; K1-K5 – колодцы

мало фильтрующих грунтах для очистных сооружений производительностью более 10 000 м<sup>3</sup>/сут. Иловые площадки-уплотнители проектируются только для хорошо распадающихся осадков.

Таблица 5.13 - Нагрузка на иловые площадки в год, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>

Характеристика осадка	Тип иловой площадки				
	на естественном основании	на естественном основании с дренажем	на искусственном основании с дренажем	каскадные с поверхностным удалением иловой воды	площадки-уплотнители
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
То же в термофильных условиях	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0
Сброженный осадок их первичных отстойников и осадок из двухъярусных отстойников	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аэробно стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5

## 6 Экономическое обоснование очистных сооружений

В качестве основных показателей эффективности проекта рекомендуется определить:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- срок окупаемости капитальных вложений.

$$T_{OK} = \frac{K}{ЧД} \leq [T_H] \quad (6.1)$$

где  $[T_H]$  = 12 лет – для очистных сооружений;

$ЧД$  - чистый доход;

$K$  - капитальные вложения.

$$ЧД = P_{ЭК} - И_{ЭКС} \quad (6.2)$$

где  $P_{ЭК}$  - экономический результат при очистке стоков;

$И_{ЭКС}$  - годовые эксплуатационные издержки.

$$P_{ЭК} = Y_{PP} + Э \quad (6.3)$$

где  $Y$  - предотвращённый ущерб окружающей среде;

$Э$  - экономико-экологические налоги.

### 6.1 Определение предотвращенного экономического ущерба от сброса сточных вод в реку.

Величину ликвидируемого или предотвращенного экономического ущерба (тыс. руб.) определим по формуле

$$Y_{пр} = Y_{уд.п} \times (M_B - M_{ост}) \times K_э \times K_{инд} \quad (6.5)$$

где  $Y_{уд.п}$  - показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водных ресурсов, руб./усл. тонну загрязнителя ( $Y_{уд.п} = 8400$  руб./усл.т. в базовых ценах 2001 г) [Национальный отчет по проекту «Идентификация и оценки «Горячих точек» 2001-2003 г. UNIDO];

$M_B$  и  $M_{ост}$  - приведенная масса возможного и остаточного годового сброса биогенных веществ от рассматриваемого источника, усл. т/год;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий экологические факторы (водных объектов), по бассейнам морей и рек: (для Брянской области  $K_3 = 1,3$ );

$K_{инд}$  – коэффициент индексации к базовым ценам 2001года,

$M_B$  - приведенная масса возможного годового сброса биогенных веществ от рассматриваемого источника, которая определяется следующим образом:

$$M_B = \frac{1}{ПДК_{ei}} \times m_{ei}, \quad (6.6)$$

где  $m_{ei}$  - общая масса годового сброса  $i$ -того вещества, т/год;

$ПДК_{ei}$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -того вещества, в нашем случае для водоемов рыбохозяйственного значения, г/м<sup>3</sup>.

Пример расчета годового сброса биогенных веществ выполнен в табличной форме и представлен в таблице 6.1.

Масса годового сброса (возможного и остаточного)  $i$ -го вещества

$$m_{ei} = C_{Hi} \cdot Q \cdot 365 \cdot 10^{-6}, \text{ м/}_{200д}. \quad (6.4)$$

$$m_{oi} = C_{Oчi} \cdot Q \cdot 365 \cdot 10^{-6}, \text{ м/}_{200д}. \quad (6.5)$$

Таблица 6.1 – Расчет приведенной массы сброса загрязняющих веществ

№ п/п	Наименование веществ	Концентрация загрязняющих веществ в стоках, г/м <sup>3</sup>		Масса сбросов веществ, т/год (Q <sub>сут</sub> = 55,2 тыс.м <sup>3</sup> )		ПДК, г/м <sup>3</sup>	A <sub>i</sub>	Приведенная масса сброса веществ, т	
		не очищенных C <sub>н</sub>	очищенных C <sub>оч</sub>	возможная m <sub>в</sub>	остаточная m <sub>о</sub>			M <sub>в</sub>	M <sub>о</sub>
1	Взвешенные вещества	268	28	5380	562	10	0,1	538	56,2
2	БПК	450	20,7	9033	415	3	0,33	2980	136
	Итого	-	-	-	-	-	-	3518	192

Предотвращенный ущерб

$$У_{пр} = 8400 \times (3518 - 192) \times 1,3 \times 7,2 = 201156 \text{ тыс. руб.}$$

### 6.1 Расчет снижения платы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты

Плата за сбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы сбросов (ПДС) П<sub>н,вод</sub>, руб., определяется по формуле:

$$П_{н,вод} = \sum_{i=1}^n K_{инд} \cdot K_{э,вод} \cdot H_{бнi, вод} \cdot m_{i,вод}, \quad (6.6)$$

$$\text{при } m_{i,вод} \leq m_{нi,вод},$$

где  $K_{инд}$  - коэффициент, учитывающий инфляцию, в соответствии с нормативами платы за негативное воздействие на окружающую среду установленные в 2005 году применяются с коэффициентом 1,67 и в 2003 году с коэффициентом 2,05;

$K_{э,вод}$  - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), по бассейнам морей и рек, принимается для Брянской области  $K_{э,вод} = 1,3$ ;

$H_{бнi,вод}$  - базовый норматив платы за сброс одной тонны  $i$ -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы сбросов (ПДС), руб.

$m_{i,вод}$  - фактическое количество сброса  $i$ -го загрязняющего вещества, т/год;

$m_{нi,вод}$  - предельно допустимый для природопользователя сброс  $i$ -го загрязняющего вещества, т/год.;

Плата за сбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (ВСЛ)  $П_{л,вод}$ , руб, определяется по формуле

$$П_{л,вод} = \sum_{i=1}^n K_{инд} \cdot K_{э,вод} \cdot H_{блi,вод} \cdot (m_{i,вод} - m_{нi,вод}) \quad (6.7)$$

при  $m_{нi,вод} < m_{i,вод} \leq m_{лi,вод}$ ,

где  $H_{блi,вод}$  - базовый норматив платы за сброс одной тонны  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита, руб.;

$m_{лi,вод}$  - значение временно согласованного лимита сброса загрязняющего вещества, т;

Плата за сверхлимитный сброс загрязняющих веществ  $П_{сл,вод}$ , руб, определяется по формуле

$$П_{сл,вод} = 5 \sum_{i=1}^n K_{инд} \cdot K_{э,вод} \cdot H_{блi,вод} \cdot (m_{i,вод} - m_{лi,вод})$$

при  $m_{i,вод} > m_{лi,вод}$ . (6.8)

Общая плата за загрязнение поверхностных и подземных водных объектов  $P_{\text{вод}}$ , руб, определяется по формуле:

$$P_{\text{вод}} = P_{\text{н,вод}} + P_{\text{л,вод}} + P_{\text{сл, вод}} \quad (6.9)$$

Пример расчета массы загрязняющих веществ сбрасываемых в реку по выпускам до и после очистных сооружений представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2- Расчет массы загрязняющих веществ сбрасываемых в реку

Наименование загрязняющих веществ	Концентрация веществ, г/м <sup>3</sup> C <sub>v</sub>		Нормативы платы за сброс ЗВ в пределах		Фактически сброшено ЗВ, т/год		
					«без проекта» m <sup>бп</sup> <sub>i,вод</sub>		«с проектом» m <sup>сп</sup> <sub>i,вод</sub>
	«без проекта»	«с проектом»	ПДС	ВСЛ	ПДС	ВСЛ	ПДС
Взвешенные вещества	230	10	366	1830	34	747	34
БПК	165	3	91	455	10	550	10
Азот аммонийный	13,7	0,3	551	2755	1	45	1

Экономия платы за сбросы загрязняющих веществ при реализации проектных решений составит

$$\Delta\P = (747 \times 1830 + 550 \times 455 + 2755 \times 45) \times 1,3 \times 1,67 = 1840 \text{ тыс. руб.}$$

Годовой экономический результат от проекта составит

$$P = Y_{\text{пр}} + \Delta\P = 201156 + 1840 = 202996 \text{ тыс. руб.}$$

Капитальные вложения в строительство очистных сооружений

$$K = K_{\text{уд}} \times K_{\text{инд}} \times \sum_{i=1}^n V_{\text{ст}}$$

$$K = 3,0 \times 7,2 \times 55,2 \times 365 = 435197 \text{ тыс. руб.}$$

где  $K_{\text{уд}}$  – удельные капитальные вложения в ценах 2001 года,  $K_{\text{уд}} = 3 \text{ руб/м}^3$ ;

$V_{\text{ст}}$  – годовой объём стоков,  $\text{м}^3$ ;

$K_{\text{инд}}$  – коэффициент индексации к ценам 2001 года

Годовые эксплуатационные затраты

$$C_{\text{Г}} = C_{\text{уд}} \times K_{\text{инд}} \times \sum_{i=1}^n V_{\text{ст}} \quad (6.10)$$

где  $C_{\text{уд}}$  – удельные эксплуатационные затраты в ценах 2001 года,  $C_{\text{уд}} = 1,0 \text{ руб/м}^3$ ;

$$C_{\text{Г}} = 1,0 \times 7,2 \times 55,2 \times 365 = 145065 \text{ тыс. руб.}$$

где  $C_{\text{уд}}$  – удельные эксплуатационные затраты,  $\text{руб./м}^3$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{P - C_{\text{э}}} \leq T_{\text{н}} \quad (6.11)$$

где  $T_{\text{н}}$  – нормативный срок окупаемости капитальных вложений,  $T_{\text{н}} = 12 \text{ лет}$

$$T_{\text{ок}} = \frac{435197}{202996 - 145065} = 7,5 \text{ лет.}$$

Приложение А

БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра природообустройства и водопользования

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине \_\_\_\_\_

на тему: ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Выполнил: студент гр. Е 081  
Иванов А. А.

Проверил:

Брянск – 2014

## Приложение Б

### ЗАДАНИЕ для курсовой работы

ПО дисциплине \_\_\_\_\_  
на тему «Водоотведение и очистка сточных вод»  
студента \_\_\_\_\_ гр. , вариант № \_\_\_\_\_  
специальность \_\_\_\_\_

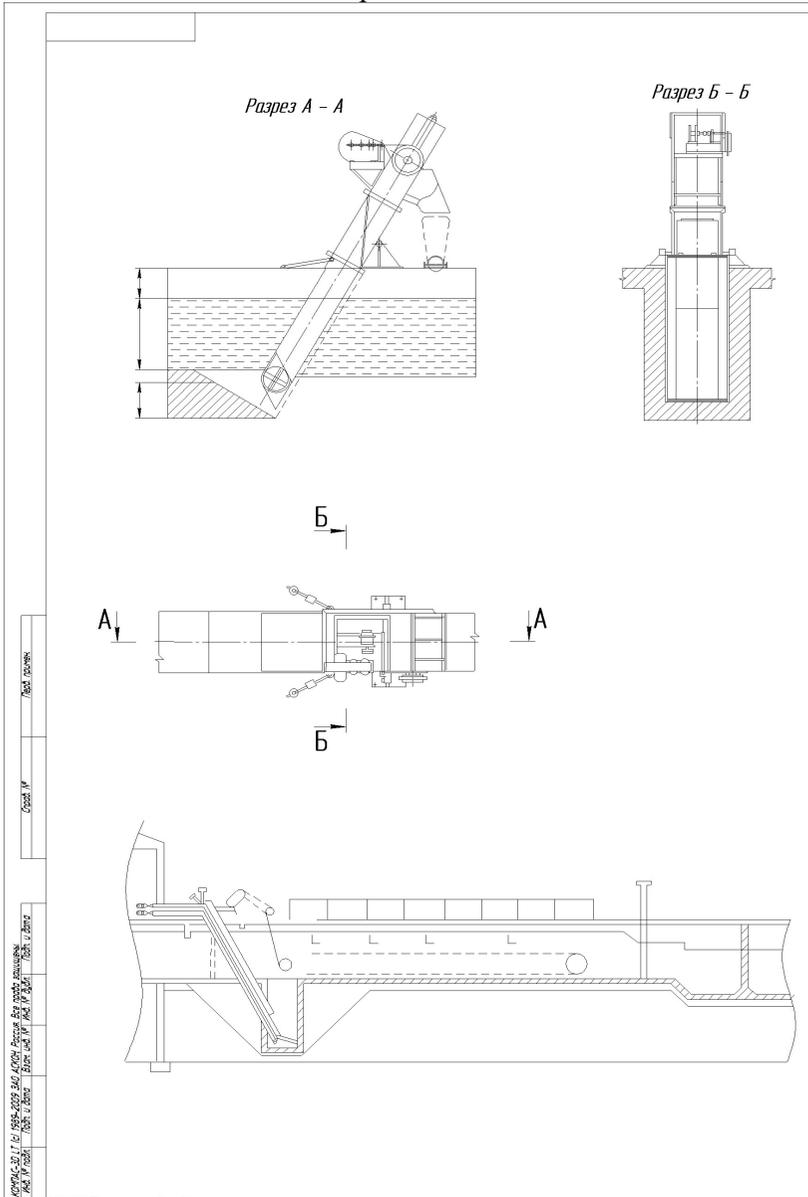
Показатели	Обозначения	Един. измерения	Значения
1. Расход хозяйственно-бытовых стоков	$Q_{хб}$	тыс.м <sup>3</sup> /сут	
2. Расход производственных стоков:			
а)хлопчатобумажный комбинат	$Q_{хк}$	тыс.м <sup>3</sup> /сут	
б)автомойка	$Q_{ам}$	тыс.м <sup>3</sup> /сут	
в)машиностроительный завод	$Q_{мз}$	тыс.м <sup>3</sup> /сут	
3. Концентрация загрязнений в стоках по взвешенным веществам:	$C_{вв}$	мг/л	
а)хлопчатобумажный комбинат	$C_{хк}$		
б)автомойка	$C_{ам}$		
в)машиностроительный завод	$C_{мз}$		
г) хозяйственно-бытовые стоки	$C_{хб}$		
4. Концентрация БПК:	$L_a$	мг/л	
а)хлопчатобумажный комбинат	$L_a^{хк}$		
б)автомойка	$L_a^{ам}$		
в)машиностроительный завод	$L_a^{мз}$		
г) хозяйственно-бытовые стоки			
5. Расход воды в реке	$Q_p$		
6. Содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска сточных вод	$B$	мг/л	10
7. Содержание растворенного кислорода в речной воде до места выпуска сточных вод	$O_p$	мг/л	7
8. Биологически потребляемый кислород речной воды	$L_p$	мг/л	2
9. Среднегодовая температура воздуха	$t_{гв}$	°С	7
10. Средняя зимняя температура сточных вод	$t_{зс}$	°С	14
11. Средняя месячная температура сточных вод за летний период	$t_{лс}$	°С	20
12. Гидравлическая крупность песка расчетного диаметра	$d_{п}$	мм/сек	18
13 Высота подъема стоков на очистные сооружения			

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## Содержание

1. Определение концентрации смешанного загрязнения	3
2. Определение необходимой степени очистки вод:	
2.1 Расчёт необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам	4
2.2 Расчёт степени очистки сточных вод по потребности растворённого кислорода	5
<b>3. Обоснование и выбор метода очистки</b>	
3.1 Назначение очистных сооружений	6
3.2 Состав очистных сооружений	7
4. Расчёт конструкции очистных сооружений	11
4.1 Решётки	11
4.1.1 Определение необходимой площади живого сечения рабочих решёток	12
4.2 Расчёт песколовки	15
4.3 Отстойники	20
4.4 Аэротенки	25
4.5 Вторичные отстойники	29
4.6 Биофильтры	30
4.7 Иловые площадки	32
5. Экономическое обоснование	33
6. Список используемой литературы	37

# Приложение Г – Пример выполнения графической части работы



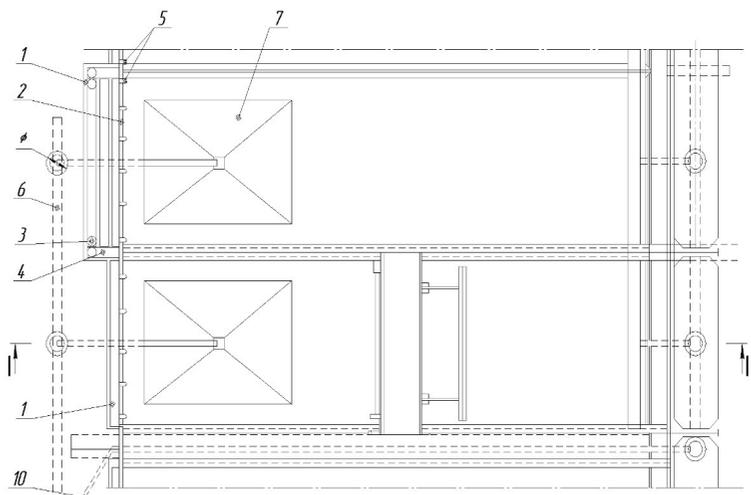
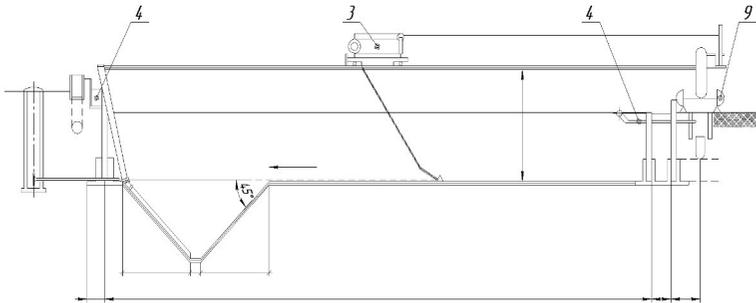
Лист 1 из 1  
 Число листов  
 Дата  
 Шкала

Исполнитель:   
 Проверил:   
 Утвердил:   
 Дата:   
 КИПИАИ - НИ ИТ ВШ Белорусского государственного университета

# Продолжение приложения Г

**Рис. 3**

Рисун 11



- 1. Підвіщальний бичок
- 2. Дверка для подачі стачної води
- 3. Середкова тележка
- 4. Верхня тележка
- 5. Впускне отвір
- 6. Трапецієвидне отвір для опадів осади
- 7. Осадний отвір
- 8. Причіп для осадженої осади
- 9. Фронтальна тележка
- 10. Жарогорілка
- 11. Жаростійкий лопат

№	Акт	№	Директ.	Інст.	Дат.	Акт	Рисун	Рисунки
								11
								1
Інженер:								

Коллектор Формат А1

Приложение Д- Исходные данные для курсовой работы по дисциплин «Водоотведение и очистка сточных вод»

Показатели	Обозначения	Единицы измерения	Численные значения по вариантам									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Расход хозяйственно-бытовых стоков	$Q_{хб}$	тыс.м <sup>3</sup> /сут	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
2. Расход производственных стоков, поступающих в городскую канализацию:	$Q_{пр}$	тыс.м <sup>3</sup> /сут										
а) хлопчатобумажный комбинат			10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5
б) автомойка			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
в) машиностроительный завод			5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9
3. Концентрация взвешенных веществ:	$C_{в.в}$	мг/л	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
а) хлопчатобумажный комбинат			180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
б) автомойка			170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
в) машиностроительный завод			200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
г) хозяйственно-бытовых стоков			300	301	302	303	303	304	305	306	307	308
4. Концентрация БПК:	$C_{БПК}$	мг/л										
а) хлопчатобумажный комбинат			360	361	362	363	364	365	366	367	368	369
б) автомойка			200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
в) машиностроительный завод			250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
г) хозяйственно-бытовых стоков			500	510	520	530	540	550	560	570	580	590
5. Расход воды в реке	$Q_p$	м <sup>3</sup> /сек	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
6. Высота подъёма стоков на очистные сооружения	$H_n$		15	16	17	18	19	20	21	22	21	20

Продолжение таблицы

Показатели	Обозначения	Единицы измерения	Численные значения
6. Содержание взвешенных веществ до спуска сточных вод в водоеме	$B$	мг/л	10
7. Содержание растворенного кислорода в речной воде до места выпуска сточных вод	$O_p$	мг/л	7
8. Биологически потребляемый кислород речной воды	$L_p$	мг/л	2
9. Среднегодовая температура воздуха	$t_{гв}$	°С	7
10. Средняя зимняя температура сточных вод	$t_{зс}$	°С	14
11. Средняя месячная температура сточных вод за летний период	$t_{лс}$	°С	20
12. Гидравлическая крупность песка расчетного диаметра	$D_n$	мм/сек	18



## Приложение Е

### Фекальный насос типа СД и СМ.

1. Максимальная производительность до  $800\text{ м}^3/\text{час}$ ;
2. Максимальный напор до 95 метров водяного столба.

Характеристика перекачиваемой жидкости:

1. Плотность перекачиваемой жидкости до  $1100\text{ кг/м}^3$ ;
2. Содержание абразивных взвешенных частиц не более 1% по объему и микротвердостью не более  $9000\text{ МПа}$ ;
3. Максимальный размер абразивных частиц не более 5 мм и неабразивных частиц не более 20 мм;
4. Водородный показатель рН от 6 до 8,5;
5. Температура перекачиваемой жидкости до  $+90^\circ\text{ С}$ .

Области применения: **фекальный насос** применяется в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, в системах канализации. Наиболее широко **применение фекальных насосов** на очистных сооружениях, и являются основой канализационных систем на предприятиях и организациях.

Таблица заменяемости фекальных насосов

С 1973 года	С 1982 года	С 1990 года
ФГ14,5/10	СД 16/10	СМ80-50-200/4
ФГ25,5/14,5	СД25/14	СМ 100-65-200/4
ФГ16/27	СД 16/25	СМ80-50-200a/2
	СД32/40	СМ80-50-200/2
ФГ57,7/9,5	СД50/10	СМ 100-65-200/4
ФГ51/58	СД50/56	СМ100-65-200/2
ФГ81/18	СД80/18	СМ125-80-315a/4
ФГ81/31	СД80/32	СМ125-80-315/4
ФГ115/38	СД 100/40	СМ100-65-200/2
ФП 44/46	СД 160/45	СМ150-125-315/4
ФГ216/24	СД250/22,5	СМ150-125-315a/4
ФГ450/22,5	СД450/22,5	СМ250-200-400/6
ФГ450/57,5	СД450/56	СМ200-150-500a/4
ФГ540/95	СД450/95-2	СМ200-150-500/4
ФГ800/33	СД800/32	СМ250-200-400/4

Продолжение Е

Сводная таблица технических характеристик фекальных насосов типа СД

Тип насоса	Мощн.двиг., кВт	Частота вращ., об.мин.	Подача м <sup>3</sup> /ч	Напор, м вод.ст.	Диаметр раб. колеса, мм	Размеры, мм			Масса агрегата кг
						L	H	B	
СД 16/10	1,5	1500	16	10	184	980	440	205	150
СД 16/10 а	1,1	1500	14	8,2	170	980	440	205	150
СД 16/10 б	1,1	1500	12,5	6,7	158	980	440	205	150
СД 16/25	4,0	3000	16	25	159	1015	410	340	105
СД 16/25 а	3,0	3000	15	20	145	1000	410	340	100
СД 16/25 б	2,2	3000	14	15,5	138	1000	410	340	100
СД 25/14	3,0	1500	25	14	224	1015	497	340	156
СД 25/14 а	2,2	1500	20	12	205	1000	497	340	149
СД 25/14 б	2,2	1500	16	10	188	1000	497	340	149
СД 32/40	11,0	3000	32	40	184	1140	475	265	195
СД 32/40 а	7,5	3000	28	33	170	1080	430	275	195
СД 32/40 б	5,5	3000	25	27	158	1020	430	200	195
СД 50/10	4,0	1500	50	10	195	1040	520	340	147
СД 50/10 а	3,0	1500	47	8	180	1010	520	340	140
СД 50/56	22,0	3000	50	56	222	1315	517	340	285
СД 50/56 а	18,5	3000	45	43	205	1320	517	340	260
СД 50/56 б	15,0	3000	40	34	188	1290	517	340	230
СД 70/80	30,0	3000	70	80	250	1350	562	340	285
СД 70/80 а	22,0	3000	45	70	245	1310	562	340	260
СД 70/80 б	18,5	3000	35	66	230	1315	562	340	230
СД 100/40	30,0	3000	100	40	190	1350	520	340	315
СД 100/40 а	22,0	3000	90	32	180	1310	520	340	285
СД 100/40 б	18,5	3000	80	28	170	1315	520	340	260
СД 160/45	37,0	1500	160	45	388	1900	743	465	745
СД 160/45 а	30,0	1500	144	36	358	1810	743	465	665
СД 160/45 б	22,0	1500	128	30	338	1770	743	465	645
СД 250/22,5	37,0	1500	250	22,5	295	1915	763	465	725
СД 250/22,5 а	30,0	1500	225	18,5	288	1830	763	465	640
СД 250/22,5 б	22,0	1500	205	16	275	1790	763	465	620
НС 400/80	200,0	1500	400	80	500	2665	1160	634	2240
НС 400/80 а	160,0	1500	380	64	454	2615	1160	634	2015
НС 400/80 б	110,0	1500	360	50	420	2510	1160	634	1925

**Приложение Ж -Основные параметры аэротенков-смесителей конструкции Союзводоканалниипроекта**

Ширина коридора, м	Рабочая глубина аэротенка, м	Число коридоров	Рабочий объем секции, м <sup>3</sup>	Длина секции, м	Число секций	Тип аэрации
3	1.2	2	170	24	3	механическая
3	1.2	2	260	36	3...4	механическая
4	4.5	2	864	24	2...4	низконапорная
4	4.5	2	1296	36	2...4	низконапорная
6	5	3	3780	42	2...4	пневматическая донная
6	5	3	5400	60	2...4	пневматическая донная
6	5	3	7560	84	2...5	пневматическая донная
9	5.2	4	21680	120	3...8	пневматическая донная
9	5.2	4	28080	150	3...8	то же

**Приложение З - Техническая характеристика аэротенков с рассредоточенным пуском сточных вод конструкции ЦНИИЭП инженерного оборудования**

Тип аэротенка	Длина, м	Рабочий объем, м <sup>3</sup>	Расстояние между впусками, м	Число секций	Пропускная способность станции, м <sup>3</sup> /сут.
АР-2-6-4.4	36-72	2010-4020	6	3-4	25-80
АР-2-9-4.4	42-84	35-20	6	3-4	35-140
АР-4-6-4.4	90-114	9760-12370	12	2-5	100-250
АР-4-9-4.4	90-114	14840-18800	12	2-5	150-300
АР-4-9-5	90-114	16800-21300	12	3-5	200-400

Примечание: первая цифра шифра аэротенка обозначает число коридоров, вторая - ширину коридора, третья - гидравлическую глубину.

**Приложение К - Основные параметры аэротенков-вытеснителей конструкции ЦНИИЭП инженерного оборудования**

Ширина коридоров, м	Рабочая глубина, м	Число коридоров	Рабочий объем одной секции, м <sup>3</sup> , при длине, м						
			36...42	48...54	60...66	72...78	84...90	96...102	108..114
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5	3.2	2	1040-1213	1386-1559	1732				
4.5	3.2	3	1560-1820	2080-2340	2600				
4.5	3.2	4	2070-2416	2762-3108	3494-3800				
4.5	4.4	2	1420-1658	1896-2134	2372				

**Приложение К**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5	4.4	3	2140-2496	2852-3208	3564				
4.5	4.4	4	2850-3325	3800-4275	4750-5225				
6	4.4	2		2530-2847	3154-3471	3788			
6	4.4	3		3800-4275	4750-5225	5700			
6	4.4	4		5700	5334-6968	7602-8230	6870		
6	5	2		2880-3240	3600-3960	4320			
6	5	3		4320-4860	5400-5940	6480			
6	5	4		6500	7220-7940	8666-9380	10100		
9	4.4	2				6180	6555-7130	7505-7980	8455
9	4.4	3				9270	9983-10696	11409-12222	12835
9	4.4	4				-	13300-14250	15200-16150	1710-18050
9	5	2				7020	7560-8100	8640-9180	9720
9	5	3				10530	11340-12150	12960-13770	14580
9	5	4				-	15120-16200	17280-18360	19440-20520

## Литература

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2006.
2. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1998.
3. Ласков Ю.М., Воронов Ю.М., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений. М.: Стройиздат, 1987.
4. Справочник по очистке природных и сточных вод / Л.Л. Пааль, Я.Я. Кару, Х.А. Мельдер и др. М.: Высш. шк., 1994.
5. Канализация. Учебник для вузов. Авт.: С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов., М., Стройиздат, 1975. 632 с.

## Содержание

Введение .....	3
Оформление курсового проекта .....	4
Методические указания к выполнению курсовой работы	5
Приложения .....	76
Литература .....	87