

ВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

– создание и развитие замкнутых систем промышленного водоснабжения. При оборотном водообеспечении промышленных предприятий часть сточных вод повторно используется в производстве после их очистки и охлаждения (при необходимости);
– применение маловодных и безводных технологических процессов и эффективных способов очистки начальных потоков сточной воды с учетом

повторного их использования СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84

СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод.

ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

МУ 2.1.5.1183-03. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий. Методические указания

Дополнения к СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85

Производственные сточные воды – это воды, использованные в технологическом процессе.

Они включают две основные категории: **загрязненные и незагрязненные (условно чистые)**.

Загрязненные сточные воды могут содержать примеси:
а) минеральные, б) органические, в) бактериальные, г) биологические.

Бытовые сточные воды – это воды от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, душевых установок и т.п.

Атмосферные сточные воды – дождевые и талые воды, а также воды, образующиеся при поливе улиц. Атмосферные осадки содержат до *100 мг/л* примесей.

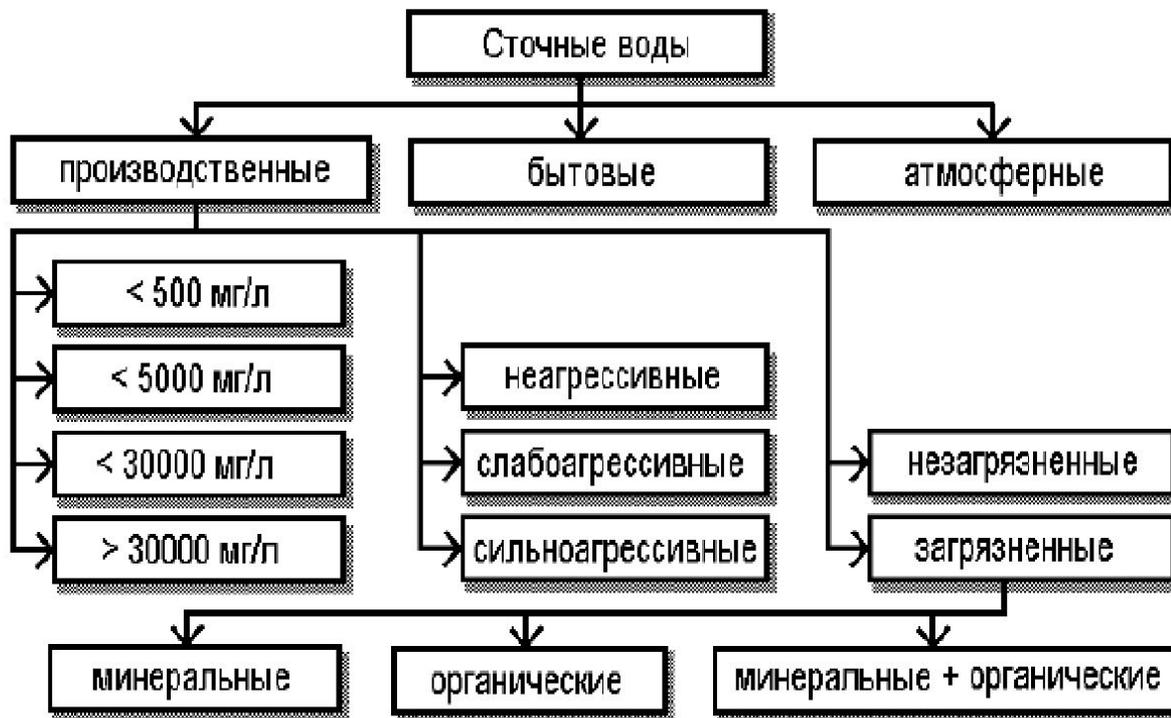


Схема классификации производственных сточных вод

Загрязненные производственные сточные воды *по характеру содержащихся в них примесей* подразделяются на группы:

- загрязненные преимущественно минеральными примесями;
- загрязненные преимущественно органическими примесями;
- загрязненные минеральными и органическими примесями.

I категория – вода для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах, в которых она не контактирует с продуктом, лишь нагревается и практически не загрязняется;

II категория – вода служит в качестве среды, поглощающей различные нерастворимые и растворимые примеси; вода не нагревается, но загрязняется взвешенными и растворенными веществами;

III категория – вода используется так же, как вода II категории, но при этом нагревается (очистка газов в скрубберах, гашение кокса и т.д.);

IV категория – вода служит в качестве экстрагента или растворителя химических веществ, например при поглощении оксидов азота в производстве азотной кислоты

Нормой водопотребления считается целесообразное количество воды, необходимое для производственного процесса, установленное (или рекомендуемое) на основании передового опыта или научно обоснованного расчета.

Нормой водоотведения является установленное среднее количество сточных вод, отводимых от производства в водоем, при целесообразной норме водопотребления.

Укрупненные нормы водоотведения в различных отраслях промышленности колеблются в широких пределах:

- производство цемента – $0,1 \text{ м}^3/\text{т}$;
- производство синтетических ПАВ – $1 \text{ м}^3/\text{т}$;
- производство бумаги – $37 \text{ м}^3/\text{т}$;
- производство вискозного волокна – $233 \text{ м}^3/\text{т}$.

Количество производственных сточных вод Q в единицу времени (ч, год) рассчитывают по формуле

$$Q = NM,$$

где N – норма водоотведения на единицу продукции или перерабатываемого сырья, м³; M – число единиц продукции или масса перерабатываемого сырья в единицу времени.

Расход душевых сточных вод Q_{δ} в смену рассчитывают по формуле

$$Q_{\delta} = 0,375M_{\delta},$$

где 0,375 – норма водоотведения на одну душевую сетку; M_{δ} – число душевых сеток на предприятии.

Выбор технологической схемы очистки сточных вод

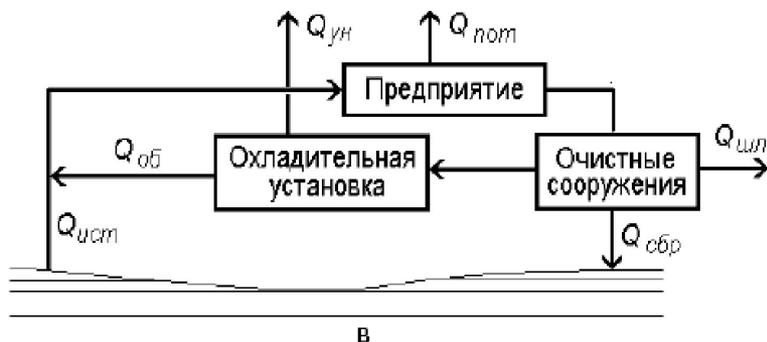
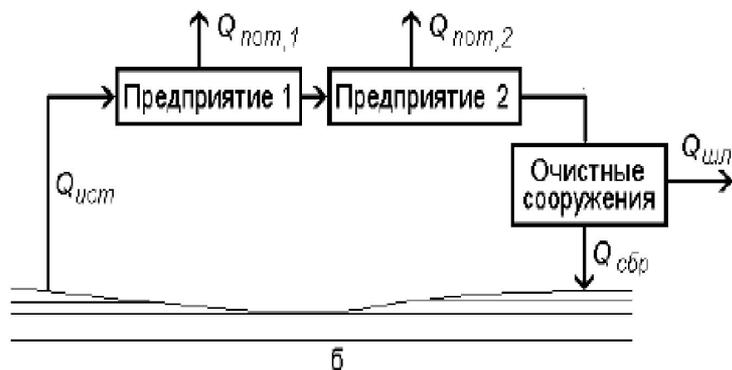
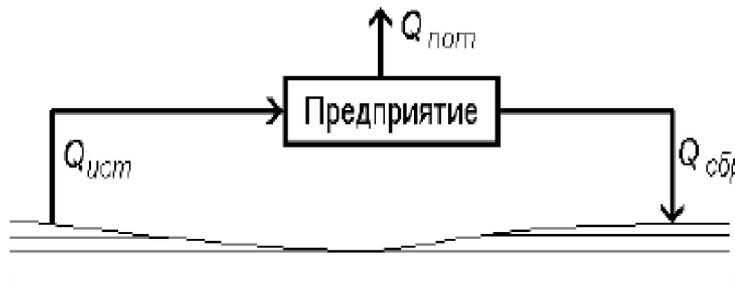
Системы водоснабжения и водоотведения

- *по виду использования природных источников* – водопроводы, получающие воду из поверхностных источников (речные, озерные и т.д.), подземных источников (артезианские, родниковые и т.д.) и смешанного питания (различные виды водоисточников);
- *по назначению* – коммунальные (городов и поселков), железнодорожные, сельскохозяйственные, производственные (подразделяются по отраслям промышленности);
- *по территориальному признаку* – локальные (одного объекта) и групповые (или районные);
- *по способу подачи воды* – самотечные (гравитационные) и с механической подачей воды (с помощью насосов);
- *по кратности использования потребляемой воды* – системы прямоточные, последовательные, с оборотом воды.

При выборе системы и схемы водоотведения предприятий необходимо учитывать:

- требования к качеству и количеству воды для различных технологических процессов;
- количество, состав и свойства сточных вод и режим их отведения;
- возможность сокращения сточных вод предприятия путем совершенствования технологических процессов и оборудования;
- применение воздушных методов охлаждения;
- возможность повторного использования производственных и очищенных бытовых сточных вод;
- целесообразность извлечения и использования ценных веществ, содержащихся в сточных водах;
- самоочищающую способность водоема, условия спуска сточных вод в него и необходимую степень очистки этих вод;
- целесообразность применения каждого метода очистки и др.

Схемы использования воды на



Схемы водообеспечения и водоотведения:

а – прямого;

б – последовательного с очисткой сточных вод;

в – прямого с очисткой и охлаждением сточных вод

В схеме водообеспечения с последовательным использованием воды количество сбрасываемых сточных вод уменьшается в соответствии с безвозвратными потерями на всех предприятиях или стадиях производства:

$$Q_{сбр} = Q_{ист} - (Q_{пот,1} + Q_{пот,2}).$$

При прохождении сточных вод через очистные сооружения потери возрастают, поскольку часть воды $Q_{шл}$ отводится вместе со шламом:

$$Q_{сбр} = Q_{ист} - (Q_{пот} + Q_{шл}).$$

Количество подпиточной воды рассчитывается по формуле

$$Q_{ист} = Q_{пот} + Q_{ун} + Q_{шл} + Q_{сбр}$$

Открытые системы технического водоснабжения.

При использовании восстановленной воды в открытых системах технического водоснабжения эпидемическая безопасность является важнейшим критерием ее качества и, следовательно, степени ее очистки. Вместе с тем вода должна иметь благоприятные органолептические свойства и быть безопасной по химическому составу.

Для получения воды с высокими органолептическими показателями, с приемлемым уровнем риска по химическому и микробиологическому составу необходимо применение комплекса методов доочистки и обеззараживания (фильтрация, физико-химическая очистка, озонирование, УФ-облучение, сорбция и др.).

При любом сочетании методов очистки, доочистки и обеззараживания главным требованием является соответствие качества воды следующим гигиеническим

№	Показатели	Единицы измерения	Допустимые уровни
1	Запах	баллы	2
2	Окраска	в столбике воды, см	10
3	Взвешенные вещества	мг/л	3,0
4	БПК5	мг O ₂ /л	3,0
5	ХПК	мг O ₂ /л	30,0
7	Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	20
8	Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	10
9	Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	10

Закрытые системы технического водоснабжения

В закрытых системах технического водоснабжения непосредственный контакт работающих с восстановленной водой, как правило, отсутствует. Для таких систем лимитирующим показателем опасности воды является ее микробиологический состав. Присутствие в восстановленной воде патогенных микроорганизмов может послужить причиной вспышек инфекционных заболеваний среди контингентов рабочих, занятых в обслуживании оборотных систем, при авариях в распределительной сети технического водопровода и случайных протечках воды.

Основным условием использования воды в закрытых системах является предотвращение случайных инфекционных заболеваний. Необходимая степень обеззараживания достигается при соответствии качества

восстановленной воды требованиям

№	Показатели	Единицы измерения	Допустимые уровни
1	Взвешенные вещества	мг/л	10,0
2	БПК5	мг O ₂ /л	10,0
3	ХПК	мг O ₂ /л	70,0
4	Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	500
5	Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	100
6	Калифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	100

Рекомендуемые методы обезвреживания сточных вод.

Концентрация загрязняющих веществ, мг/л	Методы очистки сточных вод, содержащих вещества преимущественно органические с температурой кипения, °С			Преимущественно неорганические
	<120	120—250	>250	
1-500	Биологический, химический, сорбционный		Химический, сорбционный	Механический, химический, сорбционный
500—5000	Химический (озонирование, хлорирование), сорбционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжиганием в печах	Химический, сорбционный, экстракционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжиганием в печах	Сорбционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжигание в печах	Механический, сорбционный, выпаривание
5000—30000	Химический, экстракционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжигание в печах			Механический, выпаривание, сброс в море, захоронение в земле, сушка в кипящем слое
>30000	Экстракционный, жидкофазное окисление с различными методами доочистки, сжигание в печах			То же

Системы и схемы отведения поверхностных сточных вод

В зависимости от целесообразности совместного или раздельного отведения на очистку хозяйственно бытовых, производственных и поверхностных сточных вод проектируют **общесплавную, раздельную или полураздельную** системы водоотведения.

Для небольших городов с населением от 75 до 350 тыс. человек экономически выгодной и достаточно эффективной в санитарно гигиеническом отношении является **полураздельная** система канализации, при которой очистка загрязнённой части поверхностного стока производится совместно с городскими и промышленными сточными водами на сооружениях биологической очистки. При этом достигаются достаточно высокие показатели качества очищенных сточных вод по основным показателям загрязнения: взвешенным веществам, нефтепродуктам, ХПК и БПКполн.

В большинстве крупных городов Российской Федерации канализация построена по принципу **полной раздельной** системы. С точки зрения охраны водных объектов от загрязнения раздельные системы водоотведения при наличии в их составе централизованных или локальных очистных сооружений являются наиболее эффективными, но более дорогостоящими. Их рекомендуется проектировать независимо от крупности городов в климатических районах с большой интенсивностью дождей (не менее 80 л /с на 1 га при продолжительности 20 мин и периоде однократного превышения 1 год).

Общесплавные системы водоотведения, допускающие сброс смеси неочищенных городских, промышленных и поверхностных сточных вод в водные объекты через ливнеспуски во время интенсивных (ливневых) дождей для проектирования не рекомендуются как не

Определение расчётных расходов дождевых, талых и дренажных вод в коллекторах дождевой канализации

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод W_r , образующихся на селитебных территориях и площадках предприятий в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, определяют по формуле

$$W_r = W_d + W_t + W_m,$$

где W_d , W_t и W_m – среднегодовой объем дождевых, талых и поливо-моечных вод соответственно, м^3 .

Среднегодовой объем дождевых W_d и талых W_t вод, стекающих с селитебных территорий и промышленных площадок, определяется по формулам:

$$W_d = 10h_d\Psi_d F;$$

$$W_t = 10h_t\Psi_t K_y F,$$

где F – площадь стока коллектора, га;

h_d – слой осадков, мм, за тёплый период года, определяется по СП 131.13330

Количество осадков за апрель – октябрь в г. Таганрог, 333 мм;

K_y - коэффициент, учитывающий уборку снега (см. п. 7.3.5);

h_t – слой осадков, мм, за холодный период года (определяет общее годовое количество талых вод) или запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния, определяется по СП 131.13330;

Ψ_d и Ψ_t – общий коэффициент стока дождевых и талых вод соответственно.

Расчетную площадь стока F , га, для рассчитываемого участка сети необходимо принимать равной всей площади стока или части её, дающей максимальный расход стока. При определении среднегодового количества дождевых вод W_d , стекающих с селитебных территорий, общий коэффициент стока Ψ_d для общей площади стока F рассчитывается как средневзвешенная величина из частных значений для площадей стока с разным видом поверхности согласно таблице 10.

Таблица 10

Вид поверхности стока	Коэффициент покрова Z_i	Постоянный коэффициент стока Ψ_i
Водонепроницаемые поверхности (кровли и асфальтобетонные покрытия)	0,33–0,23 (принимается по таблице 11)	0,95
Брусчатые мостовые и щебёночные покрытия	0,224	0,6
Булыжные мостовые	0,145	0,45
Щебёночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,125	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09	0,3
Грунтовые поверхности (сильноэродированные)	0,064	0,2
Газоны	0,038	0,1

Расходы талых вод из-за различия условий снеготаяния по годам и в течение суток, а также неоднородности снежного покрова на застроенных территориях, могут колебаться в широких пределах. Но, они значительно меньше расходов дождевых вод и в большинстве случаев при расчёте водосточных сетей во внимание не принимаются.

При определении среднегодового объёма дождевых вод W_d , стекающих с территорий промышленных предприятий и производств, значение общего коэффициента стока Ψ_d находится как средневзвешенная величина для всей площади стока с учётом средних значений коэффициентов стока для разного вида поверхностей, которые равны:

- для водонепроницаемых покрытий 0,6–0,8;
- для грунтовых поверхностей – 0,2;

Определение расчётных объёмов поверхностных сточных вод при отведении на очистку

Объём дождевого стока от расчётного дождя $W_{оч}$, м³, отводимого на очистные сооружения с селитебных территорий и площадок предприятий, определяется по формуле

$$W_{оч} = 10h_a \Psi_{mid} F ,$$

где F – площадь стока, га;

h_a – максимальный слой осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объёме, мм (по СП 131.13330 максимальное суточное количество осадков за апрель – октябрь в г. Таганрог, 140 мм);

Ψ_{mid} – средний коэффициент стока для расчётного дождя (определяется как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных значений коэффициента стока Ψ_i для разного вида поверхностей по таблице 10);

Таблица 10

Вид поверхности стока	Коэффициент покрытия Z_i	Постоянный коэффициент стока Ψ_i
Водонепроницаемые поверхности (кровли и асфальтобетонные покрытия)	0,33–0,23 (принимается по таблице 11)	0,95
Брусчатые мостовые и щебеночные покрытия	0,224	0,6
Булыжные мостовые	0,145	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,125	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09	0,3
Грунтовые поверхности (свалированные)	0,064	0,2
Газоны	0,038	0,1

Определение расчётных расходов дождевых, талых и дренажных вод в коллекторах дождевой канализации

Расходы воды в коллекторах дождевой канализации, Q_r , л/с, отводящих сточные воды с селитебных территорий и площадок предприятий, следует определять методом предельных интенсивностей [1, 2] по формулам:

- при постоянном коэффициенте стока Ψ_{mid}

$$Q_r = \frac{\Psi_{mid} \cdot A \cdot F}{t_r^n}$$

при переменном коэффициенте стока

$$\Psi_{mid} = Z_{mid} \cdot A^{0,2} \cdot t_r^{0,1}$$

$$Q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-0,1}}$$

Ψ_{mid} средний коэффициент стока, **определяется в соответствии с указаниями и. 6.2.6**, как средневзвешенная величина в зависимости от значений постоянных коэффициентов стока для различных видов поверхности водосбора;

Z_{mid} среднее значение коэффициента (покрова), характеризующего поверхность бассейна стока, **определяется в соответствии с указаниями п. 6.2.6**, как средневзвешенная величина в зависимости от значений коэффициента Z для различных видов поверхности водосбора;

t_r^n расчётная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчётного участка; **определяется в соответствии с указаниями и. 6.2.7.**

F - расчётная площадь стока, га, определяется в соответствии с **указаниями п.**

6.2.5; A, n - параметры, характеризующие интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности. **определяются в соответствии с указаниями и. 6.2.3;**

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^{\gamma}$$

$$q_{20} = 100; n = (0,57 - 0,67); m_r = 60; \gamma = 1,82; P = (0,5 - 10)$$

Расчетную площадь стока F , га, для рассчитываемого участка сети необходимо принимать равной всей площади стока или части её, дающей максимальный расход стока.

Значения коэффициентов покрова Z_i . И постоянных коэффициентов Ψ_{mid} для различных видов поверхности стока, используемые для определения средневзвешенных коэффициентов Z_{mid} и Ψ_{mid} при определении расходов дождевых вод Q_r в сети дождевой канализации по формулам (4) и (5), приведены в таблице 10, для водонепроницаемых поверхностей в таблице 11.

Таблица 10

Вид поверхности стока	Коэффициент покрова Z_i	Постоянный коэффициент стока Ψ_i
Водонепроницаемые поверхности (кровли и асфальтобетонные покрытия)	0,33–0,23 (принимается по таблице 11)	0,95
Брусчатые мостовые и щебеночные покрытия	0,224	0,6
Булыжные мостовые	0,145	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,125	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09	0,3
Грунтовые поверхности (сглаженные)	0,064	0,2
Газоны	0,038	0,1

Таблица 11

Параметр n	Коэффициент Z при параметре A								
	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
Менее 0,65	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23
0,65 и более	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24

Расходы талых вод из-за различия условий снеготаяния по годам и в течение суток, а также неоднородности снежного покрова на застроенных территориях, могут колебаться в широких пределах. Но, они значительно меньше расходов дождевых вод и в большинстве случаев при расчёте водосточных сетей во внимание не принимаются.

Регулирование расходов сточных вод в сети дождевой канализации

Вероятностный характер выпадения атмосферных осадков обуславливает крайнюю неравномерность расходов поверхностных сточных вод в сети дождевой канализации. Организация систем отведения поверхностных сточных вод с больших водосборных бассейнов при высоких значениях расчётной интенсивности дождя, как правило, требует заложения коллекторов больших диаметров в конечных участках сети. Для уменьшения диаметров коллекторов без снижения общей пропускной способности сети производится регулирование расхода дождевого стока.

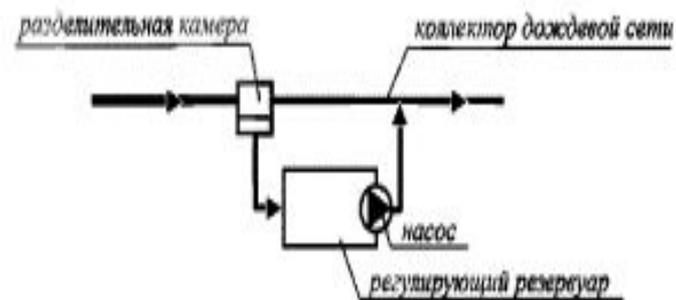
Расходы воды в сети дождевой канализации согласно типовому гидрографу дождевого стока обычно быстро нарастают, достигая расчётного максимума, а затем снижаются — сначала резко, а потом медленно до полного прекращения стока.

Для регулирования расхода сточных вод на коллекторах дождевой канализации большой протяжённости устанавливаются разделительные камеры (ливнесбросы) с водосливным устройством и/или регулирующие резервуары, куда направляется пиковый расход стока, образующийся в периоды выпадения интенсивных дождей.

Период поступления дождевого стока из подводящего коллектора с максимальным расходом, превышающим значение предельного (зарегулированного) расхода, непродолжителен и составляет, как правило, от десятков минут до нескольких часов. По истечении этого периода расход стока в сети уменьшается ниже расчётного зарегулированного значения, после чего становится возможным опорожнение регулирующего резервуара в отводящий коллектор зарегулированного стока. Принципиальные схемы регулирования дождевого стока, отличающиеся способом включения регулирующих резервуаров в систему водоотведения, приведены на рисунке.

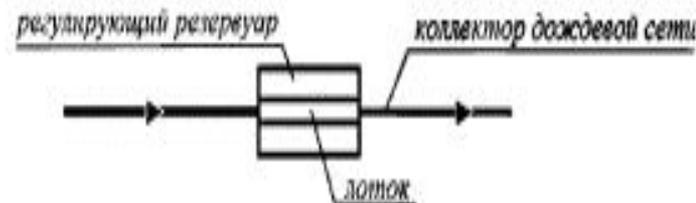
По **схеме регулирования 1** на самотечном коллекторе сети устанавливается разделительная камера. Через перегородку разделительной камеры поток воды, превышающий предельное значение расхода, поступает в регулирующий резервуар. Опорожнение резервуара в участок сети за разделительной камерой осуществляется насосом с небольшим постоянным расходом, не превышающим расчётный расход стока в сети после разделительной камеры.

Схема 1



По **схеме регулирования 2** входящий в регулирующий резервуар трубопровод переходит в донный лоток, отводящая способность которого должна быть равна отводящей способности выходящего трубопровода, т.е. предельному не сбрасываемому в резервуар расходу. При

Схема 2



поступлении расхода, превышающего

предельное значение, вода заполняет лоток и перегибается в регулирующий резервуар.

$$W_{\Gamma} = W_{\text{д}} + W_{\text{т}} + W_{\text{м}} \quad (21)$$

где:
 $W_{\text{д}}$ $W_{\text{т}}$ и $W_{\text{м}}$ — среднегодовые объёмы дождевых, талых и поливочных вод соответственно, м³.

Расчётная производительность очистных сооружений проточного типа

Расчётная производительность очистных сооружений проточного типа определяется исходя из требования приёма на очистку не менее 70 % годового объёма поверхностных сточных вод. При расчёте производительности очистных сооружений при очистке дождевого стока $Q_{oc,д}$, л/с, следует принимать:

- расчётный расход Q_{oc} , направляемый из разделительной камеры на очистку соответствующим значению Q_{lim} ;
- период однократного превышения расчётной интенсивности дождя, P_{oc} соответствующим значению P_{lim} ;
- климатический параметр A_{oc} при принятом значении P_{oc} , соответствующим климатическому параметру A_{lim} .

Величину периода однократного превышения интенсивности «предельного» дождя P_{oc} , сток от которого полностью направляется на очистные сооружения проточного типа, рекомендуется принимать в пределах 0,05-0,2 года в зависимости от годового количества жидких осадков H_d для конкретной местности. Для средней полосы РФ P_{oc} , как правило, составляет не менее 0,1 года.

При проектировании очистных сооружений проточного типа следует:

- выполнять проверочный расчёт производительности очистных сооружений в режиме очистки талого стока;
- учитывать расход притока инфильтрационных и дренажных вод в сети дождевой канализации.

Использование очистных сооружений проточного типа для очистки поверхностных сточных вод допускается в исключительных случаях при соответствующем техническом обосновании.

Расчётная производительность очистных сооружений проточного типа

В качестве расчётных исходных данных следует использовать:

- массовую нагрузку по загрязнениям (кг/сут, либо т/сут), определяемую как произведение расхода и концентрации загрязняющего вещества, взятых для конкретного дня наблюдений;
- расход сточных вод;
- концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, определяемые как отношение релевантных нагрузок к соответствующим им значениям расходов.

Общую производительность очистных сооружений по поступающим органическим загрязнениям (эквивалентная численность жителей, ЭЧЖ) допускается определять по формуле

$$N_{\text{req}} = 1000 V_{\text{en5}} / 60,$$

- где V_{en5} – максимальная средняя нагрузка по БПК₅ за 2 недели за 3-летний период наблюдений, кг O_2 /чел;

Количество загрязняющих веществ, приходящихся на одного жителя, г O_2 /чел в сутки.

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут
Взвешенные вещества	65
БПК ₅ неосветлённой жидкости	60
Азот общий	13
Азот аммонийных солей	10,5
Фосфор общий	2,5
Фосфор фосфатов P-PO ₄	1,5

При ЭЧЖ более 500 условных жителей должна осуществляться биологическая очистка от соединений азота. При ЭЧЖ более 5000 условных жителей должны применяться специальные методы удаления фосфора.

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

При отведении на очистку поверхностного стока с территорий промышленных предприятий предварительное разделение стока не допускается, поскольку требуется очистка всего объёма стоков. В этом случае в очистных сооружениях накопительного типа предусматривается устройство аккумулирующих резервуаров, рассчитанных на приём стока от дождя с максимальным за год суточным слоем осадков требуемой обеспеченности (не менее 63 % ной, что соответствует периоду однократного превышения не менее 1 года). В отдельных случаях, на предприятиях первой и второй группы с водоёмкими производствами и системами оборотного водоснабжения (заводы чёрной и цветной металлургии, фабрики обогащения руд и угля, предприятия теплоэнергетической промышленности, нефтепромыслы, нефтехимические предприятия, нефте- и газоперерабатывающие заводы, предприятия азотной промышленности и продуктов органического и хлорорганического синтеза, предприятия по производству минеральных удобрений, заводы по производству химических волокон, лесохимические производства, предприятия целлюлозно бумажной промышленности, автозаводы и т.д.) аккумулирующие резервуары рассчитываются на приём стоков в течение определённого периода времени (месяца, сезона, года) для последующего максимального использования очищенных сточных вод в системе водного хозяйства предприятия.

При проектировании очистных сооружений проточного типа для селитебных территорий и ряда промышленных предприятий регулирование расхода сточных вод, подаваемых на очистку, производится с помощью установленной на подводящем коллекторе разделительной камеры (ливнесброса). Схема и гидрограф гидравлического режима работы очистных сооружений проточного типа показаны на рисунке 4.

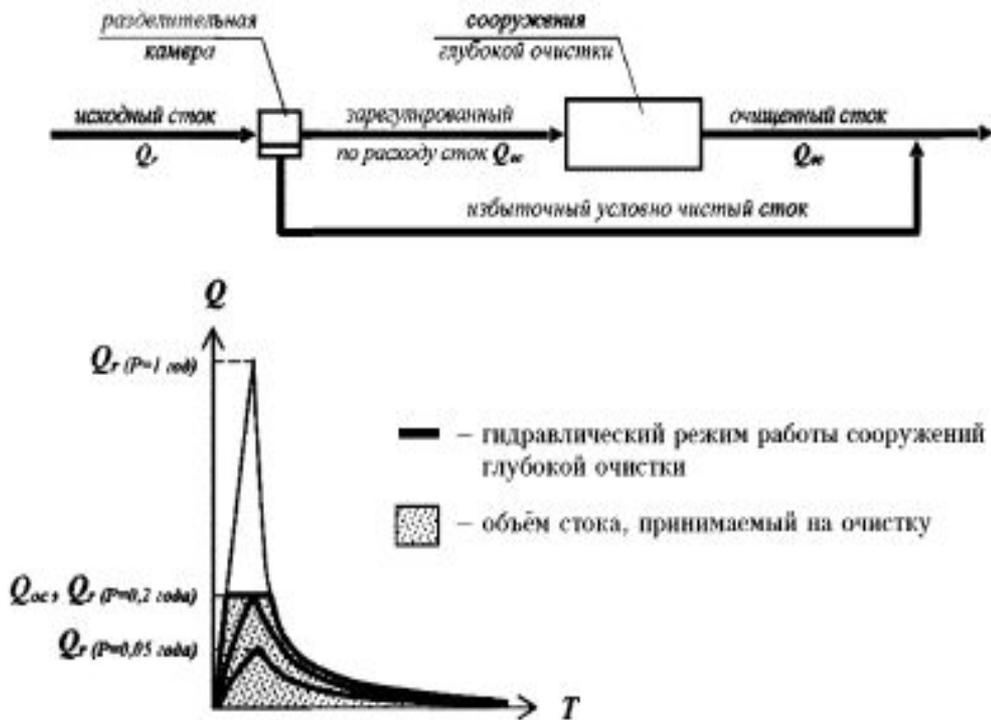


Рисунок 4. Схема и гидрограф гидравлического режима работы очистных сооружений проточного типа

- Q – расход дождевых вод в расчётном створе подводящего коллектора
- T – время от начала дождя
- $Q_{ос}$ – проектная производительность сооружений глубокой очистки

На очистку направляется сток с переменным расходом (от 0 до величины Q_r) от всех дождей с периодом однократного превышения интенсивности $P < 0,05 - 0,2$ года, а также часть стока с переменным расходом (от 0 до величины $Q_{ос}$), от дождей с периодом однократного превышения интенсивности $P > 0,05 - 0,2$ года.

При этом в водный объект без очистки будет сбрасываться часть стока от интенсивных ливневых дождей с наибольшими расходами и, как правило, наибольшей концентрацией загрязняющих веществ.

Очистка поверхностного стока от крупных механических примесей и

мусора

Очистку поверхностного стока от крупных механических примесей и мусора следует производить:

- перед сооружениями для аккумуляирования поверхностного стока (для очистных сооружений накопительного типа);
- перед разделительными камерами стока по расходу (для очистных сооружений проточного типа).

Для очистных сооружений небольшой производительности с относительно малозагрязнённых территорий допускается применение мусоросборных корзин с ручной периодической выгрузкой уловленных загрязнений. Мусоросборные корзины следует устанавливать:

- на входе в аккумуляирующие резервуары перед разделительными камерами стока по объему (для очистных сооружений накопительного типа);
- в специальных колодцах на подводящем коллекторе перед разделительными камерами стока по расходу (для очистных сооружений проточного типа).

Ширина прозоров в мусоросборных корзинах не должна превышать 10 мм. При размещении мусоросборной корзины в аккумуляирующем резервуаре (схемы 1 и 2 на рисунке 5) необходимо предусматривать проем в перекрытии резервуара для периодического подъема корзины и удаления мусора.

Решётки канализационного типа следует предусматривать для очистных сооружений средней и большой производительности. Для благоустроенных территорий с площадью стока до 100 га допускается применение решёток с ручной очисткой; при площади стока более 100 га рекомендуются механизированные решётки с автоматической системой очистки и уплотнения (прессования) уловленного мусора.

Принципиальные базовые блок-схемы организации очистки поверхностных сточных вод

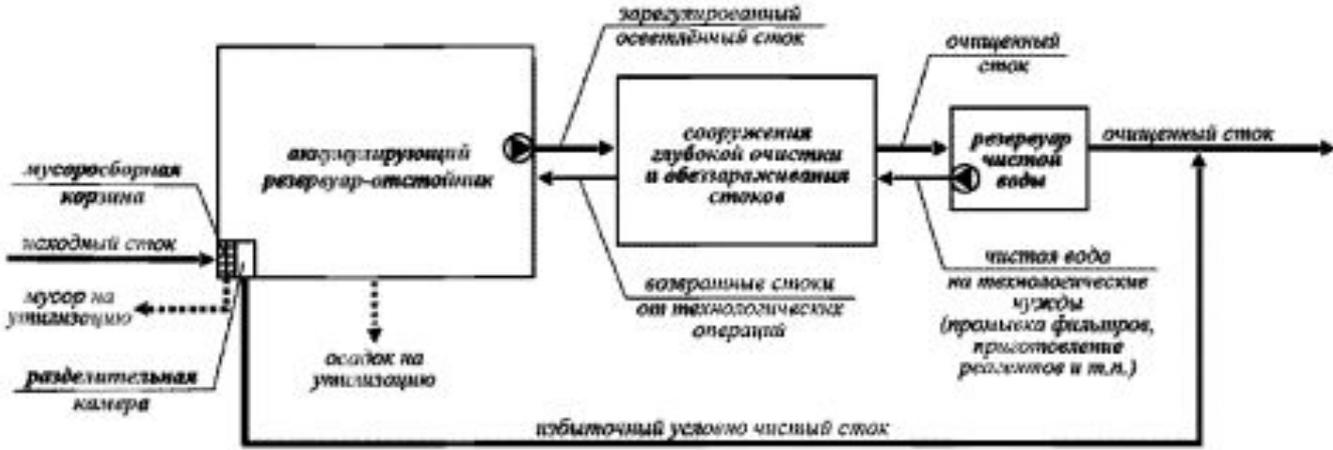


Схема 1 – с предварительным осветлением стока в аккумулярующем резервуаре

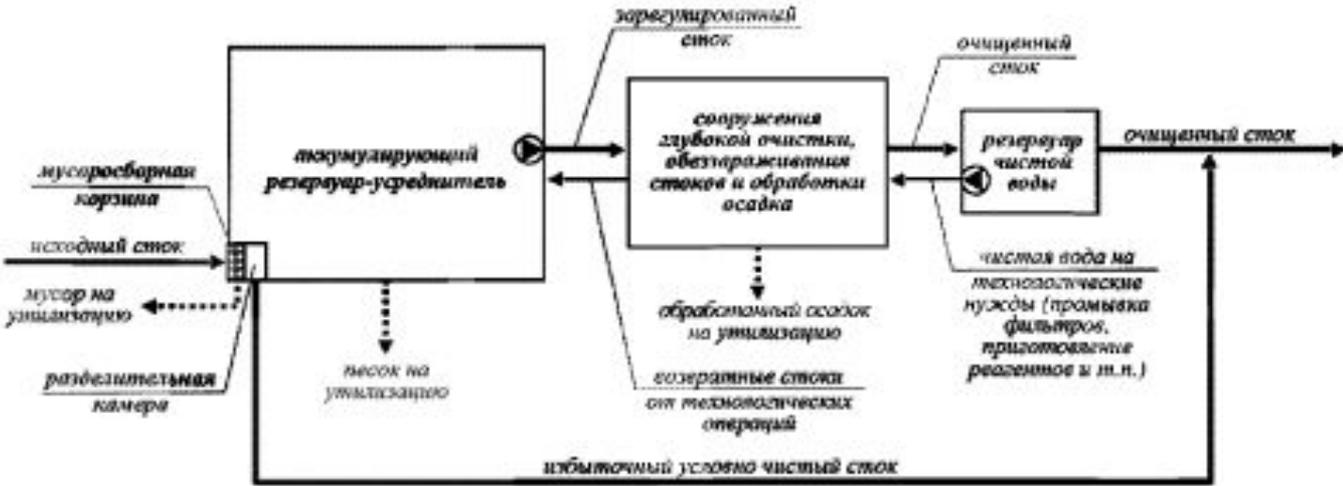


Схема 2 – с осаждением тяжёлых механических примесей (песка) в аккумулярующем резервуаре

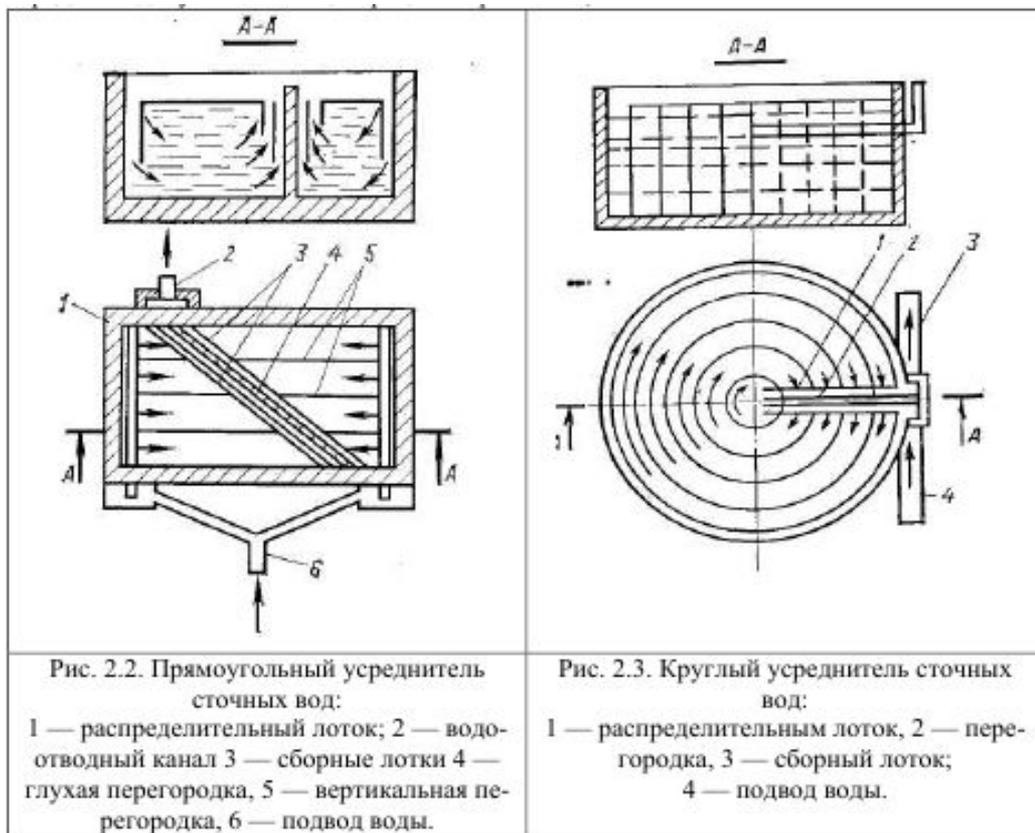
Усреднители.

При выборе способов и технологического оборудования для очистки сточных вод от примесей необходимо учитывать, что заданные эффективность и надежность работы любого очистного устройства обеспечиваются в определенном диапазоне значений концентраций примесей и расходов сточной воды. Большинство цехов машиностроительных предприятий характеризуется постоянством расхода и состава сточных вод, однако в некоторых технологических процессах имеют место кратковременные изменения, что может существенно уменьшить эффективность работы очистных устройств или вывести их из строя. Например, залповые сбросы отработанных технологических растворов в термических, травильных и гальванических цехах вызывают существенное увеличение концентрации тяжелых металлов в сточных водах на входе в очистные сооружения. Быстрое таяние снега, а также интенсивные дожди вызывают существенное увеличение расхода поверхностных сточных вод на входе в очистные сооружения.

Объем V_z для

$$V_z = \frac{Q\tau_z}{\ln \frac{k_n}{k_n - 1}},$$

где Q — расход воды, м³/ч; k_n — коэффициент подавления, $k_n = \frac{C_{\max} - C_{\text{ср}}}{C_{\text{доп}} - C_{\text{ср}}}$; τ_z — продолжительность залпового сброса, ч; C_{\max} , $C_{\text{ср}}$, $C_{\text{доп}}$ — соответственно максимальная, средняя и допустимая концентрации загрязнений, г/м³.



Решетки.

Очистка сточных вод от твердых частиц в зависимости от их свойств, концентрации и фракционного состава осуществляется методами процеживания, отстаивания, отделения твердых частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

Процеживание — первичная стадия очистки сточных вод — предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием воды через решетки и волокнуловители.

Решетки применяют для улавливания из сточных вод крупных, нерастворенных, плавающих загрязнений. Попадание таких отходов в последующие очистные сооружения может привести к засорению труб и каналов, поломке движущихся частей оборудования, т. е. к нарушению нормальной работы. Решетки изготавливают из круглых и прямоугольных стержней. Зазоры между ними равны 16...19 мм.

Решетки устанавливают на очистных станциях при поступлении на них сточных вод самотеком. Не применять решетки на очистных станциях допускается в случае подачи сточных вод насосами с установленными перед ними решетками с зазорами 16 мм или менее.

Решетки подразделяют на:

- подвижные и неподвижные;
- с механической или ручной очисткой;
- устанавливаемые вертикально или наклонно (как при самотечном, так и при напорном поступлении сточных вод).

Количество отбросов, задерживаемых решётками из городских сточных вод, в зависимости от ширины прозоров может составлять при ширине прозоров от 5 до 80 мм, соответственно от 25 до 1,5 л/ЭЧЖ в год, при средней плотности

УДАЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Для удаления взвешенных частиц из сточных вод используют гидромеханические процессы (периодические и непрерывные) **процеживания, отстаивания** (гравитационное и центробежное), **фильтрование**.

Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации взвешенных частиц, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.

Процеживание является первичной стадией обработки сточных вод, предназначенной для удаления из них крупных нерастворимых твердых включений размером более 5-25 мм, а также волокнистых загрязнений и мусора (тряпок, пластиковой и деревянной тары), которые в процессе обработки могут препятствовать нормальной работе очистного оборудования. Осуществляют процеживание пропусканием сточных вод через решетки и сита (волокнуловители).

Решетки выполняются из ряда металлических стержней, расположенных параллельно друг другу и создающих плоскость с прозорами, через которую процеживается вода. Стержни решетки закрепляются в специальной раме, обеспечивающей жесткость всей решетки и фиксацию расстояния между стержнями (ширину прозоров). На рис. показана простейшая решетка, наклоненная под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту, с ручной очисткой.

Решетки устанавливаются в уширенных каналах, называемых камерами.

Если на решетке задерживается загрязнений более $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, то удаление их с решетки и подъем из воды механизуются.

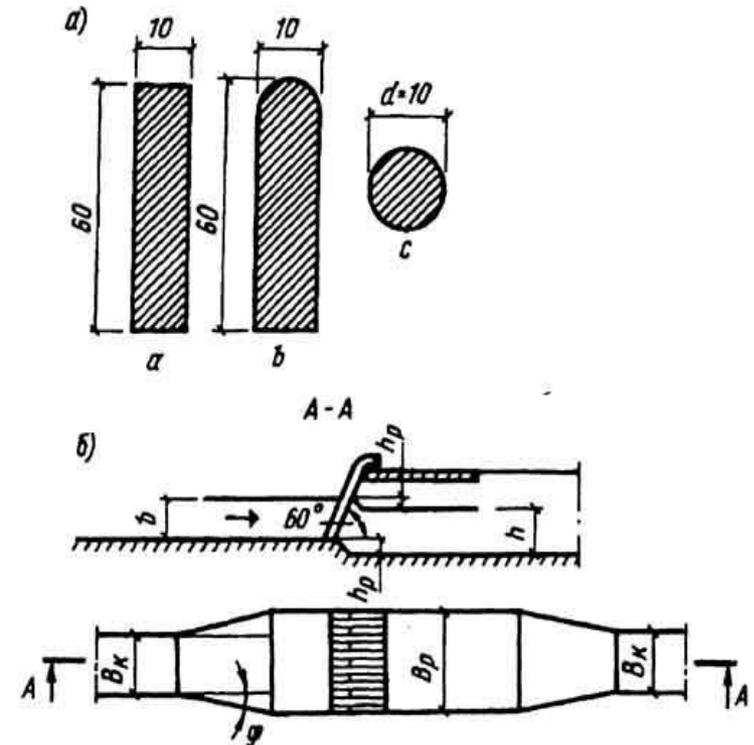


Схема решетки с ручной очисткой

а - профили стержней; б - схема установки решетки

УДАЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Расчет решетки сводится к определению числа зазоров, их величины, потерь напора воды по следующим формулам:

1. число зазоров n $n=1.05 [Q_v / (b \cdot H \cdot \omega_n)],$

где:

Q_v – объем расхода сточных вод

b – ширина прозора, выбирается в пределах 5-25 мм

H – глубина коллектора, 600-2000мм

ω_n – скорость движения сточных вод в прозорах, которая должна быть 0.8-1 м/с

2. ширина решетки (800-1600 мм) $B=bn+\delta(n-1)$

δ – толщина стержня

3. потери напора на решетке $\Delta p = \xi k r \omega^2 / 2$

ξ – коэффициент местного сопротивления решеток

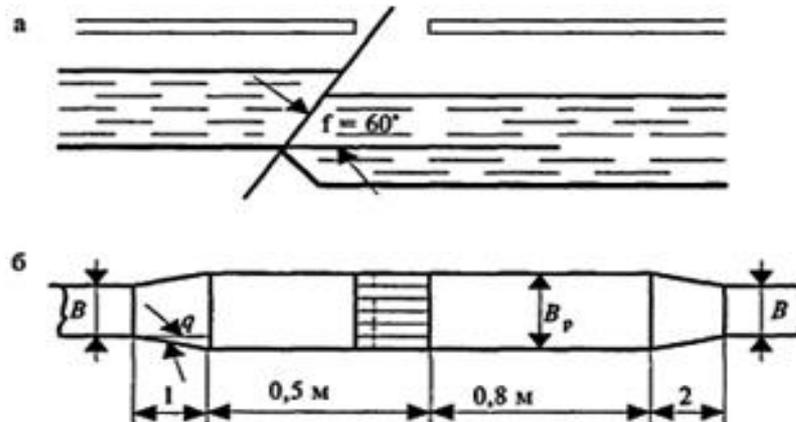
$\xi = \beta (\delta/b)^{4/3} \sin \alpha$

ω – скорость потока перед решеткой (0.7-0.8 м/с)

k – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления решетки в процессе осаждения в ее зазорах примесей ($k=2-3$)

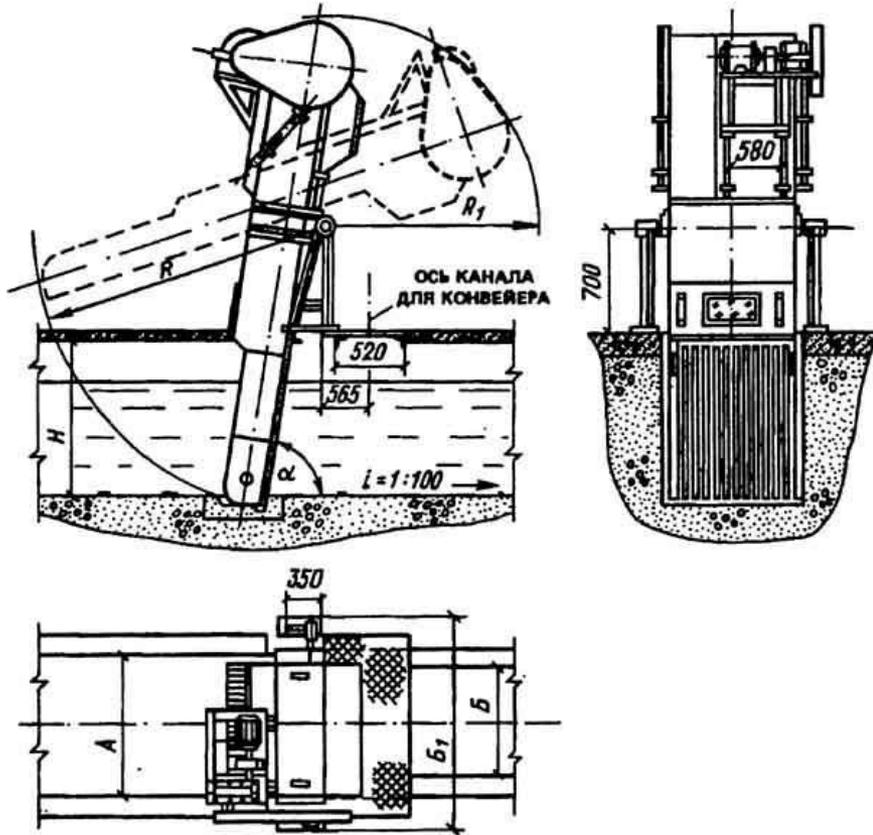
β – коэффициент, характеризующий форму поперечного сечения стержня: для круглых стержней $\beta=1.79$, для прямоугольных $\beta=2.42$, для овальных $\beta=1.83$.

α – угол наклона решетки в коллекторе.

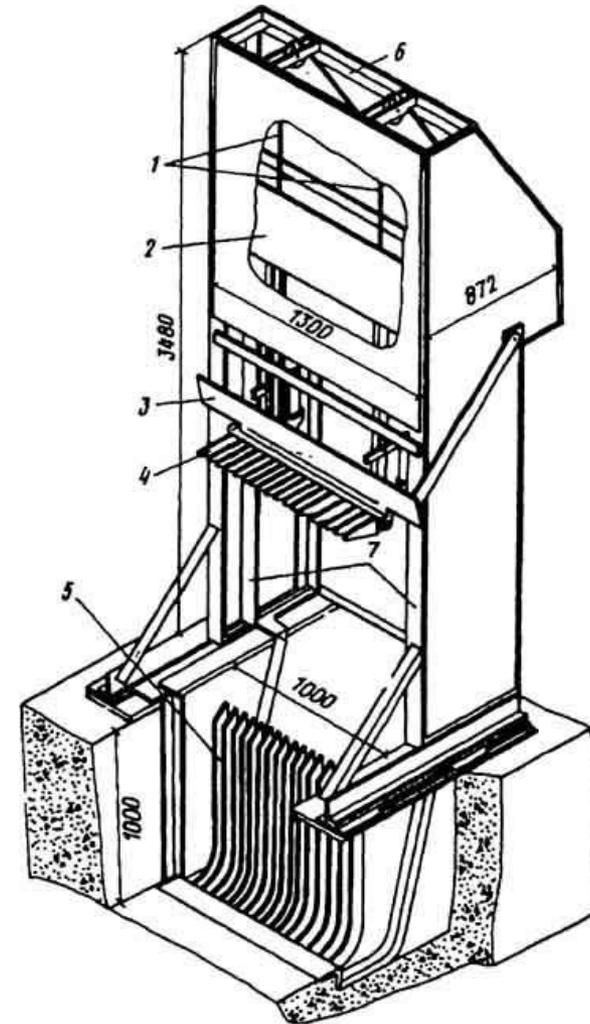


УДАЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Механизированные решетки



Механизированная решетка типа МГ



Решетка с канатным тяговым элементом граблины

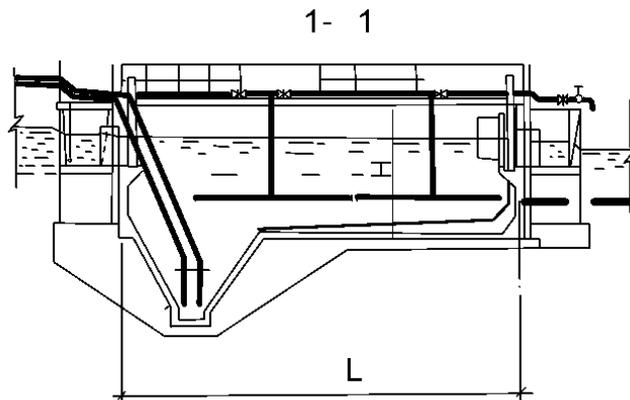
1 - канат; 2 - подвижная каретка; 3 - сбрасыватель; 4 - граблина; 5 - решетка; 6 - верхняя траверса; 7 - стойки

Песколовк

и

Песколовки предназначены для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей (главным образом песка) крупностью свыше 0,2...0,25 мм при пропускной способности станции очистки сточных вод более 100 м³/сут.

Горизонтальные песколовки - это удлиненные прямоугольные в плане сооружения с прямолинейным движением воды (рис.). Для ориентировочных расчетов принимают глубину песколовки $H = 0,25 \dots 1$ м, соотношение ширины и глубины $B/H = 1:2$.



Аэрируемая песколовка:

1 – пескопульпа;

2 – технический трубопровод;

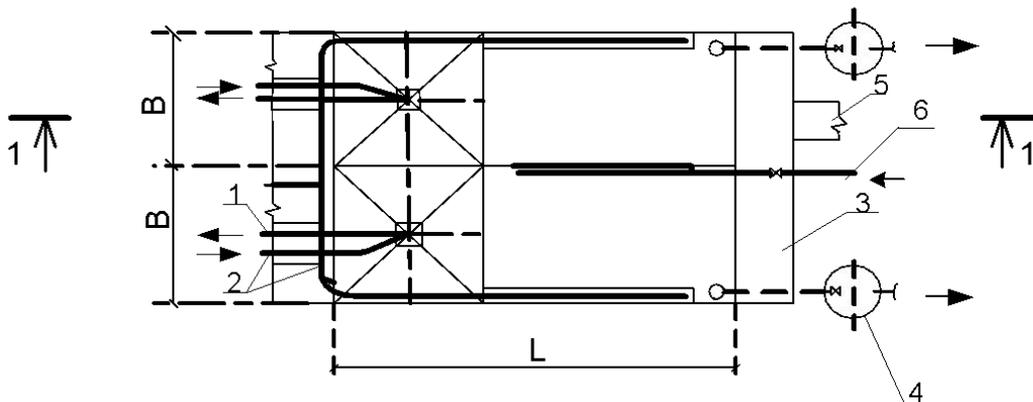
3 – объединяющий канал;

4 – колодец для плавающих веществ;

5 – отвод воды;

6 – трубопровод подачи воздуха

ПЛАН



Песколовк и



Песколовк

Осаждение песка из сточных вод в песколовках с некоторым допущением можно отнести к свободному осаждению частиц в ламинарном режиме, поэтому скорость осаждения w_o можно рассчитать по закону Стокса.

$$w_o = 13,2 \text{ мм/с при } d_p = 0,15 \text{ мм}$$

$$w_o = 18,7 \text{ мм/с при } d_p = 0,20 \text{ мм}$$

Длину L , ширину B и высоту H песколовки рассчитывают. Длину песколовки находят по формуле (в м)

$$L = k \frac{H_p u}{w_o},$$

где k — коэффициент, учитывающий влияние турбулентности потока и других факторов на скорость осаждения;

u - скорости движения воды;

H_p - расчетная глубина песколовки

Среднюю скорость движения воды в расчетах следует принимать $u = 0,3$ м/с, диаметр частиц песка $0,2 \dots 0,25$ мм, продолжительность пребывания воды в песколовке 30 с.

Площадь зеркала воды F (м²), расчетную глубину песколовки H_p (м) и удельную нагрузку по воде q_0 [м³/(м².с)] при эффективности очистки \mathcal{E} определяют по формулам

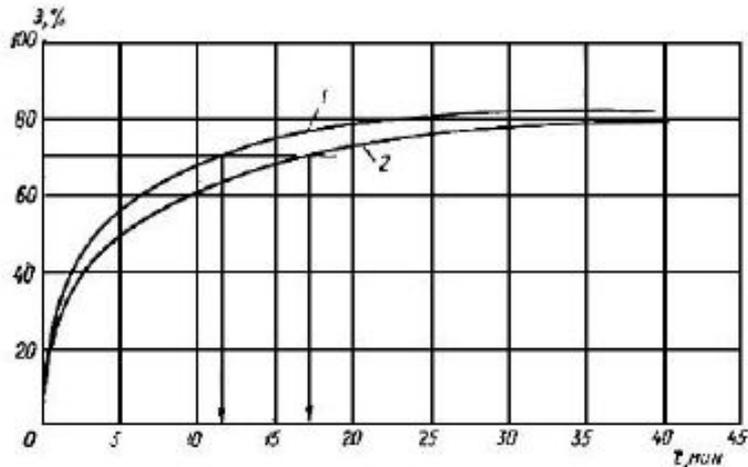
$$F = \frac{Q}{q_0} = BL; \quad H_p = \frac{Q}{Bu}; \quad q_0 = \frac{-0,43w_o}{\lg(1-\mathcal{E})}.$$

Отстойник и

Для проектирования сооружений и аппаратов механической очистки должны быть заданы следующие данные:

- общее количество сточных вод, м³/ч;
- температура сточных вод, °С;
- периодичность образования сточных вод;
- тяжелые механические примеси, мг/л;
- нефтепродукты, масла, мг/л;
- плотность тяжелых и легких загрязнений, г/см³; кинетика осаждения механических примесей тяжелее и легче воды, при их расчетной концентрации в исходной воде;
- требуемая степень очистки (%) или допустимое содержание загрязнений легче и тяжелее воды, мг/л;
- гидравлическая крупность частиц, тяжелее и легче воды, которую необходимо выделить для обеспечения требуемой степени очистки, мм/с.

Гидравлическая крупность определяется по кривым кинетики отстаивания $\Theta=f(t)$ (рис.),



Температура воды, °С	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
Коэффициент вязкости μ , 10^{-3} Н·с/м ²	0,469	0,549	0,656	0,801	0,894	1,001	1,104	1,308	1,519	1,792

Кинетика отстаивания сточных вод прокатных производств при исходной концентрации $\rho = 200$ мг/л
в слое воды 1 - h = 200 мм; 2 - H = 500 мм

Отстойник

Эффективность осаждения взвешенных частиц в отстойниках (эффективность отстаивания) вычисляют по зависимости (в %)

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100$$

В большинстве случаев эффективность составляет 40...60% при продолжительности отстаивания 1...1,5 ч; эффективность работы осветлителей достигает 70%.

Вертикальные первичные отстойники предназначены для осветления бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод (а также их смеси), содержащих грубодисперсные примеси.

Вертикальные отстойники применяют на станциях производительностью до 20 тыс. м³/сут. Это круглые в плане резервуары диаметром 4...9 м с коническим дном.

Горизонтальные отстойники применяются в составе станций очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод и предназначены для выделения взвешенных веществ из вод, прошедших решетки и песколовки. Их применяют при расходах сточных вод более 15000 м³/сут. Глубина отстойников H достигает 1,5...4 м, отношение длины к глубине 8...12 (до 20). Ширина отстойника зависит от способа удаления осадка и обычно находится в пределах 6...9 м.

Радиальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 20 тыс. м³/сут. Эти отстойники по сравнению с горизонтальными имеют некоторые преимущества: простота и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток — наличие подвижной фермы со скребками.

Отстойник

Рабочая глубина в отстойнике принимается от 1,5 до 5,0 м, уклон днища к приемку – от 0,05 до 0,005.

Для удержания всплывших загрязняющих веществ перед водосборным устройством следует предусматривать полупогружные перегородки и удаление накопленных на поверхности воды веществ.

Глубина погружения перегородки под уровень воды должна быть не менее 0,3 м. Высоту борта отстойника над уровнем воды принимать 0,3 м.

Водоприемные лотки должны быть оборудованы водосливами с тонкой стенкой. Водосливная стенка может быть прямой или с треугольными вырезами. Нагрузка на 1 м водослива не должна превышать 10 л/с.

Сбор осадка, выпавшего в отстойнике, производится при помощи скребкового механизма.

Стандартные механизмы могут быть установлены в отстойниках диаметрами 18, 24, 30, 40 м.

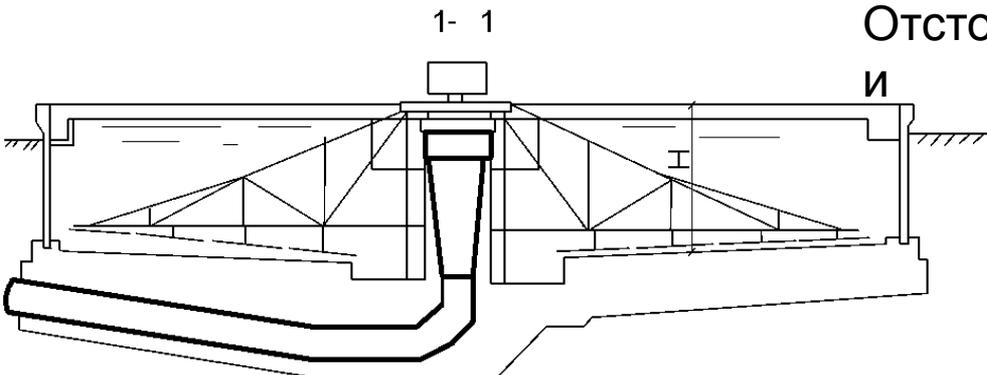
Иловый приямок кольцеобразный, устраивается вокруг центрально подающей трубы. Ширина кольца – не менее 1,0–1,5 м, а дно имеет поперечный уклон в сторону наружной стенки, равный 55–60°.

Удаление осадка из илового приямка производится обычно при помощи центробежных насосов типа ЦНН (ЦНН-50/25, ЦНН-100/20, ЦНН-100/30, ЦНН-200/20).

Исходные данные для проектирования: расчетный максимальный часовой и суточный расходы воды, ее минимальная среднемесячная температура, содержание взвешенных веществ в очищаемой воде.

Принимаются: эффект очистки (обычно 50 %) и количество отстойников (не менее двух).

Отстойник



Радиальный отстойник:

- 1 – отстойник;
- 2 – жироборник;
- 3 – распределительная чаша;
- 4 – насосная станция сырого осадка

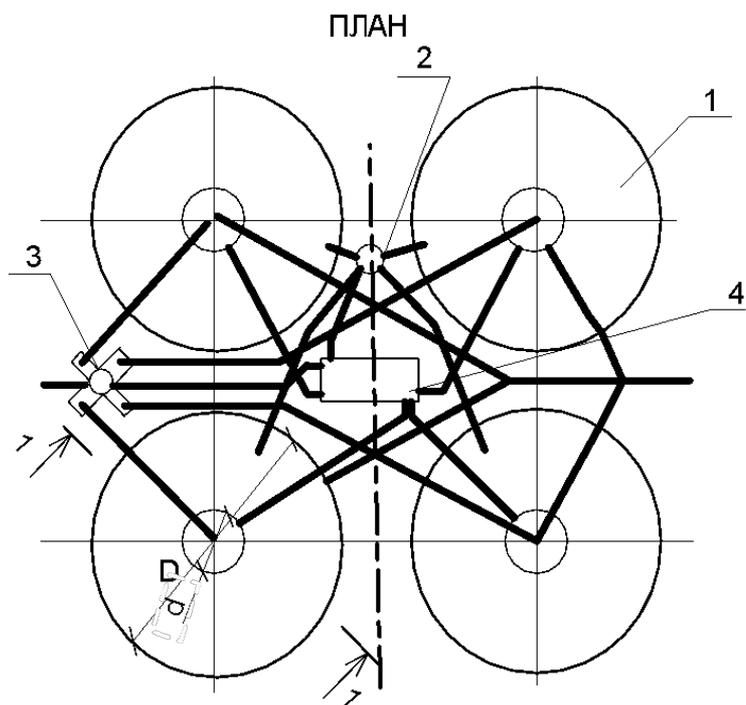
**Производительность отстойника,
м³/ч**

$$q_{\text{set}} = \frac{q_w}{n}$$

q_w - расчетный максимальный часовой расход воды, м³/ч;

n - количество отстойников, шт;

$n \geq 2$ принимается. Если $n = 2$, то q_w увеличивается на 20–30 %



Отстойник

Диаметр отстойника D_{set} , м ориентировочно принимается по табл. 4.2.1 в зависимости от \mathcal{E} , C_{en} , q_{set} .

Рекомендуемые значения D_{set} при производительности отстойника q_{set} , м³/ч
табл. 4.2.1

C_{en} , мг/л	Рекомендуемые значения D_{set} , м			
	18	24	30	40
150	90–135	190–290	345–525	730–940
200	110–180	275–400	450–720	1000–1900
300	140–240	320–580	1000–1300	1350–1800

Таблица составлена для $\mathcal{E} = 50 \%$.

Гидравлическая крупность, мм/с

$$U_0 = \frac{q_{set}}{1,26 (D_{set}^2 - d_{en}^2)}$$

d_{en} - диаметр распределительного кольца, принимается 3,0 ÷ 4,0 м.

**Рабочая
глубина, м**

$$H_{set} = \left(\frac{0,9^{n_2} \alpha \cdot t_{set} U_0}{450} \right)^{\frac{1}{1-n_2}}$$

t_{set} - продолжительность отстаивания в лабораторных условиях, с

α - по таблице

C_{en} , г/м ³	t_{set} , с		n_2	
	$\mathcal{E} = 50 \%$	$\mathcal{E} = 60 \%$	$\mathcal{E} = 50 \%$	$\mathcal{E} = 60 \%$
150	2700	–	0,38	–
200	2160	7200	0,32	0,36
300	1800	3600	0,20	0,26

α	T_w , °C				
	25	20	15	10	5
	0,90	1,00	1,14	1,30	1,50

Отстойник

Строительная глубина отстойника, м и значение H должно быть кратно 0,6 м

$$H = H_{set} + 0,3 + i \frac{D_{set}}{2} + \Delta$$

Высота борта отстойника над уровнем воды, м. Принимается $\Delta \geq 0,33$.

Объем илового приямка, м³

$$W_{mud} = Q_{mud}^{set} t_1$$

t_1 - продолжительность наполнения осадка в приямке, сут. $t_1 = 0,33$ при удалении осадка центробежным насосом

Суточный объем выпадающего осадка, м³/сут

$$Q_{mud}^{set} = \frac{Q_{mud}^{c.u}}{n}$$

Суточный объем сырого осадка, выпадающего в отстойниках, м³/сут

Длина водосборного лотка, м

$$l_B \geq \frac{q_{set}}{36}$$

Отстойник



Отстойник и



Отстойник
и

