

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра водоснабжения, химии и экологии**

**О. К. НОВИКОВА**

# **ОРГАНИЗАЦИЯ ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

**Учебное пособие**

**Гомель 2026**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра водоснабжения, химии и экологии

О. К. НОВИКОВА

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего  
образования по специальности  
«Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений»*

Гомель 2026

УДК 628.2/.3(075.8)  
ББК 38.761.2  
Н73

Рецензенты: кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета (заведующий кафедрой – канд. техн. наук, доцент *С. В. Андreyuk*); доцент кафедры теплогазоводоснабжения и вентиляции Полоцкого государственного университета им. Евфросинии Полоцкой канд. техн. наук, доцент *В. Д. Ющенко*

**Новикова, О. К.**

Н73 Организация отведения и очистки поверхностных сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2026. – 185 с.  
ISBN 978-985-891-257-4

Содержит основные сведения по проектированию систем дождевой канализации. Освещены вопросы выбора системы и схемы канализации, устройства канализационных сетей и сооружений на них. Рассмотрены особенности проектирования сетей дождевой канализации, определения расчетных расходов поверхностных сточных вод, гидравлического расчета и конструирования сетей, устройства дождеприемников и снегосплавных пунктов. Уделено внимание очистке дождевых и талых сточных вод.

Предназначено для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений». Может быть полезно студентам и магистрантам других специальностей, изучающим вопросы организации отведения и очистки поверхностных сточных вод.

**УДК 628.2/.3(075.8)**  
**ББК 38.761.2**

**ISBN 978-985-891-257-4**

© Новикова О. К., 2026  
© Оформление. БелГУТ, 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫПАДЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ .....	6
1.1 История, перспективы и пути развития дождевой канализации .....	6
1.2 Характеристика атмосферных осадков.....	9
1.3 Формирование расходов поверхностных сточных вод.....	15
2 ОТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ .....	18
2.1 Отведение атмосферных осадков с кровель .....	18
2.2 Системы и схемы сбора и отведения дождевых и талых сточных вод с селитебной территории.....	22
2.3 Гидротехнические сооружения и устройства систем сбора и отведения поверхностных сточных вод.....	26
2.3.1 Гидротехнические сооружения открытых систем дождевой канализации ...	27
2.3.2 Гидротехнические сооружения закрытых систем дождевой канализации ...	39
2.3.3 Гидротехнические сооружения комбинированных систем дождевой канализации .....	42
2.4 Прокладка сетей дождевой канализации .....	48
2.4.1 Трассировка сетей дождевой канализации .....	48
2.4.2 Трубопроводы систем дождевой канализации.....	50
2.5 Сооружения на сетях дождевой канализации .....	52
2.5.1 Дождеприемные колодцы .....	53
2.5.2 Смотровые колодцы .....	62
2.5.3 Перепадные колодцы.....	64
2.5.4 Разделительные камеры .....	65
2.5.5 Регулирующие резервуары .....	72
2.5.6 Выпуски поверхностных сточных вод в водные объекты .....	76
3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕТЕЙ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ .....	80
3.1 Определение расчетных расходов.....	80
3.1.1 Расходы поверхностных сточных вод в коллекторах дождевой канализации .....	80
3.1.2 Расчетные расходы сточных вод в коллекторах полураздельной системы канализации .....	87
3.2 Гидравлический расчет сети дождевой канализации .....	88
3.2.1 Минимальные диаметры и уклоны, допустимые скорости и наполнения трубопроводов .....	88
3.2.2 Гидравлический расчет .....	90
3.2.3 Определение отметок .....	94
4 ОЧИСТКА ДОЖДЕВЫХ И ТАЛЫХ СТОЧНЫХ ВОД С УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ .....	96
4.1 Характеристика загрязненности поверхностных сточных вод.....	96
4.1.1 Показатели, характеризующие загрязненность поверхностных сточных вод.....	96

4.1.2	Качественный состав дождевых, талых и поливомоечных сточных вод с селитебной территории .....	100
4.1.3	Качественный состав поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий .....	105
4.2	Отведение поверхностных сточных вод на очистные сооружения .....	107
4.2.1	Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод .....	107
4.2.2	Определение объемов поверхностных сточных вод, отводимых на очистные сооружения.....	109
4.2.3	Определение производительности очистных сооружений .....	114
4.3	Очистка дождевых и талых сточных вод с урбанизированной территории .....	116
4.3.1	Условия отведения поверхностных сточных вод.....	116
4.3.2	Типы очистных сооружений по принципу регулирования расхода сточных вод .....	120
4.3.3	Принципы очистки поверхностных сточных вод .....	122
4.4	Методы очистки поверхностных сточных вод.....	126
4.4.1	Очистка от крупных механических примесей и мусора.....	126
4.4.2	Очистка от тяжелых минеральных примесей.....	127
4.4.3	Аккумуляция и предварительное осветление.....	135
4.4.4	Пруды-отстойники.....	137
4.4.5	Реагентная обработка .....	141
4.4.6	Реагентное отстаивание .....	144
4.4.7	Реагентная флоатация .....	145
4.4.8	Фильтрация.....	148
4.4.9	Адсорбция .....	149
4.4.10	Биологическая очистка.....	151
4.4.11	Габрионные очистные фильтрующие сооружения .....	153
4.4.12	Озонирование.....	154
4.4.13	Ионный обмен.....	154
4.4.14	Баромембранные процессы.....	155
4.4.15	Обеззараживание .....	155
4.5	Принципиальные схемы очистных сооружений поверхностных сточных вод .....	156
4.6	Использование сетей дождевой канализации для удаления снега .....	163
4.6.1	Технологии переработки убираемого снега .....	163
4.6.2	Классификация снегоплавильных пунктов .....	165
4.6.3	Область применения снегосплавных камер .....	166
4.6.4	«Сухие» снегосвалки .....	167
4.6.5	Снегосплавные пункты на коллекторах канализации .....	169
4.6.6	Снегосплавные пункты на дизельном топливе .....	172
4.6.7	Снегосплавные пункты на сбросных водах теплоэлектроцентрали.....	174
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	176
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Значения параметров осадков для населенных пунктов Республики Беларусь.....	178
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Загрязненность поверхностных сточных вод.....	184

## ВВЕДЕНИЕ

Современные условия урбанизации и интенсивного развития селитебных территорий предъявляют повышенные требования к системам отведения и очистки поверхностных сточных вод. Поверхностные сточные воды, образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков, таяния снега и льда, являются одним из рассредоточенных источников загрязнения водоемов и водотоков. Их несвоевременное и неэффективное отведение и очистка могут привести к негативным последствиям, таким как подтопление территорий, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки.

Системы отведения атмосферных осадков с селитебной территории призваны обеспечить нормальные условия жизнедеятельности в населенных пунктах во время выпадения дождей и снеготаяния.

Перед отведением в водные объекты дождевые и талые воды должны быть очищены до такой степени, чтобы не вызвать сверхнормативного загрязнения воды в водных объектах. Иногда экономически оправдано накопление поверхностных сточных вод с целью их использования для водоснабжения, орошения и рекреации.

Определение производительности очистных сооружений, исходя из максимальных расходов воды, связано с неоправданным удорожанием строительства, так как на полную мощность очистные сооружения будут работать крайне редко и в течение непродолжительного времени. В связи с этим целесообразным является применение регулирующих резервуаров в системах сбора и отведения поверхностных сточных вод.

Расчеты сетей дождевой канализации отличаются от расчетов сетей производственно-бытовой канализации, так как формирование расходов дождевых сточных вод происходит при непрерывно изменяющемся во времени притоке воды с прилегающей территории. Характер выпадения дождей зависит от климатических условий и предсказуем только с определенной степенью вероятности, а величина стока, в свою очередь, зависит от вида поверхности, рельефа и местных условий.

Учебное пособие написано в соответствии с учебной программой дисциплины «Организация отведения и очистки поверхностных сточных вод».

При написании пособия использованы действующие в Республике Беларусь нормативные правовые акты, научные исследования АО «НИИ ВОДГЕО», опыт проектирования и строительства.

# 1 ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫПАДЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

## 1.1 История, перспективы и пути развития дождевой канализации

Сооружения для отведения атмосферных осадков известны с глубокой древности. Археологические исследования показывают, что древнейшие поселения, например, в Индии, имели сооружения для отведения сточных вод. При раскопках в Междуречье были обнаружены канализационные каналы, выложенные из обожженного кирпича, обмазанного битумом. Аналогичные сооружения были обнаружены также у ассирийцев.

Для древнегреческих городов был характерен высокий уровень благоустройства и комфорта. Санитарное состояние городских площадей, улиц и дворов обеспечивалось хорошо организованной системой водостоков, обложенных камнем и перекрытых плитами. В Афинах был обнаружен канализационный канал, проложенный через весь город, причем первоначально это была небольшая речка, которая была преобразована в канал шириной до 4,2 м. В городах назначались специальные должностные лица – *астиномы*, которые следили за санитарным состоянием города.

Еще большим умением строить инженерные сооружения отличались древние римляне. Для отведения сточных вод использовались ручьи, переделанные в канализационные каналы. Так возникла известная *Cloaca Maxima* – большой сточный канал, сооруженный в IV веке до н.э. и частично сохранившийся до настоящего времени.

В России дренажные трубы впервые были проложены в Великом Новгороде еще в XI в. В XIV в. там же были применены круглые деревянные трубы. Великий Новгород – первый город в Европе, в котором в XI в. были замощены все улицы. Начало работ по устройству сетей водоотведения в Москве относится к середине XIV в., к моменту сооружения на территории Кремля закрытого деревянного канала для отведения дождевых и талых сточных вод в р. Москву.

В середине XVIII в. в связи со значительным масштабом работ по замощению улиц строительство систем водотведения в России получает широкое для того времени развитие. При устройстве улиц необходимо было уделять внимание отведению атмосферных вод. Екатерина II в 1770 г. своим указом повелела начать строительство на главных улицах Петербурга подземных каналов для отведения дождевых вод. Трубы выкладывали из кирпича или

устанавливали из деревянных щитов, собранных из пластин. В определенных местах над трубами устанавливались колодцы, перекрытые сверху металлическими решетками, через которые поверхностные сточные воды попадали в трубы и по ним стекали в реки и каналы. Эти приемные колодцы представляли собой первый тип дождеприемников отечественной конструкции. Уже в 1832 г. протяженность сетей дождевой канализации Петербурга составляла 95 км и превышала протяженность сетей Парижа.

В конце XVIII в. в Москве была устроена система канализационных каналов с отстаиванием осадка, который использовался для удобрения. Самотечный и Неглинный каналы после 1812 г. были перекрыты сводами, над Неглинным (длина 3 км) был устроен Цветной бульвар.

В течение XIX и начале XX в. системы дождевой канализации строятся во многих российских городах. К этому же времени относится строительство общесплавных систем канализации в Гатчине, Самаре, Выборге, Орехово-Зуеве, Пензе, Пскове, Рыбинске, Симбирске и др.

Первая техническая литература в России, посвященная дренажным трубам, выгребам и водостокам, выходит в свет в 1857–1860 гг. В Петербурге в это время ведется большая работа по сравнению различных систем канализации. Практически во всех городах строится общесплавная система канализации, когда в одну систему трубопроводов сбрасываются бытовые, производственные и поверхностные сточные воды.

Несмотря на то, что системы общесплавной и дождевой канализации строятся очень давно, научно обоснованные методы их расчета отсутствовали. Хорошо зарекомендовал себя на практике и до настоящего времени используется так называемый рациональный метод определения расчетных расходов, предложенный в 1851 г. ирландским инженером Мальвани, основанный на допущении, что любой водосбор имеет характерное время концентрации стока, равное времени добега стока до замыкающего створа. По этому методу, используя данные об осадках в рассматриваемом районе, можно выбрать интенсивность ливня и перейти от нее к интенсивности стока на конкретном водосборе.

Оригинальный метод расчета дождевого стока, известный как «способ предельных интенсивностей», принадлежит профессору П. Ф. Горбачеву. В своей работе «Методы расчета ливневого стока» П. Ф. Горбачев писал, что предложенный способ предельных интенсивностей исходит не из эмпирического подбора местных метеорологических данных для каждого проекта дождевой канализации, а из общего теоретического обоснования расчетов для всех случаев, позволяя охватить и учесть все многообразие местных и временных условий стока.

Крупные теоретические исследования с постановкой обширных экспериментов проведены профессором Н. Н. Беловым.

В начале XX века вопрос о загрязненности поверхностных сточных вод начал рассматриваться гигиенистами России, а затем СССР. Отдельные исследования были проведены в Санкт-Петербурге (1915 г.), Днепропетровске (1926 г.), Москве (1936 г.). Исследования Е. В. Тепляковой, проведенные в Ленинградском санитарно-гигиеническом медицинском институте в 1955–1956 гг., Г. Г. Шигорина в Ленинградском научно-исследовательском институте АКХ им. К. Д. Панфилова в 1949–1953 и 1958–1959 гг., подняли проблему загрязненности поверхностных сточных вод с урбанизированной территории. До их исследований дождевые и талые сточные воды, поступающие через уличные ливнеспуски в водные объекты, относились к категории условно чистых сточных вод.

Правошинским Н. А. в 1965–1971 гг. в г. Минске (ЦНИИКИВР) был изучен состав дождевых, талых и поливомоечных сточных вод с городской территории, оценен их вес в загрязнении водного бассейна, получены коэффициенты стока при мойке улиц с асфальтовым покрытием. Предложены меры охраны водных объектов в городской черте от загрязнения поверхностными сточными водами.

Значительный вклад в исследования вопросов дождевой канализации внесли Г. Г. Шигорин и М. В. Молоков. Они дали количественную оценку загрязненности поверхностных сточных вод, рассмотрели способы их очистки и предложили пути снижения количества загрязнений, вносимых в выносимых в водные объекты.

Дикаревским В. С., Кургановым А. М., Алексеевым М. И. были изучены процессы формирования дождевых и талых сточных вод, законы выпадения атмосферных осадков. Установлены диапазоны изменения качества поверхностных сточных вод, образующихся на территории населенных мест и промышленных предприятий, предложены пути их использования в оборотных системах водоснабжения.

В АО «НИИ ВОДГЕО» в соответствии с действующей законодательной и нормативно-технической документацией были разработаны «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты». В основу рекомендуемого расчета систем сбора и отведения поверхностных сточных вод положен метод предельных интенсивностей, разработанный П. Ф. Горбачевым и позднее развитый инженером Н. Н. Беловым, доктором технических наук Г. Г. Шигориным, кандидатом технических наук М. В. Молоковым, докторами технических наук М. И. Алексеевым и А. М. Кургановым.

Ранее дождевые и талые воды относили к условно чистым и их без ограничения можно было отводить в водные объекты. Исследованиями установлено, что в дождевых и талых водах содержится значительное количество

загрязнений, поэтому в последнее время уделяется большое внимание очистке этих вод, особенно с территорий промышленных предприятий, автозаправочных станций и других объектов.

В настоящее время при застройке населенных пунктов многоэтажными зданиями устраиваются современные системы отведения поверхностных сточных вод, в основном закрытые, т. е. в виде подземных трубопроводов.

Среди приоритетных направлений развития дождевой канализации можно выделить:

- ликвидацию имеющейся диспропорции в развитии городской инфраструктуры и системы отведения дождевых и талых сточных вод;
- устройство систем дождевой канализации в малых населенных пунктах;
- повышение качества строительства новых сетей дождевой канализации и реконструкция уже существующих;
- снижение материалоемкости и трудозатрат при строительстве систем дождевой канализации.

## **1.2 Характеристика атмосферных осадков**

Выпадение атмосферных осадков, потеря части воды, сток и испарение составляют основные звенья круговорота воды в природе. Осадки будут выпадать, если температура в облаке водяного пара упадет ниже точки росы (температуры, при которой ненасыщенный воздух при постоянном влагосодержании становится насыщенным). Выпадению осадков предшествует конденсация водяного пара. Охлаждение водяного пара может быть вызвано различными факторами:

- подъемом воздуха на горную цепь (орографические осадки);
- прохождением холодных фронтов (фронтальные, циклонные осадки);
- нагреванием воздуха подстилающей поверхности (конвективные осадки).

В последнем случае возникают грозы, при которых осадки выпадают интенсивно, в течение очень непродолжительного времени, но часто.

Диаметр капель дождя составляет от менее 0,5 мм (морось) до 8 мм. Капли дождя диаметром до 8 мм падают со скоростью до 10 мм/с. Крупные капли (диаметром 3–5 мм) при падении на твердую поверхность разрушаются и образуют брызги, разлетающиеся на расстояние до 110 мм, поднимаясь на высоту до 30 см.

Капли дождя, падающие на водную поверхность, вызывают разбрызгивание воды. Масса разлетающихся брызг может в 1,5 раза превышать массу падающих капель. При падении капель на гладкую поверхность брызги разлетаются на большие расстояния, а масса брызг составляет около 70 % массы падающих капель. При падении капель на сухую гладкую поверхность земли количество брызг намного меньше, чем при падении на мокрую. При падении капель на сухую землю брызги не образуются.

### **Основные параметры, характеризующие атмосферные осадки:**

1 *Количество осадков* – общий объем воды, содержащейся в осадках, выпавших на площадь данной территории за определенный период времени.

2 *Слой осадков* – высота слоя осадков ( $H$ , мм), выпавших на поверхность данной территории за какой-либо промежуток времени, равномерно распределенных по площади этой территории воды при отсутствии стока, просачивания и испарения.

3 *Продолжительность выпадения* – выражается в единицах времени – часах, минутах и секундах.

4 *Интенсивность дождей* – отношение количества выпавших осадков к продолжительности их выпадения ( $i$ , мм/мин или мм/ч). Данный показатель может иметь значение в пределах от 0,25 до 100 мм/ч. В инженерных расчетах интенсивность дождей  $q$  выражается в л/с на 1 га. Связь между данными параметрами описывается выражением

$$q = 0,001 \cdot 1000 \cdot 1000i/60 = 166,7i. \quad (1.1)$$

В процессе выпадения дождя интенсивность его меняется. Поэтому существует понятие *мгновенной* интенсивности в какой-то промежуток времени и *средней* интенсивности за какой-либо промежуток времени.

Средняя интенсивность осадков за промежуток времени, мм/мин,

$$i = H / t, \quad (1.2)$$

где  $H$  – количество осадков, выпавших за рассматриваемый период времени, мм;  
 $t$  – промежуток времени, мин.

В качестве стандартного интервала времени для измерения интенсивности осадков в большинстве стран принята длительность 5 мин, в Российской Федерации и Республике Беларусь – 10 мин.

Для изучения климатических особенностей ведутся метеорологические наблюдения.

**Дожди** по морфологическим признакам подразделяются на следующие основные виды:

1 *Моросящий дождь* – количество выпавших осадков минимально, интенсивность дождя не превышает 0,01 мм/мин, капли имеют наименьший диаметр.

2 *Обложной дождь* – темные облака с дождем закрывают небо и распространяются на многие километры, осадки могут выпадать несколько часов, дней, а то и недель. Интенсивность таких дождей невелика, превышает морось примерно в 4–6 раз, однако затяжной характер позволяет насытить воздух влагой, увеличивая общую влажность. Продолжительный характер обложного дождя оказывает негативное воздействие на сельское хозяйство.

3 *Ливень* – это сильный дождь, который начинается внезапно, довольно часто сопровождается шквалистым ветром и грозами. Диаметр капель имеет максимальное значение, а интенсивность превышает 1 мм/мин. При сильных ливнях, продолжающихся в течение нескольких часов, может быть нанесен серьезный урон всей местности. Ливень может стать причиной таких явлений, как наводнение, оползни, эрозия почвы.

Режим увлажнения в основном определяется выпавшими осадками, которые характеризуются фазовым состоянием, количеством выпавших осадков, продолжительностью их выпадения и интенсивностью.

Осадки в зависимости от *фазового состояния* разделяются:

- на твердые (снег, град, снежная «крупа», гололед, иней);
- жидкие (дождь);
- смешанные (снег с дождем, мокрый снег).

Для измерения количества атмосферных осадков за различные промежутки времени используются приборы, которые называются дождемеры (осадкомеры). Дождемеры бывают простые и самопишущие (рисунок 1.1). Стандартный простой осадкомер состоит из приемной воронки с калиброванным входным отверстием и водосборника, где хранится собранная вода. Простой дождемер устанавливается на столбе высотой 2 м и измеряет количество осадков 1 раз в сутки.

а)



б)

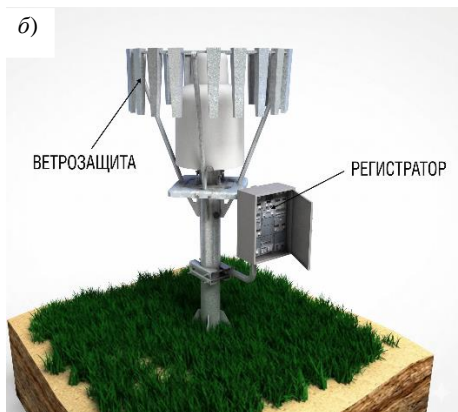


Рисунок 1.1 – Дождемеры:  
а – простой; б – самопишущий

С помощью **плювиографа** (рисунок 1.2) записываются количество выпавших осадков в каждый момент времени и интервалы времени, в течение которых выпадает определенное количество осадков (плювиограммы).

Плювиограф состоит из трех узлов: система для сбора осадков, механизм для измерения и регистратор сумм осадков во времени.

Механизмы для измерения количества осадков бывают различной конструкции, самый простой из них – *поплавковый*, который состоит из камеры с поплавком. При поступлении воды поплавок поднимается и передвигает перо. Вода из камеры периодически сливается до нулевого уровня.

Недостатком таких плевниографов является большая погрешность измерения при расшифровке регистрирующих лент.

Полностью автоматическое и дистанционное измерение обеспечивает простой по конструкции прибор – *челночный плевниограф*.

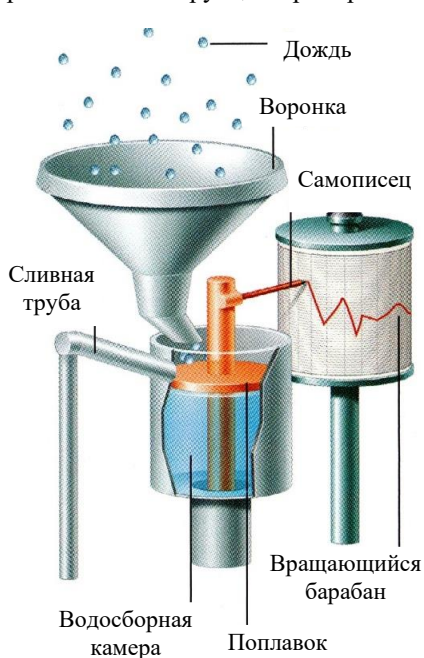


Рисунок 1.2 – Плевниограф

Для измерения интенсивности осадков существуют **интенсиметры**. Например, *интенсиметр Жорди* использует принцип поплавкового клапана.

Максимальные расходы поверхностного стока формируются за счет интенсивной части дождя, продолжительность которой равна продолжительности добегания воды от наиболее удаленной точки бассейна до расчетного створа. Поэтому из всех характеристик дождя наибольший практический интерес представляют средние интенсивности за периоды разной длительности.

Сооружения систем канализации необходимо проектировать с определенным запасом надежности. Для этого данные об осадках ранжируются, и для конкретных значений указывается их **повторяемость** – число лет, в течение которых значение рассматриваемой гидрологической величины повторяется в среднем 1 раз.

**Повторяемость осадков** (или **период повторяемости**)  $p$  представляет собой средний промежуток времени между дождями с интенсивностью, не меньшей заданного значения. Повторяемость измеряется в годах. Чем больше повторяемость, тем меньше вероятность  $S$  превышения интенсивности этого дождя

$$S = 1/p. \quad (1.3)$$

**Период однократного превышения расчетной интенсивности** ( $p$ ) – это период (в годах), в который могут выпасть дожди большей интенсивности (например,  $P = 0,33$  года – 3 раза в год может выпасть дождь интенсивностью, превышающей расчетную).

Поля осадков состоят из отдельных пятен, имеющих вид кругов или эллипсов с размерами от сотен метров до нескольких десятков километров. Эти пятна называются **очагами**. Одноочаговые дожди имеют один максимум интенсивности, а многоочаговые – несколько.

Осадки выпадают преимущественно при прохождении циклонов и фронтов. Осадки местного происхождения выпадают мало и в основном в летний период.

Осадки характеризуются **периодом выпадения**:

– *холодный период* (ноябрь – март) – выпадают твердые, смешанные и жидкие осадки;

– *теплый* (апрель – октябрь) – выпадают в основном жидкие осадки.

В течение года осадки выпадают неравномерно, большая их часть (65–71 %) приходится на теплый период и только 29–35 % – на холодный (таблица 1.1). Величина годового слоя осадков, выпадающих на территории Республики Беларусь, колеблется от 557 мм (Гродно) до 741 мм (Новогрудок), на территории России – от 400 до 1200 мм.

**Таблица 1.1 – Среднемесячные и годовые суммы осадков в областных центрах Республики Беларусь за период 1981–2010 гг. [14]**

В миллиметрах

Пункт наблюдения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI–III	IV–X	За год
Минск	45	39	45	42	65	89	89	68	60	53	47	50	226	466	692
Гомель	34	33	34	41	56	79	90	61	58	54	48	40	189	439	628
Витебск	51	45	45	35	56	85	83	83	68	62	55	56	253	472	725
Гродно	36	29	32	33	56	66	78	58	52	36	41	40	178	379	557
Могилев	39	34	39	41	53	75	81	66	55	53	45	42	199	424	623
Брест	34	33	33	37	63	68	74	73	56	37	42	41	183	408	591

В среднем максимум осадков приходится на июнь в Витебской и Миской областях, на июль – в остальных областях Республики Беларусь, минимум – на февраль [14].

Около 15 % годового количества осадков выпадает преимущественно в твердом виде. Зимой во время оттепелей и в переходные месяцы (март, апрель и октябрь, ноябрь) выпадают смешанные осадки (мокрый снег, снег с дождем, ледяной дождь) – в среднем 15 % годового количества. Две третьих суммарного количества осадков выпадают в жидком виде. Минимальное количество жидких осадков приходится на январь – февраль. Для этих месяцев характерны преимущественно твердые или смешанные осадки (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Количество твердых, жидких и смешанных осадков [14]

В миллиметрах

Вид осадков	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
<b>Минск</b>													
Твердые	31	24	15	4	1	–	–	–	–	1	7	18	100
Жидкие	7	3	11	27	56	89	89	68	60	41	26	13	493
Смешанные	6	12	19	11	7	–	–	–	–	11	14	19	99
<b>Гомель</b>													
Твердые	20	15	15	5	–	–	–	–	–	–	6	18	82
Жидкие	3	6	7	27	53	79	90	61	58	48	27	10	465
Смешанные	12	12	11	9	3	–	–	–	–	6	15	12	82
<b>Витебск</b>													
Твердые	32	33	18	4	1	–	–	–	–	1	12	23	106
Жидкие	3	3	9	21	52	85	83	83	65	52	28	11	522
Смешанные	16	9	19	11	3	–	–	–	3	8	15	22	97
<b>Гродно</b>													
Твердые	16	15	15	2	–	–	–	–	–	–	5	12	64
Жидкие	4	6	9	24	53	66	78	58	52	33	21	15	422
Смешанные	16	8	9	7	3	–	–	–	–	3	14	12	71
<b>Могилев</b>													
Твердые	24	18	22	5	1	–	–	–	–	3	9	18	100
Жидкие	3	2	5	25	49	75	81	66	54	44	20	9	433
Смешанные	12	14	12	10	3	–	–	–	1	6	16	15	89
<b>Брест</b>													
Твердые	15	15	12	2	–	–	–	–	–	–	3	7	53
Жидкие	7	7	8	29	62	68	74	73	56	35	26	17	465
Смешанные	12	11	12	6	1	–	–	–	–	2	13	16	73

Осадки характеризуются большой неравномерностью распределения во времени и пространстве. В холодный период года преобладают обложные осадки небольшой интенсивности – 0,2–0,4 мм/ч. В летние месяцы интенсивность возрастает до 1,1–1,3 мм/ч за счет выпадения ливневых осадков. Число дней с осадками 5 мм и более также отличается по периодам (для Республики Беларусь – 2–4 дня в холодный период, 3–6 – в теплый [14]).

Ливневые осадки преимущественно длятся 2 ч и менее. Суточный максимум 90%-й обеспеченности для г. Минска в летние месяцы составляет 27–45 мм [14].

Весной преобладают дни с мелкими осадками (до 1 мм). Средняя продолжительность выпадения осадков составляет 5,9 ч в апреле, 5,3 ч – в мае. Весной осадки иногда сопровождаются грозой, иногда выпадает град.

Осенью осадки более затяжные и меньшей интенсивности, типичны моросящие дожди. Осенью меняется вид осадков и в октябре – ноябре бывает 3–4 дня со смешанными осадками, когда одновременно идут и дождь, и снег.

### 1.3 Формирование расходов поверхностных сточных вод

**Поверхностные сточные воды** – загрязненная дождевая, талая, поливочная вода, стекающая с селитебных территорий и площадок промышленных предприятий, отводимая системой сооружений в водные объекты [16].

В канализационные сети попадают не все атмосферные осадки, которые выпали в виде дождя, снега, града, поскольку значительная их часть либо фильтруется в грунт и поступает в водоносные горизонты, восполняя запасы грунтовых вод, либо остается на поверхности, на которую выпала и испаряется. Среднее годовое испарение меняется от 200 мм в условиях холодного и влажного климата до 2000 мм в жарких и засушливых районах.

Максимальная интенсивность осадков может достигать 0,3 мм/ч. Несмотря на то, что интенсивность испарения мала по сравнению с интенсивностью осадков, оно продолжается и после прекращения дождя. Поэтому общие потери с крупных водосборов и водосборов с большим временем концентрации стока могут быть значительными.

Часть дождевых осадков задерживается растительностью. Возможный суммарный перехват осадков деревьями составляет 2–10 мм. Также возможно задержание и накопление осадков в углублениях поверхности. Величина задержанного слоя воды (потерянного для стока) составляет: 5 мм – на песке, 4 мм – на газонах, 3 мм – на глинистых поверхностях. В среднем потери изменяются от 1 мм на мощных поверхностях до 10 мм – в садах.

Вода, выпадающая на пористые поверхности, просачивается в них со скоростью фильтрации  $v_f$ , которая зависит от водопроницаемости поверхности грунта и начального влагосодержания. За период ливня интенсивность инфильтрации уменьшается по мере заполнения водой пор грунта и подъема водного зеркала. Интенсивность инфильтрации можно с достаточной точностью принять: для глины – 0,2–2 мм/ч, суглинка – 2–10 мм/ч и для песчаных почв – 12–25 мм/ч. При наличии растительного покрова эти значения могут возрасти до 200 мм/ч на засеянном поле с песчаной почвой.

Сток с водосбора после выпадения дождя возрастает до некоторого максимума и затем убывает. Гидрограф стока представляет собой график расходов воды в различные моменты времени. Форма гидрографа зависит от многих факторов, в том числе от характеристик дождя и рельефа местности. Форма ветви подъема гидрографа зависит от интенсивности концентрации избыточных осадков или стока.

На первой стадии ливня часть выпавших на водосбор осадков не будет участвовать в стоке вследствие аккумуляции на поверхности потерь на инфильтрацию. В процессе дальнейшего выпадения дождя потери будут уменьшаться, и все большее количество осадков начнет участвовать в стоке. Поэтому расходы на ветви подъема гидрографа будут возрастать по экспоненциальной зависимости. Через некоторое время сток с самых удаленных частей водосбора достигнет замыкающего створа (время поверхностной

концентрации стока), и расходы перестанут расти. После уменьшения притока (снижения интенсивности выпадения осадков) сток будет убывать на ветви спада гидрографа асимптотически. Продолжающиеся потери с поверхности могут быстро уменьшать сток до нуля. С другой стороны, уровень подземных вод может подняться так высоко, что водоносные слои станут отдавать часть запаса, увеличивая общий расход.

К особенностям поверхностных сточных вод, отличающим их от других категорий сточных вод, относятся эпизодичность образования и значительные колебания расхода за время одного дождя. Особенно это характерно для урбанизированной территории, где вследствие большого количества водонепроницаемых поверхностей, во-первых, наблюдается изменение водного баланса территории с увеличением поверхности стока в 2–4 раза, а во-вторых, – повышение пиковых расходов поверхностных сточных вод ввиду низкой водозадерживающей способности (рисунок 1.3).

Скорость формирования поверхностного стока зависит:

- от интенсивности осадков;
- конфигурации поверхности;
- соотношения между высотой слоя и скоростью движения воды.

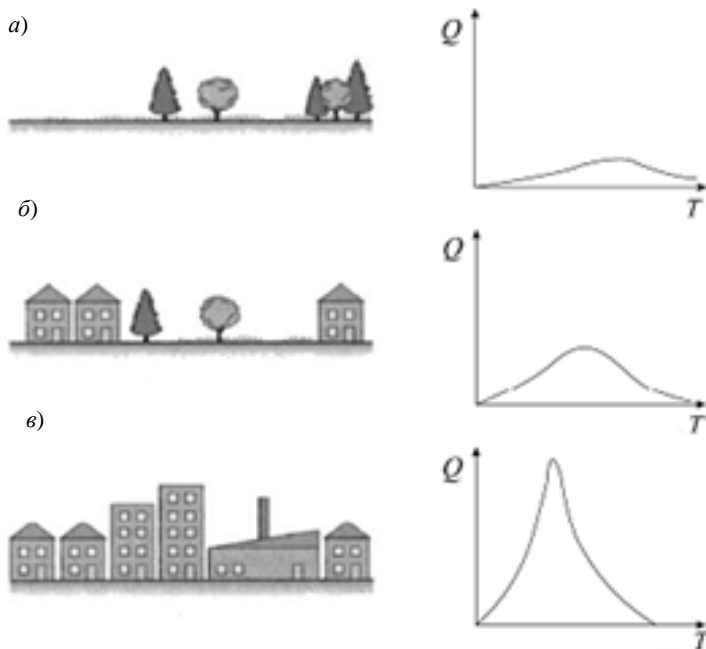


Рисунок 1.3 – Гидрограф поверхностного стока с различных водосборных территорий:

*а* – естественная среда; *б* – небольшие города; *в* – крупные города

Интенсивность выпадения осадков меняется и по времени, и по водосбору. Важное значение имеет ветер, вызывающий перемещение облаков над водосбором, несущий влагу, которая испарилась с открытой поверхности.

В крупных городах и промышленных центрах страны поверхностные сточные воды представляют собой значительные объемы загрязненных вод, которые в большинстве случаев без очистки, со значительными (в 10 и более раз) превышениями предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК), попадают в водные объекты. Качественный состав поверхностных сточных вод колеблется в широких пределах.

Для задержания стока на месте его формирования целесообразно выводить водосточные канавы и трубы на водопроницаемые и занятые растительностью участки. Аккумулируемая вода распространяется при этом на большой площади, и ее слой оказывается совсем незначительным. На территориях, совершенно не имеющих открытой поверхности, целесообразно создавать бассейны-накопители и пористые поверхности, устраивать небольшие сети дождевой канализации из труб с ограниченной пропускной способностью.

Снижение интенсивности стока позволяет уменьшить эрозию почв и концентрацию загрязняющих веществ.

В плотно застроенных торговых и промышленных районах для задержания стока можно использовать автостоянки. Рядом с автостоянками устраиваются пористые обочины для поглощения или перемещения избыточной стока. На них будет также перехватываться неканализованный (склоновый) сток и замедляться поступление воды в коллекторы дождевой канализации.

## 2 ОТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ

При благоприятных топографических условиях дождевые воды и воды от таяния снегов стекают по поверхности земли в ближайшие водные объекты. При отсутствии благоприятных условий поверхностные сточные воды застаиваются, образуя заболоченные зоны, что недопустимо для территорий населенных пунктов и промышленных предприятий.

Одним из основных требований благоустройства населенных мест и территорий промышленных предприятий является *организованное удаление атмосферных осадков*.

**Дождевая канализация** предназначена для организации своевременного и достаточно быстрого отведения выпавших на территорию населенного пункта или промышленного предприятия осадков, талых вод и вод от поливки улиц, а также предотвращения затопления улиц и заболачивания низких мест.

### 2.1 Отведение атмосферных осадков с кровель

Способы удаления атмосферных осадков с кровель зданий:

**1 Наружная система** – состоит из расположенных снаружи здания лотков, желобов и водосточных стояков, изготовленных из листовой кровельной стали, меди или различных пластиков (рисунок 2.1), выполняется:



- с *открытым выпуском воды* на тротуар, в зеленую зону или на проезжую часть улицы, примыкающую к зданию;
- с *закрытым выпуском воды* в дождевую канализацию или общесплавную сеть канализации.



Системы наружных водостоков при устойчивых отрицательных температурах воздуха работают не всегда удовлетворительно. В результате наледобразования у водосточных воронок на кровле образуется подпор талых вод, что вызывает разрушение конструкции крыши, сырость в зданиях, ухудшение температурно-влажностного режима чердаков и т. д.

Для устранения такой ситуации могут применяться антиобледенительные нагревательные системы, недостатком которых является высокая стоимость.

*Системы наружных водостоков с закрытым выпуском воды* в сеть дождевой канализации, так называемые «системы рижского типа», не применяются в Республике Беларусь и в условиях средней полосы России из-за замерзания водосточных стояков, проходящих через слои мерзлого грунта, перед присоединением к закрытым городским сетям.

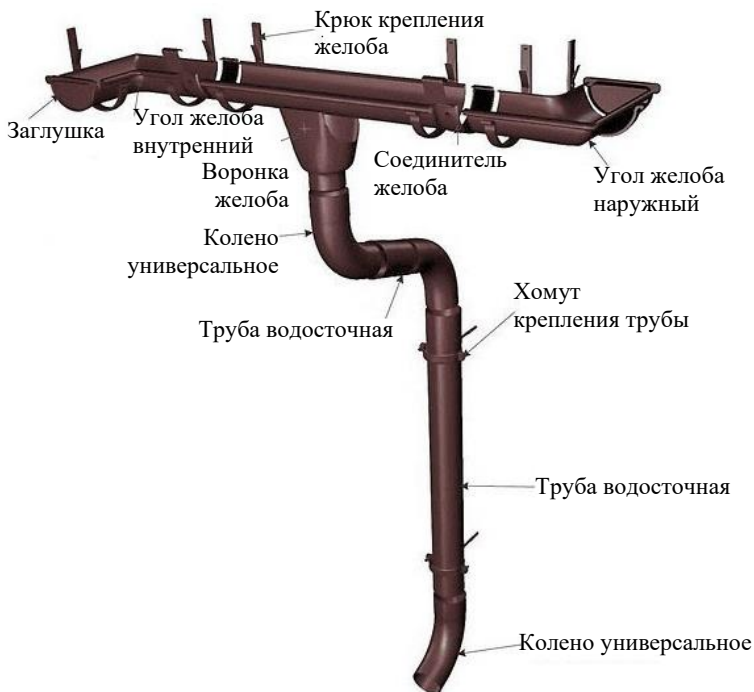


Рисунок 2.1 – Устройство наружной водосточной системы

Существенным недостатком наружных водостоков из черной листовой и оцинкованной стали является их малая долговечность (в несколько раз меньше, чем у строительных конструкций зданий). Теоретический срок службы в нормальных условиях эксплуатации труб из черной листовой стали составляет 15 лет, а из оцинкованной – 20 лет. Фактический срок службы наружных водосточных труб из оцинкованной стали почти в восемь раз меньше и составляет не более 7–8 лет.

Использование для устройства наружных водосточных систем труб, желобов из полимерных материалов позволяет увеличить срок службы, поскольку они, как правило, имеют весьма высокую коррозионную устойчивость к химическим загрязнениям атмосферы.

**2 Внутренняя система** – состоит из расположенных снаружи водосточных воронок и водосточных стояков, расположенных внутри здания (рисунок 2.2). Также бывает с *открытым* и *закрытым* выпуском воды. Вода с кровли собирается в водосточные воронки и направляется в водосточные трубы (стояки), соединяющие воронки с подпольными или подвесными трубопроводами, откуда вода через выпуски отводится в наружные сети дождевой или общесплавной канализации, при их отсутствии – в лотки около здания

(открытый выпуск). При этом должны быть предусмотрены мероприятия, исключающие размыв поверхности земли около здания.

При обосновании может быть предусмотрен отвод воды из системы внутренних водостоков в систему производственной канализации незагрязненных или повторно используемых сточных вод.

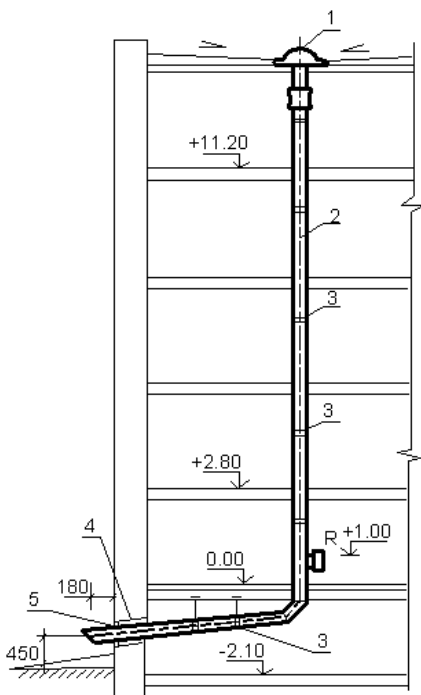


Рисунок 2.2 – Схема внутреннего водостока с наружным выпуском:

- 1 – воронка; 2 – водосточный стояк;
- 3 – крепления стояка и выпуска;
- 4 – гильза, зачеканенная смоляной прядью; 5 – цементная штукатурка

*водосборная воронка*, обеспечивающая быстрый и эффективный сбор воды с большого участка кровли.

Воронки снабжены решетками, фильтрующими поступающую воду и задерживающими листву и прочий мусор. Решетки делаются съемными – для простоты очистки. На плоских неэксплуатируемых кровлях жилых и общественных зданий допускается устанавливать по одной водосточной воронке на каждую секцию. В эксплуатируемых кровлях, как правило, устраивается большое число воронок.

Система внутреннего водостока должна полноценно функционировать как при положительных, так и при отрицательных температурах. При устройстве внутренних водостоков в неотапливаемых зданиях должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие получение положительной температуры в трубопроводах и водосточных воронках при отрицательной температуре наружного воздуха (электрообогрев, обогрев с помощью пара и т. д.).

Для внутренних водостоков применяются **чугунные напорные трубы** или трубы из **полимерных материалов**.

Допускается применение стальных труб, имеющих антикоррозионное покрытие внутренней и наружной поверхностей. В жилых зданиях водосточные стояки прокладываются во внеквартирных помещениях (на лестничных клетках, в общих коридорах, лифтовых холлах, помещениях мусоропровода), не смежных с жилыми комнатами, в общественных зданиях – в коридорах, подсобных помещениях, санитарных узлах.

Главным элементом системы внутренних водостоков является *водосборная воронка*.

Главным элементом системы внутренних водостоков является *водосборная воронка*, обеспечивающая быстрый и эффективный сбор воды с большого участка кровли.

Внутренние водостоки однопролетных промышленных зданий устраиваются обычно по схеме с одной воронкой на стояке (рисунок 2.3, а, б), многопролетных зданий – по схемам с подпольными или подвесными трубопроводами (рисунок 2.3, г, д).

В каждом ряду колонн, на которые опираются фермы плоской кровли, должна быть установлена хотя бы одна воронка. Присоединение к одному стояку воронок, расположенных на разных уровнях, допускается в случаях, когда общий расчетный расход на водосточный стояк не превышает значений, приведенных в таблице 2.1.

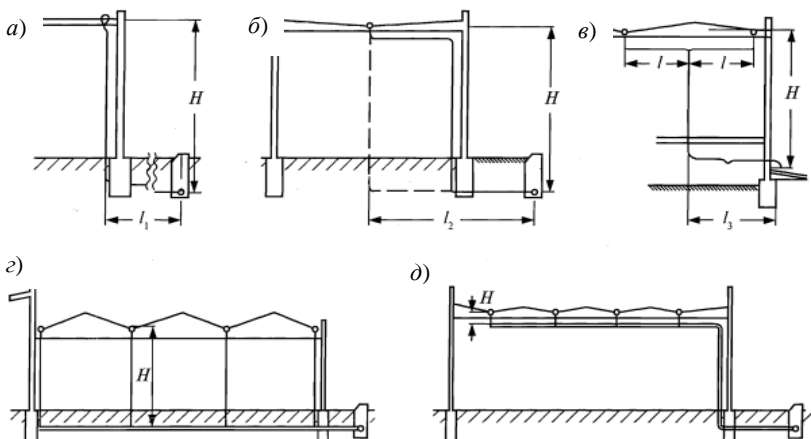


Рисунок 2.3 – Системы внутренних водостоков:  
 а, б – с одной водосточной воронкой на водосточном стояке; в – с симметрично расположенными воронками; г – с подпольным отводным трубопроводом;  
 д – со сборным подвесным трубопроводом

Таблица 2.1 – Предельные расходы дождевых вод для одного водосточного стояка

Диаметр условного прохода водосточного стояка, мм	85	100	150	200
Расчетный расход дождевых вод на водосточный стояк, л/с	10	20	50	80

Воронка надежно соединяется с трубами внутреннего водостока. Присоединение чугунных водосточных воронок к стоякам предусматривается при помощи компенсационных раструбов с эластичной заделкой.

Соединение водосточного стояка из полимерных материалов с чугунной водосточной воронкой осуществляется переходными деталями из полимерных материалов.

Для эксплуатируемых плоских кровель водосточная воронка должна иметь особое строение – верхнюю плоскую крышку, заделываемую на одном уровне с кровельным покрытием.

Водосточные воронки размещаются на кровле исходя из ориентировочных норм предельно допустимых величин водосборной площади на одну воронку и расстояния между воронками (таблица 2.2).

**Таблица 2.2 – Максимально допустимые площади водосбора на одну водосточную воронку**

В метрах квадратных

Тип кровли	Интенсивность осадков $q_{20}$ , л/с·га		
	менее 100	100–120	более 120
Скатные	1200	800	600
Плоские	1800	1200	900
Плоские, заполненные водой	1500	1000	750

Расстояние между воронками в ендовах (пространство между двумя скатами крыши, образующими входящий угол) скатных кровель принимается не более 48 м. На плоских кровлях расстояние между воронками при обосновании может составлять 75–100 м.

## **2.2 Системы и схемы сбора и отведения дождевых и талых сточных вод с жилой территории**

Отведение дождевых и талых вод в городских условиях может осуществляться:

- самостоятельно – по открытым лоткам и каналам или подземными трубопроводами (*раздельная система канализации*);

- полураздельно, когда вода, собираемая уличными дождевыми коллекторами при небольших дождях, и первые наиболее загрязненные порции дождевых вод при любых дождях, а также талые и поливомоечные воды через разделительные камеры попадают в главный общесплавной коллектор и отводятся вместе с бытовыми и производственными сточными водами на очистные сооружения, а при сильных ливнях вода из уличных дождевых коллекторов через разделительные камеры полностью или частично сбрасывается в водный объект без очистки (*полураздельная система канализации*);

- совместно с бытовыми и производственными сточными водами (*общесплавная система канализации*).

Раздельная система канализации бывает полной и неполной.

*Полная раздельная система* (рисунок 2.4) имеет две закрытые канализационные сети: одна – для отведения бытовых и производственных сточных вод, вторая – для отведения поверхностных сточных вод.

*Неполная раздельная система* (рисунок 2.5) отличается от полной тем, что дождевые и талые сточные воды отводятся открытой сетью (уличными лотками, кюветами и канавами).

Рисунок 2.4 – Полная разделяющая система канализации:

- 1 – коллектор, транспортирующий бытовые и промышленные сточные воды;
- 2 – коллектор, транспортирующий поверхностные сточные воды;
- 3 – очистные сооружения городских сточных вод;
- 4 – очистные сооружения поверхностных сточных вод;
- 5 и 6 – выпуски очищенных сточных вод в водный объект

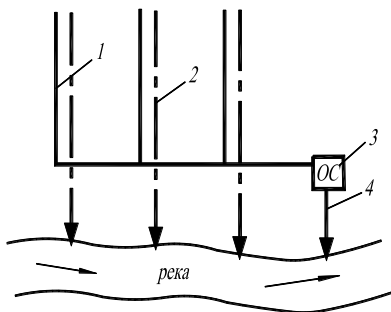
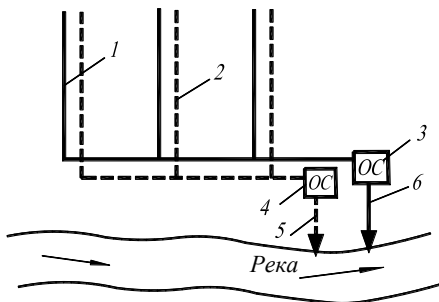


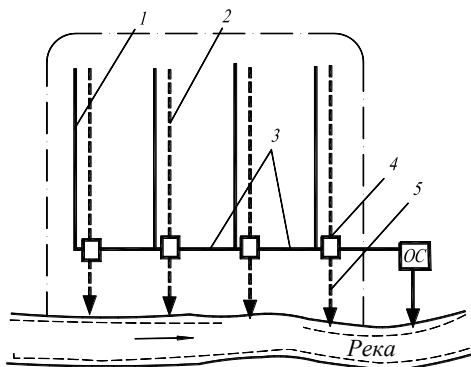
Рисунок 2.5 – Неполная разделяющая система канализации:

- 1 – коллектор, транспортирующий бытовые и промышленные сточные воды;
- 2 – открытые лотки, кюветы и канавы для отведения дождевых вод в водоем;
- 3 – очистные сооружения;
- 4 – выпуск очищенных сточных вод

Полуразделяющая система канализации (рисунок 2.6) имеет две сети канализации – *производственно-бытовую* и *дождевую*. В местах пересечения этих сетей устраиваются разделительные камеры, предназначенные для отведения в водный объект во время сильных дождей избыточной части стока. Таким образом, в производственно-бытовую сеть через разделительные камеры поступает только наиболее загрязненная часть поверхностных сточных вод (до 70 % годового стока).

Рисунок 2.6 – Полуразделяющая система канализации:

- 1 – производственно-бытовая сеть;
- 2 – дождевая сеть;
- 3 – общий (общесплавной) главный коллектор;
- 4 – разделительные камеры;
- 5 – ливнеотводы



Общесплавная система канализации (рисунок 2.7) имеет одну канализационную сеть, предназначенную для отведения сточных вод всех видов: бытовых, производственных и поверхностных. Ее особенностью является наличие на главном коллекторе ливнеспусков, через которые часть смеси сточных вод отводится в водный объект при выпадении сильных дождей.

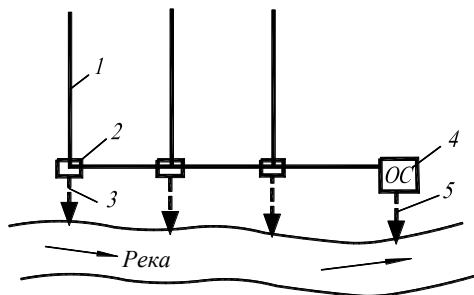


Рисунок 2.7 – Общесплавная система канализации:  
 1 – коллектор, транспортирующий бытовые, производственные и дождевые сточные воды;  
 2 – ливнеспуск; 3 – сбросной трубопровод от ливнеспуска;  
 4 – очистные сооружения;  
 5 – выпуск очищенных сточных вод

**Система дождевой канализации включает следующие основные элементы:**

- искусственные лотки, кюветы и водосточные камеры;
- трубы в местах пересечения кюветов и канав с улицами;
- лотки проезжей части городских улиц и дорог;
- дождеприемные колодцы, в которые поступает вода из лотков;
- трубопроводы от дождеприемников до водостоков и коллекторов;
- закрытую сеть уличных трубопроводов – водостоки и коллекторы;
- смотровые колодцы и специальные устройства на сети (камеры различного назначения, пересечения с подземными коммуникациями, быстротоки, оголовки, водовыпуски и т. п.);
- очистные сооружения.

При образовании и последующем развитии городов существенным образом меняются условия отведения поверхностных сточных вод с водосборных территорий. Происходит трансформация рельефа, которая может изменить естественные условия приема и отведения атмосферных осадков:

- значительная часть территории покрывается водонепроницаемыми покрытиями (крыши зданий, тротуары, улицы, дороги и автостоянки);
- засыпаются естественные котлованы и овраги;
- прокладываемые улицы и дороги трансформируют естественную гидрографическую сеть на городских территориях.

Данные условия необходимо учитывать при разработке системы дождевой канализации.

**Выбор схемы отведения и очистки поверхностных сточных вод** осуществляется на основании технико-экономического расчета сравнения вариантов с учетом:

- климатических условий территории объекта проектирования;

- рельефа местности;
- характеристики отдельных поверхностей формирования и отведения дождевых, талых и поливомоечных вод;
- требований к степени очистки сточных вод и возможных условий отведения очищенных сточных вод в водный объект или на повторное использование.

В городах Европы, как правило, в их старой части, сохранилась общесплавная система, а в новых районах принята раздельная система канализации.

В настоящее время считается наиболее целесообразным строительство раздельной системы канализации. Это объясняется степенью влияния сбрасываемых сточных вод на экологическое состояние водных объектов.

В большинстве крупных городов канализация построена по принципу полной раздельной системы. С точки зрения охраны водных объектов от загрязнения раздельные системы канализации 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).

Для климатических районов с интенсивностью дождей более 90 л/с на 1 га при проектировании систем канализации с очистными сооружениями, рассчитанными на прием сточных вод от дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности 0,05–0,1 года, приведенные затраты на раздельную и полураздельную системы канализации практически равноценны.

В Республике Беларусь отведение поверхностных сточных вод с территорий жилой застройки населенных пунктов рекомендуется предусматривать с применением полной раздельной системы канализации [13].

Поверхностные сточные воды с площадок промышленных предприятий должны отводиться самостоятельной сетью канализации [12]. Однако допустимо совместное отведение поверхностных сточных вод с производственными сточными водами, содержащими аналогичные по виду и концентрации примеси загрязнения. Распространенным вариантом является отведение в дождевую канализацию продувочных вод оборотных систем водяного охлаждения, но в этом случае может повышаться солесодержание поверхностных сточных вод, что отрицательно влияет на их использование в системах технического водоснабжения.

На крупных предприятиях, включающих производства с разнообразными технологиями, показатели качества поверхностных сточных вод с территорий отдельных производств могут значительно отличаться. В таких случаях дождевые и талые сточные воды с отдельных водосборных площадок

целесообразно направлять в производственную канализацию или перед сбросом в дождевую канализацию подвергать предварительной очистке.

В связи со значительной зависимостью загрязненности поверхностных сточных вод от санитарного состояния водосборных площадей и воздушного бассейна при проектировании систем дождевой канализации селитебных территорий и площадок предприятий рекомендуется предусматривать организационно-технические мероприятия по сокращению количества выносимых примесей [12].

При разработке схемы отведения и очистки поверхностных сточных вод с промышленных площадок необходимо учитывать источники, характер и степень загрязнения территории и атмосферы, размеры, конфигурацию и рельеф водосборного бассейна, наличие свободных площадей для строительства очистных сооружений.

*Выбор схемы отведения и очистки поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий* осуществляется на основании оценки технической возможности и экономической целесообразности следующих мероприятий:

- использования неочищенных поверхностных сточных вод в системах технического водоснабжения;
- локализации тех участков производственных территорий, на которых возможно попадание на поверхность специфических загрязнений, с отведением сточных вод в производственную канализацию или после их предварительной очистки – в дождевую сеть;
- раздельного отведения поверхностных сточных вод с водосборных площадей, отличающихся по характеру и степени загрязнения территории;
- самостоятельной очистки поверхностных сточных вод;
- подачи поверхностных сточных вод на общезаводские очистные сооружения для совместной с производственными сточными водами очистки.

Наиболее перспективным считается вариант использования очищенных поверхностных сточных вод в системах производственного водоснабжения. В этом случае целесообразно после аккумуляции и отстаивания направлять их для дальнейшей очистки и корректировки ионного состава на сооружения водоподготовки.

### **2.3 Гидротехнические сооружения и устройства систем сбора и отведения поверхностных сточных вод**

Для сбора, транспортировки и использования поверхностных сточных вод в населенных пунктах применяются открытые (наземные), закрытые (подземные) и комбинированные системы дождевой канализации, включающие различные гидротехнические сооружения и устройства (рисунк 2.8).



Рисунок 2.8 – Гидротехнические сооружения и устройства систем сбора и отведения поверхностных сточных вод

### 2.3.1 Гидротехнические сооружения открытых систем дождевой канализации

При **открытой системе отведения** поверхностные сточные воды с территорий микрорайонов, жилых кварталов и зеленых насаждений собираются в *открытые лотки* и направляются в *кюветы*, которые расположены по обочинам проездов, улиц и дорог. Кюветы также служат для сбора воды с проезжих частей и тротуаров улиц. Их делают большего сечения, чем лотки.

*Водоотводные каналы* собирают общую массу сточных вод через присоединяемые кюветы и отводят их для сброса в ближайший водный объект. В случае возможных скоплений большого количества воды сооружаются *каналы*. Обычно это бывает при больших объемах дождевых и талых вод, которые собираются с близлежащих к населенному пункту территорий. Канавы и каналы отводят основную часть поверхностных сточных вод, минуя городские территории.

Открытая система наиболее простая и экономичная, применяется в населенных пунктах с малоэтажной индивидуальной застройкой или в сельской местности, а также в парках.



**Лотки** устраиваются из сборных железобетонных (бетонных) элементов, из монолитного бетона, из хризотилцементных труб, разрезанных пополам, и укрываются решетками. Конструкция лотка приведена на рисунке 2.9. Наиболее распространенные виды открытых лотков изображены на рисунке 2.10.

Вода, стекающая с поверхности дороги к ее краям, может разливаться на прилегающей местности, отводиться в боковую канаву или собираться в кюветы, проложенные у обочины дороги.

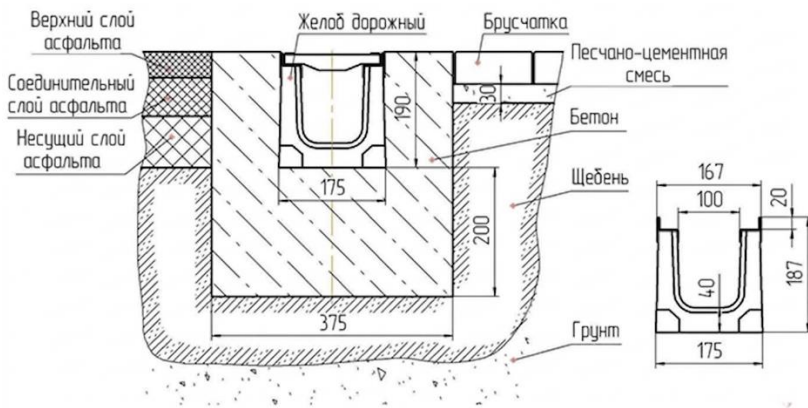


Рисунок 2.9 – Конструкция лотка

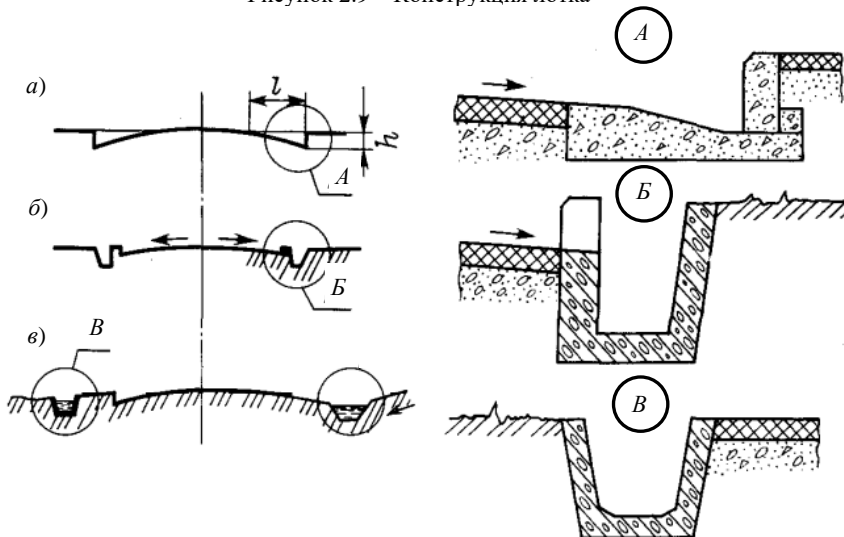


Рисунок 2.10 – Открытые лотки:

*а* – борт-лоток бетонный треугольный; *б* – борт-лоток армированный прямоугольный; *в* – борт-лоток армированный трапецидальный

**Кюветы** размещаются по сторонам проезжей части дороги непосредственно за обочинами или за бортовыми камнями при ограждении ими проезжей части дороги (рисунок 2.11). В этом случае в бортовых камнях делаются разрывы для сброса воды из лотков в кюветы. Кюветы обычно устраиваются трапециевидального сечения; стенки укрепляются по дну или по всему периметру мощным камнем, бетонными плитами, монолитным бетоном или сборными железобетонными плитами. Вода будет течь по ним в продольном направлении, пока не попадет через впускное отверстие в дождевую канализацию. Таким образом, на сток в кювете влияют и продольный, и поперечный уклоны дороги.

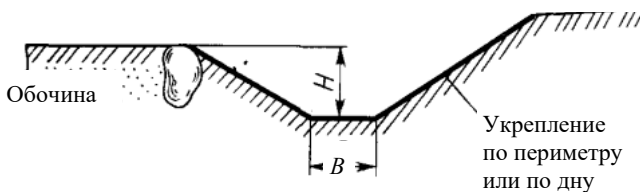


Рисунок 2.11 – Кювет мощеный или одернованный

**Водоотводные каналы** устраиваются аналогично кюветам для перехвата дождевых вод с вышерасположенных территорий. В местах пересечения кюветов и каналов с уличными проездами, въездами в кварталы или во дворы предусматриваются водопропускные трубы диаметром не менее 500 мм или мостики.

Минимальные размеры кюветов и каналов трапециевидального сечения рекомендуется принимать шириной по дну – 0,3 м, глубиной – 0,4 м. Максимальная глубина протока воды в них должна быть не более 1,0 м. Бровка каналы должна возвышаться над расчетным уровнем воды не менее чем на 0,2 м.

**Придорожные каналы** представляют собой открытые коллекторы с твердым покрытием, которые как правило, примыкают к автомобильным дорогам и (или) пешеходным зонам. Функции придорожных каналов, примыкающих к автомобильным дорогам, обеспечиваются *устройством кюветов* для предохранения земляного полотна дорог от переувлажнения и размывов в соответствии со строительными нормами.

*При проектировании придорожных каналов* принимается:

- наименьший уклон – 3 ‰ (1:333);
- наименьшая ширина (дна) – 0,3 м;
- глубина – 0,4–1,0 м.



Для ландшафтного декорирования по дну придорожных каналов высаживается растительность, устойчивая к колебаниям уровня и течению воды.

*Техническое обслуживание* придорожных каналов предусматривает удаление наносов и твердых бытовых отходов.



**Растительные каналы** представляют собой дренажные сооружения и устройства открытого типа, покрытые травяной растительностью и обеспечивающие одновременно транспортировку и фильтрацию поверхностных сточных вод.

Растительные каналы организуются вдоль дорог, зданий, на территории рекреационных зон.

*При проектировании растительных каналов* принимается:

- уклон откосов – не менее 1:4;
- минимальная ширина дна – 60 см;
- глубина – с учетом объема поступающих поверхностных сточных вод, продольного уклона, ширины дна и откосов.

Засев травяной растительностью производится в весенний или осенний период (с 15 апреля по 15 июня или с 1 сентября по 15 октября) с применением цветущих многолетних растений (трав и почвопокровных растений), имеющих мягкие сосудистые структуры с соблюдением расстояний между растениями (рисунок 2.12). Типовой профиль растительного канала представлен на рисунке 2.13.

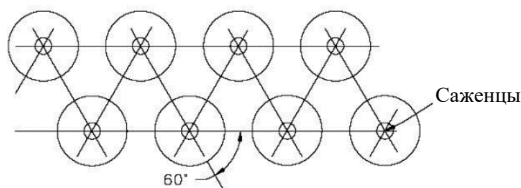
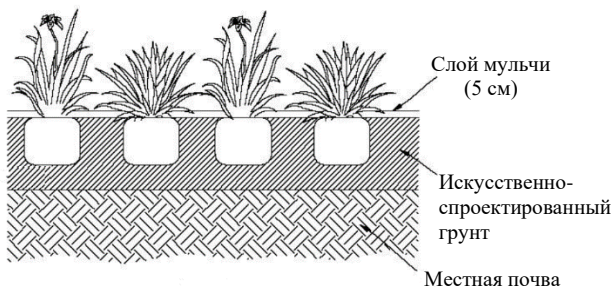


Рисунок 2.12 – Типовая схема рассадки растений



Рисунок 2.13 – Типовой профиль растительного канала

При устройстве растительных каналов протяженностью более 500 м, на них организуются перемычки в виде каменных или земляных дамб (плотин) для предотвращения размывов и усиления фильтрации.

Для *каменных дамб (плотин)* используется:

- щебень размером фракций 25–75 мм – при расчетной площади стока менее 0,8 га;
- каменная насыпь размером 200–400 мм – при расчетной площади стока менее 4 га.

Для *земляных дамб (плотин)* используется грунт, в котором содержится около 60 % каменной насыпи размером от 200 мм и около 40 % почвенной смеси для обеспечения сцепления материалов и исключения осыпания дамбы (плотины).

*Техническое обслуживание* растительных каналов предусматривает:

- уход за растительностью в течение первых трех лет после ее засева для формирования ландшафта;
- в период укоренения растений удаление сорной растительности;
- регулярное обкашивание травяной растительности;
- работы по устранению водной эрозии и твердых бытовых отходов;
- подсыпку верхнего фильтрующего слоя регуляторов уровня (при необходимости).

*Скорости* течения дождевых вод в кюветах и каналах:

- при глубинах 0,4–1 м не должны превышать величин, приведенных в таблице 2.3;

Таблица 2.3 – Максимальные скорости течения дождевых вод в кюветах и каналах

Характеристика откосов	Максимальная скорость, м/с
При креплении стенок канала бетонными плитами	1,0
При одерновке откосов плашмя	4,0
При одерновке откосов в стенку	1,0
При одинарном мощении откосов	1,6
При двойном мощении откосов	3,0–3,5
Для скальных грунтов	4,0

– при глубинах потока менее 0,4 м – значения наибольших скоростей принимаются с коэффициентом 0,85;

– при глубинах выше 1 м – с коэффициентом 1,25.

Минимальные *продольные уклоны* лотков проезжей части, кюветов и канав приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Минимальные продольные уклоны лотков проезжей части, кюветов и канав

Сооружение	Продольный уклон
Лотки проезжей части:	
– при асфальтобетонном покрытии	0,003
– брусчатом или щебеночном покрытии	0,004
– булыжной мостовой	0,005
Отдельные лотки и кюветы	0,005
Водоотводные канавы	0,003

**Бассейны удержания** представляют собой искусственно созданные понижения рельефа местности, покрытые травяной растительностью, которые *используются* для аккумуляции и предварительной очистки (при необходимости) поверхностных сточных вод перед их отведением в систему канализации.

Бассейны удержания обеспечивают снижение пикового (максимального) стока поверхностных сточных вод и предотвращение возможных подтоплений территории. Предусматриваются на озелененных территориях населенных пунктов, имеющих пониженный рельеф местности.

Типы *бассейнов удержания*:

- «мокрый пруд»;
- «сухой пруд»;
- «инфильтрационный пруд».

*Бассейны удержания типа «мокрый пруд»* имеют постоянную глубину не менее 1,2–1,8 м и водонепроницаемое дно.



При *проектировании* бассейнов удержания типа «мокрый пруд» предусматривается устройство:

– откосов с уклоном от 1:5 до 1:10 (уклон рассчитывается как отношение высоты откоса к длине заложения откоса) (рисунок 2.14) – для рассеивания

водных потоков и исключения смылов растительности у береговой линии создаются;

- отверстия выпуска поверхностных сточных вод для их отведения, которое располагается на 15–30 см ниже нормального уровня воды (НУВ) – для предотвращения засорения;

- противозерозионного покрытия (укрепляется растительностью с помощью посадки в георешетку специально подобранных видов трав).

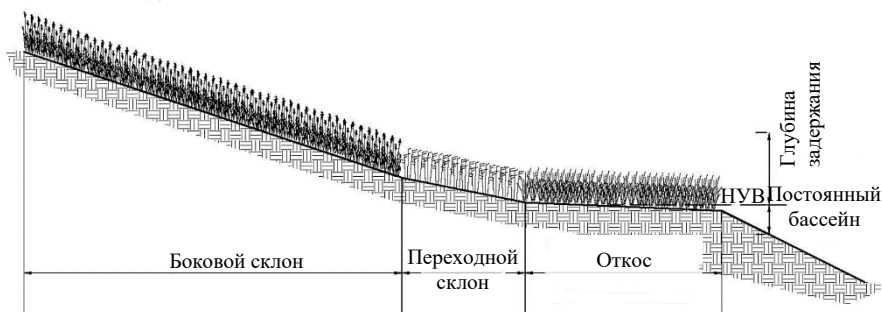


Рисунок 2.14 – Типовой профиль склона бассейна удержания типа «мокрый пруд»

Засев растительностью осуществляется с соблюдением требований, применяемых к растительным каналам.

*Техническое обслуживание* бассейнов удержания типа «мокрый пруд» предусматривает:

- уход за растительностью в течение первых трех лет после ее засева;
- удаление сорной растительности в период укоренения растений;
- проверку отверстия выпуска поверхностных сточных вод на предмет его засорения после каждого дождя с интенсивностью выпадения атмосферных осадков более 10 мм в течение первого года эксплуатации.

*Бассейны удержания типа «сухой пруд»* предназначены для временного аккумуляирования поверхностных сточных вод (не более 48 часов). В них не должно быть постоянного наполнения воды между периодами выпадения атмосферных осадков, как правило, они организуются на фильтрующих почвах или с фильтрующим дном.

При *проектировании* бассейнов удержания типа «сухой пруд» предусматривается устройство:

- откосов с уклоном не более 1:4 для сохранения устойчивости береговой линии и исключения смылов растительности;
- откоса вблизи дна бассейна с уклоном 1:5 или 1:10 для обеспечения плавного перехода (рисунок 2.15);

– засев надводной растительностью, устойчивой к колебаниям уровня воды, между береговой линией и высоким уровнем воды.

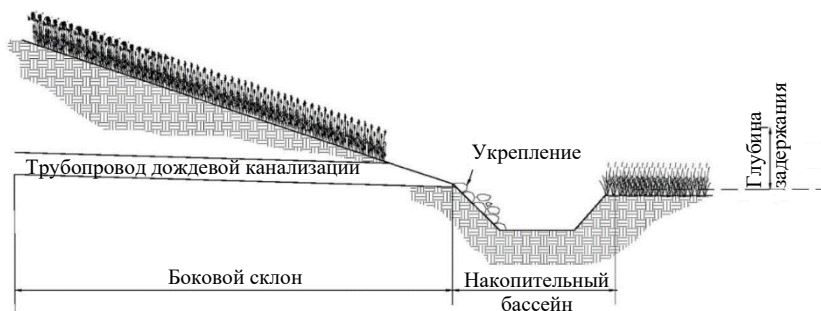


Рисунок 2.15 – Типовой профиль склона бассейна удержания типа «сухой пруд»

*Техническое обслуживание бассейнов удержания типа «сухой пруд»* предусматривает:

- наблюдение за состоянием растительности и ее регулярное обкашивание;
- работы по устранению водной эрозии, удалению осадков и твердых бытовых отходов.

*Бассейны удержания типа «инфильтрационный пруд»* предусматриваются на фильтрующих почвах или с фильтрующим дном. Конструктивно они организуются аналогично бассейнам удержания типа «мокрый пруд» с использованием на дне фильтрующего слоя и организации (при необходимости) переливной или дренажной системы для отведения избыточных объемов поверхностных сточных вод.

Техническое обслуживание осуществляется аналогично бассейнам удержания типа «мокрый пруд». При необходимости проводится замена фильтрующего слоя.

**Фильтрующие полосы** представляют собой линейно вытянутые гидротехнические сооружения для фильтрации поверхностных сточных вод (рисунок 2.16), бывают естественного и искусственного происхождения.

Функции *фильтрующих полос естественного происхождения* могут выполнять существующие ненарушенные ландшафты (без оврагов, карьеров, балок и иных выемок в грунте).

*Фильтрующие полосы искусственного происхождения*, как правило, организуются вдоль улиц, зданий, дворовых территорий, автомобильных парковок и автомобильных стоянок.

*Ширина* фильтрующих полос зависит от местных условий, а также скорости дождевого потока и принимается из расчета 1 м на 0,2 л/с дождевого потока, но не менее 6 м.

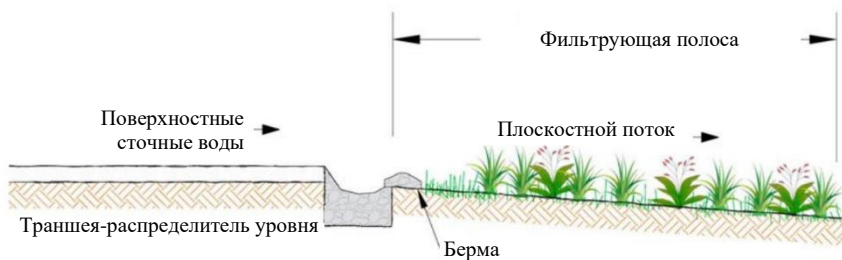


Рисунок 2.16 – Схема устройства фильтрующей полосы

Уклон фильтрующей полосы не должен превышать 2–5 % (1:50–1:20).

Для предотвращения водной эрозии предусматривается плотный засев травяной растительностью или посадки в герметичную специально подобранных видов трав.

Перед фильтрующими полосами искусственного происхождения, как правило, устраиваются распределители уровня (в виде траншей и бровок) для снижения скорости потоков дождевых сточных вод и равномерного их распределения по всей ширине фильтрующих полос.

Типовые профили траншеи и бровки для распределения уровня представлены на рисунках 2.17 и 2.18.

Техническое обслуживание фильтрующих полос производится аналогично растительным каналам.

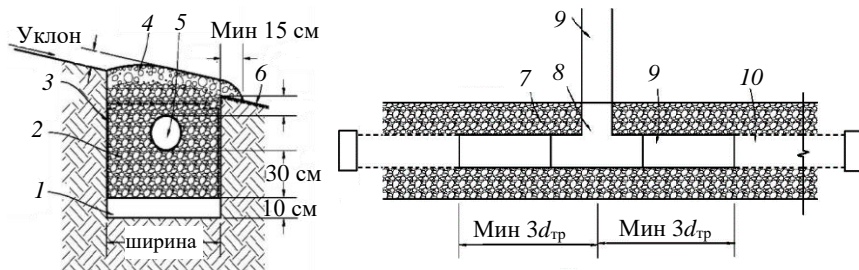


Рисунок 2.17 – Типовой профиль траншеи-распределителя уровня:

- 1 – крупнозернистый песок; 2 – щебень; 3 – геотекстиль; 4 – верхний слой из булыжника;
- 5 – перфорированная труба; 6 – противозерозионное покрытие; 7 – траншея для распределения уровня; 8 – Т-образное соединение; 9 – трубопровод дождевой канализации;
- 10 – перфорированная труба

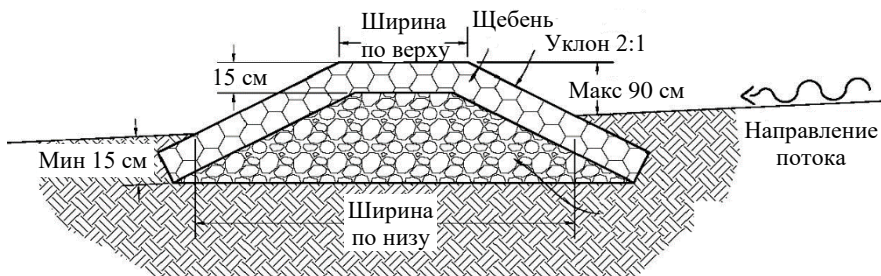


Рисунок 2.18 – Типовой профиль бермы перед фильтрующей полосой



«Зеленые» крыши представляют собой организованные зеленые зоны на верхних ограждающих конструкциях (кровле) капитальных строений (зданий, сооружений), засеянные растительностью для поглощения дождевых и талых вод (рисунок 2.19).

Традиционная кровля под озеленение выполняется следующим образом:

1) цементно-песчаная *стяжка* укладывается поверх несущей конструкции с уклоном  $1,5-5^\circ$  в сторону водостока (уклон необходим для любой плоской кровли), поверхность обрабатывается праймером-смесью оксидированного битума и растворителя;

2) поверх стяжки укладывается *пароизоляционная пленка*, которая защищает утеплитель от влаги изнутри помещения. По вертикальным плоскостям пароизоляция загибается на высоту, превышающую уровень утеплителя, а швы запаиваются;

3) следующим слоем укладывается *теплоизоляция*, которая должна иметь высокую прочность на сжатие, выполняется из пробковых плит, вспененного полиуретана и экструдированного полистирола. При недостаточной жесткости утеплителя для распределения нагрузок поверх него предусматривается цементная стяжка;

4) далее укладывается *гидроизоляция*, к которой предъявляются повышенные требования: она должна защищать не только от атмосферных осадков, но и от влаги при поливе, быть эластичной, прочной, устойчивой к воздействию микроорганизмов и перегноя. В качестве гидроизоляции используются битумно-полимерные армированные мембраны;

5) *корнезащитный слой* препятствует прорастанию корней в гидроизоляцию, изготавливается из эластичной полимерной прокладки со специальными ячейками, задерживающими влагу или из прочной пленки с металлическим покрытием;

6) *дренажный слой* предназначен для отвода излишков воды, выполняется из перфорированных труб или дренажных матов, покрытых геотекстилем;

6) *дренажный слой* толщиной 5–10 см соединяется с водоотводящей системой, отводит излишки воды и сохраняет влагу в засушливое время;

7) *фильтрующий слой* предотвращает попадание в дренаж мелких частиц грунта и вымывание плодородного слоя, укладывается из геотекстиля, проницаемого для воды и корней растений и не поддающегося гниению;

8) *грунтовый субстрат* (вегетационный слой) – смесь на основе грунта, песка, керамзита, перлита, торфа, глины, сланца, древесной щепы и измельченной коры, иногда с применением синтетических материалов. Его состав и толщина (5–50 см) на отдельных участках крыши подбирается с учетом потребностей растений.

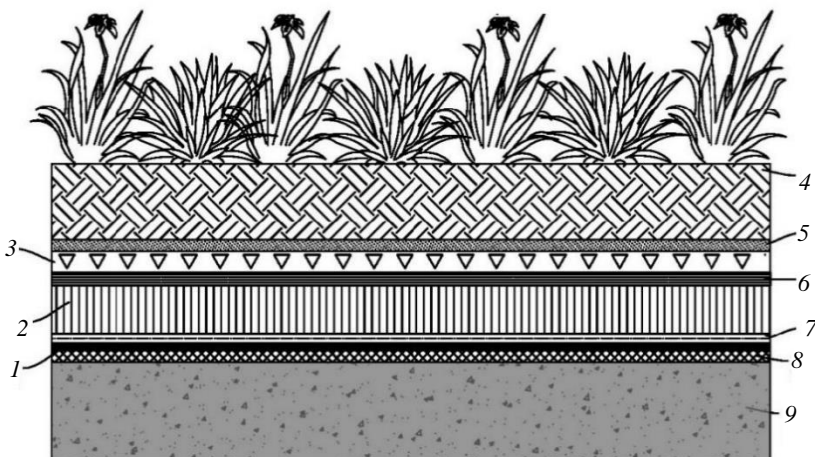


Рисунок 2.19 – Типовой профиль «зеленой» крыши:

1 – водонепроницаемая мембрана; 2 – термоизоляция; 3 – дренажный слой; 4 – почвогрунт; 5 – фильтрующий слой, проницаемый для корней; 6 – барьер для корней; 7 – войлочный разделительный слой; 8 – экран обнаружения утечек; 9 – трубопровод дождевой канализации; 10 – настил крыши

Современные зеленые кровли делятся на два основных типа, определяемых способом озеленения и видом эксплуатации: интенсивные зеленые кровли и экстенсивные.

*Экстенсивный метод озеленения* отличается применением легкого неорганического субстрата толщиной 5–15 см для посадки растений. Используются растения (обычно травы), не требующие ухода и переносящие недостаток воды. В зимний период корни растений могут вымерзнуть, поэтому желательно выбирать только зимостойкие виды растений: различные сорта седума, молодило, манжетку, камнеломки, газонные травы. Данный тип озеленения создает небольшую нагрузку на конструкцию кровли (7–15 кг/м<sup>2</sup>). Такие кровли не предполагают эксплуатации.

*Применяется* для озеленения больших по площади кровель: промышленных и складских помещений, автостоянок, ангаров.

При *интенсивном типе озеленения* используется слой настоящей почвы, богатой органическими соединениями, толщиной 20–80 см (изредка до 1 м). Такие благоприятные почвенные условия значительно расширяют используемый ассортимент растительности: почти все многолетники, луковичные, не очень крупные кустарники и деревья высотой до 4 м. Кровля требует полного ухода: подкормки, полива, обрезки, мульчирования, прополки и т. п. Вес такого «пирога» может составлять 200–900 кг/м<sup>2</sup>.

*Техническое обслуживание «зеленых» крыш* предусматривает:

- наблюдение за состоянием травяной растительности;
- регулярный полив и удаление сорной растительности;
- работы по обрезке, удалению и замене погибших растений.

**Водопроницаемые покрытия** представляют собой элемент дорожного покрытия, обеспечивающий проникновение атмосферных осадков через его шовный материал (рисунок 2.20).

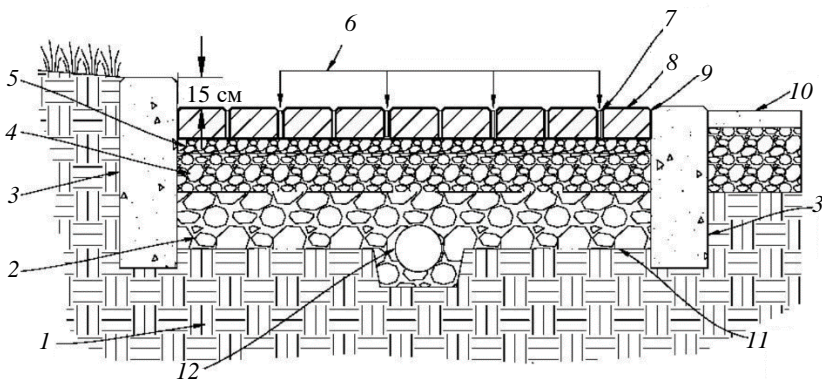


Рисунок 2.20 – Типовой профиль водопроницаемого покрытия:

- 1 – почва; 2 – подбазовый слой из щебня; 3 – бетонный сдерживающий бордюр; 4 – базовый слой из щебня; 5 – подстилающий слой из щебня; 6 – прохождение потока поверхностных сточных вод через соединительный материал между плитами покрытия; 7 – соединительный материал; 8 – водопроницаемое покрытие; 9 – обрезка покрытия; 10 – существующее покрытие; 11 – геотекстильное покрытие; 12 – перфорированная труба

Водопроницаемые покрытия используются при устройстве тротуаров, пешеходных зон, автомобильных стоянок и парковок.

При устройстве водопроницаемых покрытий соблюдаются следующие параметры:

- ширина – не менее 0,6 м;
- скорость инфильтрации – не менее 12,5 мм/ч.

*Техническое обслуживание* водонепроницаемых покрытий предусматривает:

- наблюдение за скоростью инфильтрации атмосферных осадков;
- проведение работ по замене шовного материала и удалению наносов, скопившихся между элементами покрытия.



### 2.3.2 Гидротехнические сооружения закрытых систем дождевой канализации

**Закрытая система** отведения поверхностных сточных вод состоит из трубопроводов, отводящих воду от дождеприемных колодцев к сети трубопроводов, подземных накопителей и фильтрующих колодцев.

Закрытая система наиболее совершенна и отвечает всем требованиям благоустройства городской территории, применяется на территории населенных пунктов и промышленных предприятий.

**Подземные накопители** представляют собой емкости, расположенные ниже уровня земли, для накопления (аккумулирования) поверхностных сточных вод в целях снижения их пикового (максимального) объема (расхода) и последующего отведения в систему дождевой канализации (при необходимости).

Подземные накопители монтируются из отдельных конструктивных элементов или выполняются путем заводского изготовления.

Технические параметры подземных накопителей (ширина и длина) определяются производителем.



Для предотвращения переливов поверхностных сточных вод в составе конструкции предусматриваются устройства переливной или дренажной системы.

*Техническое обслуживание* подземных накопителей предусматривает наблюдение за количеством образующихся в них донного осадка и своевременного его удаления. Для наблюдения за накоплением донных осадков предусматриваются смотровые отверстия (колодцы), к которым обеспечивается свободный доступ для обслуживания.



**Фильтрующие колодцы** являются элементом биологической очистки в грунте и представляют собой емкости в грунте (из кирпича, полимерных материалов, сборного или монолитного железобетона) диаметром 1,5–2,0 м, глубиной до 2 м. Стенки колодца – перфорированные. Отверстия диаметром 10–15 мм располагаются в нижней части стенки колодца на расстоянии друг от друга 100–120 мм по высоте и ширине. Днище засыпается слоем гравия, выше которого насыпается слой песка высотой 200 мм. Суммарная высота





загрузки колодца фильтрующим материалом должна составлять не более 1,0 м.

Снаружи дна и стенки обсыпается слоем щебня или гравия с крупностью зерен 40–60 мм.

Вентиляция колодца осуществляется через трубу диаметром 100 мм с флюгаркой. Верх вентиляционной трубы должен располагаться над поверхностью земли на высоте не менее 0,7 м.

Устройство фильтрующих колодцев осуществляется ниже уровня земли, их верхняя часть изолируется крышкой или фильтрующим материалом.

Фильтрующие колодцы подразделяются на следующие виды:

- без предварительной очистки (рисунок 2.21);
- с предварительной очисткой (рисунок 2.22);
- совмещающие в себе элементы фильтрации и очистки (рисунок 2.23).

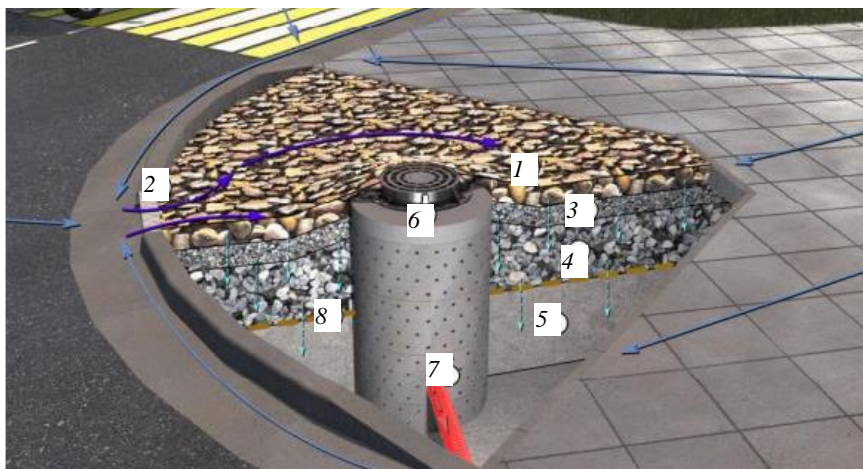


Рисунок 2.21 – Схема устройства фильтрующего колодца без предварительной очистки:

1 – мощение (верхняя засыпка); 2 – отверстие для стока воды с проезжей части; 3 – основание мощения; 4 – щебень; 5 – песок; 6 – дренажный колодец; 7 – дренажная труба

Устройство фильтрующих колодцев, совмещающих в себе элементы фильтрации и очистки, предусматривается, как правило, при отведении дождевых и талых вод с крыш зданий через водосточные трубы.

*Техническое обслуживание* фильтрующих колодцев предусматривает удаление наносов и твердых бытовых отходов, а также замену фильтрующего материала (для фильтрующих колодцев, совмещающих в себе элементы очистки поверхностных сточных вод).

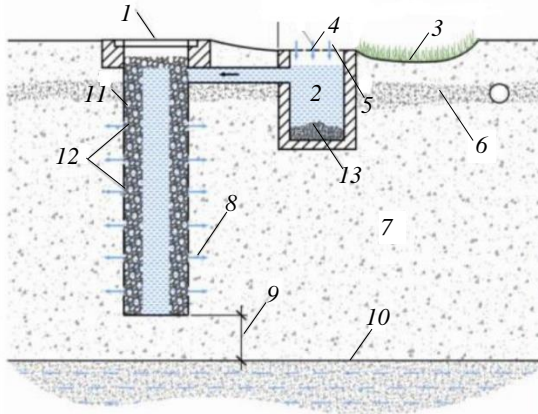


Рисунок 2.22 – Схема устройства фильтрующих колодцев с предварительной очисткой:

1 – крышка колодца; 2 – отстойник; 3 – травяная растительность; 4 – приемник поверхностных сточных вод; 5 – решетка; 6 – водоупорный слой грунта; 7 – водоносный слой; 8 – инфильтрация воды; 9 – расстояние от дна колодца для грунтовых вод; 10 – уровень грунтовых вод; 11 – гравий; 12 – отверстия в стенках колодца; 13 – поверхностные сточные воды

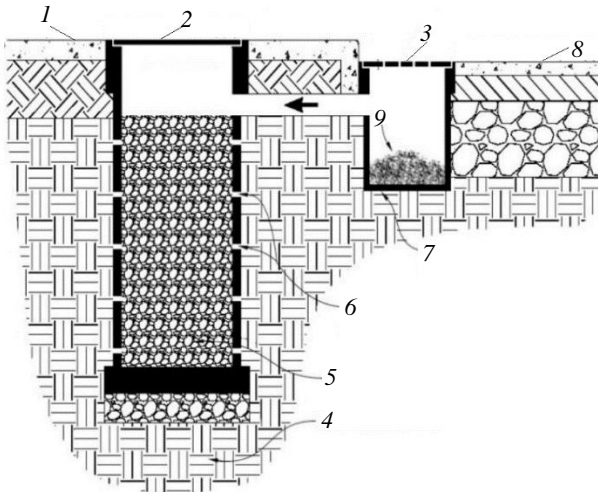


Рисунок 2.23 – Схема устройства фильтрующих колодцев, совмещающих в себе элементы фильтрации и очистки:

1 – существующий тротуар; 2 – крышка колодца; 3 – решетка водоприемника; 4 – почва; 5 – гравий; 6 – отверстия в стенках колодца для инфильтрации воды в грунт; 7 – отстойник; 8 – существующая дорога; 9 – осадок

### 2.3.3 Гидротехнические сооружения комбинированных систем дождевой канализации

**Комбинированные системы** совмещают элементы открытых (наземных) и закрытых (подземных) систем дождевой канализации, в состав которых входят гидротехнические сооружения и устройства:

- фильтрующие траншеи;
- дождевые сады;
- плантаторы;
- коробчатые фильтры с посадкой деревьев.



**Фильтрующие траншеи** являются элементом биологической очистки и представляют собой углубления в грунте, заполненные крупнозернистым песком, в которые уложены распределительные и дренажные трубопроводы, обсыпанные мелким гравием или щебнем слоем до 20 см. Сверху слой крупнозернистого песка перекрывается слоем торфа или перегнойной толщиной и местным грунтом, в который могут быть дополнительно высажены влаголюбивые растения (рисунок 2.24).

Фильтрующие траншеи устраиваются вдоль дорог. При площади стока до 2 га они предусматриваются глубиной до 0,5 м, шириной – не менее 1,5 м, имеют трапецевидный профиль, продольный уклон – 0,5–2,5 %.

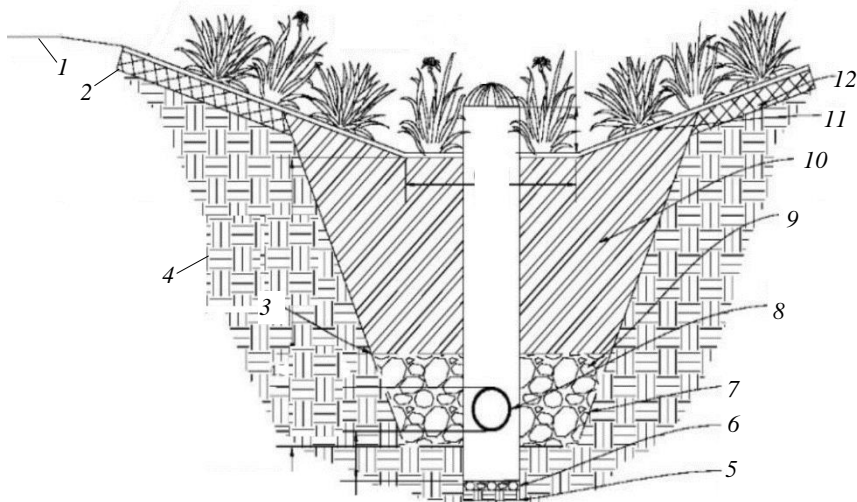


Рисунок 2.24 – Типовой профиль фильтрующей траншеи:

- 1 – существующая дорога; 2 – обочина; 3 – разделение искусственно спроектированного грунта от заполнителя слоем щебня или геотекстиля; 4 – существующий грунт; 5 – уплотненный грунт; 6 – слой контактного заполнителя; 7 – геотекстиль; 8 – перфорированная труба; 9 – дренажный заполнитель; 10 – искусственно спроектированный грунт; 12 – мульча

Нижний слой фильтрующей транши (толщиной 10 см) укладывается компактным заполнителем, далее по центру вертикально предусматривается дренажная труба для отведения избытка поверхностных сточных вод. Выше дренажного заполнителя располагается искусственноспроектированный грунт высотой от 45 см. Верхний слой высотой 5 см выполняется из мульчи твердой древесины.

На поверхности фильтрующих траншей при необходимости создается газон или высаживаются влаголюбивые крупные травяные растения, расстояние между которыми составляет 30 см от центра растения для небольших саженцев и 90 см – для крупных.

Искусственно спроектированный грунт состоит из 70–90 % крупнозернистого песка и 10–25 % компоста (по объему).

*Техническое обслуживание* фильтрующих траншей предусматривает:

– уход за растительностью (удаление сорной растительности, регулярная обрезка или обкашивание травяной растительности);

– замену мульчи (при необходимости);

– удаление твердых бытовых отходов.

*При проектировании фильтрующих траншей* принимается:

– ширина – не менее 0,5 м;

– длина – не более 30 м;

– расстояние по высоте между дренажной и оросительной сетью – 0,8–1,0 м;

– глубина заложения оросительной сети – не менее 0,5 м от поверхности земли;

– диаметр труб оросительной и дренажной сетей – 110–125 мм;

– уклон прокладки труб – 0,005;

– расстояние между осями отдельных параллельно расположенных траншей – не более 3 м.

**Дождевые сады** используются для сбора поверхностных сточных вод с непроницаемых поверхностей (крыш, площадок, дорожек, автомобильных парковок) и обеспечивают временное удержание и фильтрование дождевых и талых сточных вод.

Дождевые сады представляют собой понижение в рельефе на хорошо фильтруемых почвах или с устройством дренажа (в случае глинистых и суглинистых почв).

В отличие от фильтрующих траншей дождевые сады организуются на более компактных территориях с площадью стока до 0,8 га и с применением более широкого видового разнообразия растений.

Дождевые сады представлены прямоугольным профилем и имеют следующие технические параметры:

– глубина – от 1,2 м;

– ширина – не менее 1,5 м;

– длина – в 2 раза больше ширины.



При устройстве дождевых садов необходимо соблюдать следующие условия их расположения:

- не ближе 3 м до построек (с целью предотвращения просачивания воды под фундамент);
- за пределами линии проекции кроны деревьев (во избежание обрезания корней при постройке);
- исключение непосредственной близости с септиком, инженерными сетями и иными объектами;
- за пределами постоянно затопляемых территорий, а также на поверхности с уклоном более 15 %.

Рекомендуемым элементом конструкции дождевых садов является обвалование их территории путем создания ограничительного вала или дамбы высотой 15–25 см, которые не позволяют распространяться дождевым и талым водам за пределы дождевых садов.

*Техническое обслуживание* дождевых садов предусматривает:

- уход за растительностью (удаление сорной растительности, регулярная обрезка или обкашивание травяной растительности);
- замену мульчи (при необходимости);
- удаление твердых бытовых отходов.

**Плантаторы** представляют собой линейные резервуары, расположенные вдоль улиц в тротуарной зоне, отделенные вертикальным бордюром. Плантаторы предназначены для сбора и удерживания поверхностных сточных вод с последующим их использованием на полив растений.

Плантаторы предусматриваются при площади стока до 0,8 га, имеют глубину от 1,25 м и составной профиль: нижняя часть – прямоугольная, верхняя часть – трапециевидная с расширением у основания (рисунок 2.25).

*Нижний слой* плантатора (45 см) представлен заполнителем, с возможным размещением в нем дренажа для отведения избыточной воды в систему дождевой канализации. В составе дренажной системы предусматривается перфорированная труба на расстоянии не менее 8 см от нижней части конструкции плантатора.



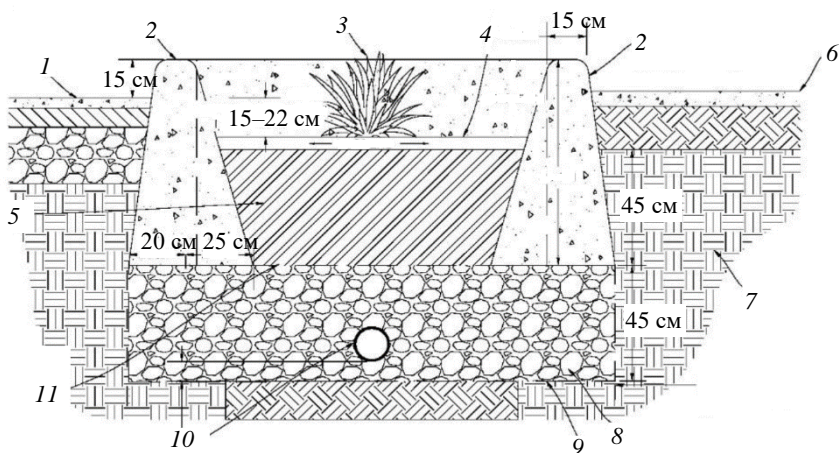


Рисунок 2.25 – Типовой профиль плантатора:

1 – существующая дорога; 2 – бордюр плантатора; 3 – местные растения; 4 – слой мульчи; 5 – искусственно спроектированный грунт; 6 – тротуар; 7 – почва; 8 – дренажный наполнитель; 9 – геотекстиль; 10 – перфорированная труба; 11 – разделение искусственно спроектированного грунта от заполнения

Дренажный наполнитель оборачивается геотекстилем. Выше дренажного наполнителя располагается слой щебня или геотекстиля высотой 5–10 см.

*Верхний слой* плантатора представлен искусственно спроектированным грунтом (15–25 см), ограниченный бордюром на 15 см выше поверхности земли (относительно прилегающей дороги, тротуара). Бордюр имеет трапециевидную форму в соотношении 1:3 (например, верхняя часть шириной 15 см, нижняя – 45 см). На искусственно спроектированном грунте располагается 5 см мульчи из твердой древесины.

В верхнем слое плантаторов высаживаются влаголюбивые растения. Дизайн растительного слоя может предусматривать чередование посадок травяных растений и деревьев. Расстояние между травяными растениями составляет 30 см от центра растения для небольших саженцев и 90 см – для крупных. При посадке деревьев расстояние между ними составляет 7,5–9 м.

Для отведения поверхностных сточных воды с дорог в плантаторы предусматриваются врезки в бордюрах (рисунок 2.26), через которые под небольшим наклоном дождевые и талые сточные воды поступают на каменную подложку для снижения их скорости.

*Техническое обслуживание* плантаторов предусматривает:

- уход за растительностью (удаление сорной растительности);
- регулярную обрезку крупной травяной растительности и деревьев);
- замену мульчи (при необходимости);
- удаление твердых бытовых отходов.

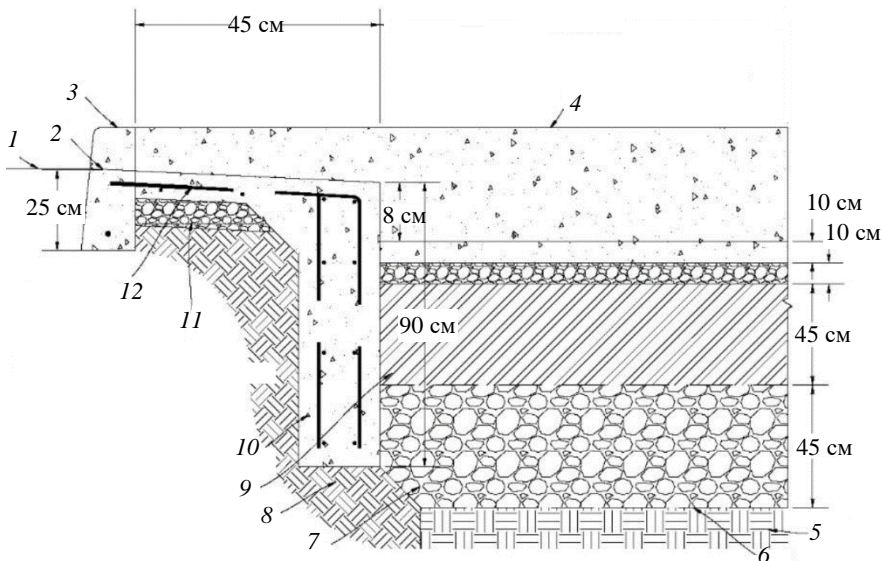


Рисунок 2.26 – Типовой профиль плантатора при обрезке бордюра:  
 1 – прилегающий тротуар; 2 – вдавленный бордюр вровень с тротуаром; 3 – стандартный бордюр за пределами; 4 – бордюр плантатора; 5 – грунт; 6 – геотекстиль; 7 – дренажный наполнитель; 8 – уплотненное грунтовое основание; 9 – искусственно спроектированный грунт; 10 – бетон; 11 – компактный наполнитель; 12 – арматура

**Коробчатые фильтры** с посадкой деревьев представляют собой водоприемники, расположенные на обочине в бетонированной площадке и предназначенные для сбора, отведения и очистки поверхностных сточных вод с последующим отведением в систему дождевой канализации (при избыточном объеме дождевых и талых вод).

Коробчатые фильтры с посадкой деревьев предусматриваются при площади стока до 0,1 га на обочине дороги или между тротуаром и улицей и имеют следующие технические параметры:

- ширина – от 90 см;
- длина – от 120 см.

При устройстве коробчатого фильтра предусматривается посадка одного дерева, медленнорастущего, среднего размера (для предотвращения разрушения твердого покрытия дорог корневой системой), и имеющего засухоустойчивые характеристики (рисунок 2.27).



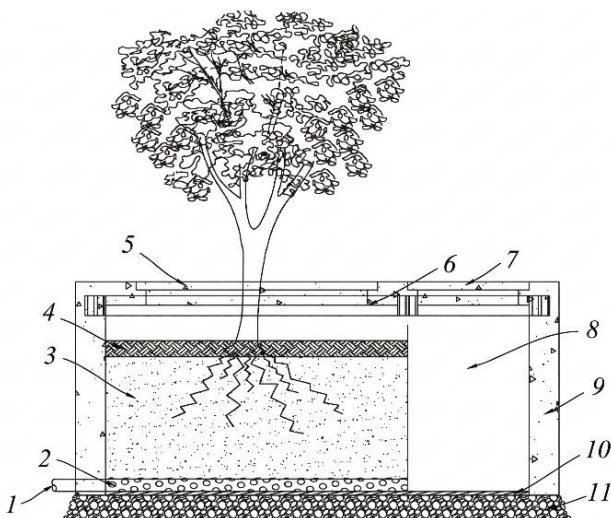


Рисунок 2.27 – Типовой профиль коробчатого фильтра с посадкой дерева:

- 1 – подключение к существующей дождевой канализации;  
 2 – перфорированная труба; 3 – искусственно спроектированный грунт;  
 4 – слой мульчи; 5 – решетка для дерева; 6 – входное отверстие с обочины;  
 7 – люк для доступа к обслуживанию; 8 – камера предочистки;  
 9 – стандартная бетонная створка; 10 – полупроницаемая мембрана;  
 11 – гравийное основание

Последовательность укладки слоев коробчатых фильтров идентична другим комбинированным системам дождевой канализации.

Основной растительный слой представлен искусственно-спроектированным грунтом высотой от 75 см, который должен быть сухим, рыхлым и однородно перемешанным.

Искусственно спроектированный грунт состоит из 70–90 % крупнозернистого песка и 10–25 % компоста (по объему).

*Техническое обслуживание* коробчатых фильтров с посадкой деревьев предусматривает:

- уход за деревьями, в том числе ежегодное мульчирование (по мере необходимости);
- регулярную обрезку деревьев;
- удаление твердых бытовых отходов.

## 2.4 Прокладка сетей дождевой канализации

### 2.4.1 Трассировка сетей дождевой канализации

При выборе схемы прокладки сетей дождевой канализации необходимо учитывать следующие основные факторы:

- существующую и особенно перспективную планировку улиц, дорог и автострад города, исключаящую дорогостоящую перекладку коллекторов при строительстве подземных переходов, развязок и других заглубленных транспортных сооружений;

- возможности поэтапного ввода в эксплуатацию сетей с учетом очередности строительства;

- максимальное сохранение природной гидрографической сети города, т. е. использование тальвегов и русел ручьев и рек для прокладки коллекторов, а существующих водоемов – в качестве регулирующих резервуаров;

- обеспечение территориального расположения проектируемых очистных сооружений и регулирующих резервуаров;

- размещение мест депонирования снега, убираемого с городских улиц, с последующей очисткой талых сточных вод перед их сбросом в реки и водоемы;

- исключение устройства (или минимизация количества) перекачивающих насосных станций;

- минимизацию количества выпусков в водные объекты для обеспечения мониторинга качества сбрасываемых поверхностных сточных вод в режиме реального времени и сокращения затрат на гидротехнические сооружения.

При проектировании сетей дождевой канализации наиболее предпочтительной является децентрализованная схема с прокладкой перехватывающих коллекторов по тальвегам и забором ручьев и малых рек в коллекторы.

Окончательный выбор схемы прокладки сетей дождевой канализации диктуется фактическим рельефом и гидрогеологическими условиями городской территории, санитарным состоянием и перспективой рекреационного использования ее рек и водоемов и производится на основе технико-экономического сравнения возможных вариантов.

Часто при проектировании сетей дождевой канализации применяется *перпендикулярная схема* для уменьшения глубины заложения и для кратчайшего пути отведения поверхностных сточных вод в водный объект.

Внутри кварталов в старой застройке города закрытая дождевая сеть обычно не предусматривалась. Дождевые воды с кварталов стекают по поверхности земли и асфальтовым покрытиям в направлении естественного поверхностного уклона до открытых лотков, расположенных в начале уличного коллектора, или до уличных проездов и далее поступают в закрытую дождевую сеть через дождеприемники.

При проектировании новых микрорайонов применяется внутриквартальная дождевая канализация.

В целях уменьшения размеров каналов подземная водосточная сеть должна иметь выпуски в ближайшие водоемы, тальвеги и овраги.

Расстояние в плане от коллекторов (при траншейной их прокладке) до зданий и сооружений следует принимать не менее:

- 4 м – до оси ближайшего железнодорожного пути;
- 1,5 м – до рельса трамвайного пути, но не менее чем на глубину траншеи от подошвы насыпи;
- 1,5 м – до бордюрного камня автомобильной дороги или 1 м от бровки кювета или подошвы насыпи;
- 3 м – до линии застройки зданий;
- 1 м – до газопроводов низкого давления;
- 1,5 м – среднего давления;
- 2 м – высокого давления.

Главные коллекторы бассейна, как правило, необходимо трассировать по городским проездам. Исключение допускается в тех случаях, когда направление городских проездов не совпадает с тальвегом.

Трасса водостока на проезде должна быть расположена по возможности прямолинейно, параллельно красным линиям, с минимальным числом пересечений с другими подземными сооружениями.

При ширине проезда до 30 м обычно прокладывается один коллектор, при большей ширине могут быть проложены два коллектора по обеим сторонам проезда.

Дождевые и общесплавные коллекторы больших диаметров (более 2000 мм) могут быть заменены двумя параллельными коллекторами.

Примеры схем трассировки дождевой сети приведены на рисунке 2.28.

Трассировка уличной сети в зависимости от рельефа местности может производиться по пониженной стороне квартала к двум сторонам квартала (см. рисунок 2.28, *а*) или к одной стороне (см. рисунок 2.28, *б*).

Перед началом трассирования вся территория населенного пункта разделяется на бассейны дождевого стока.

Дождевая сеть разбивается на участки между поперечными улицами и нумеруется. Нумерация начинается с диктующей точки, за которую принимается наиболее удаленная и низкорасположенная точка дождевой уличной сети в самом ее начале относительно рассчитываемого коллектора, ей присваивается номер 1.

Затем определяются площади стока каждого квартала, тяготеющие к конкретному участку. При этом все площади стока делятся в осях улиц биссектрисами углов на простейшие геометрические фигуры (см. рисунок 2.28, *а*).

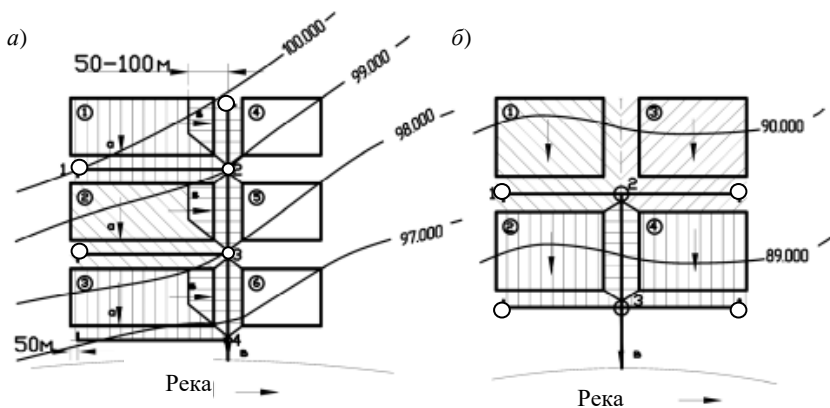


Рисунок 2.28 – Примеры схем трассировки сетей дождевой канализации:  
*а* – объемлющая; *б* – по пониженной грани

При схеме трассировки уличной сети к одной стороне квартала такая детальная разбивка не производится, а вся площадь стока квартала относится к одному участку уличной сети, проходящему по пониженной стороне квартала (см. рисунок 2.28, *б*).

### 2.4.2 Трубопроводы систем дождевой канализации

Для *самотечных* канализационных трубопроводов систем дождевой канализации применяются безнапорные пластмассовые, железобетонные, чугунные и хризотилцементные (асбестоцементные) трубы. Для *напорных* систем – напорные пластмассовые, железобетонные, стальные и хризотилцементные трубы.

К преимуществам *чугунных* труб относятся долговечность, надежность, высокая прочность, устойчивость к перепадам температур и воздействию химически активных веществ. Хрупкость чугунных конструкций не позволяет применять их в условиях, где возможно появление ударных нагрузок. К недостаткам применения чугуна также можно отнести его высокую стоимость и большой вес.

*Стальные* трубы отличаются всеми преимуществами чугунных изделий, сочетая их с гибкостью, устойчивостью к ударным воздействиям. Но высокая стоимость стали привела к фактическому вытеснению этого материала из систем дождевой канализации, где ее достоинства по большей части востребованы никогда не будут.

*Железобетонные* трубы устойчивы к коррозии и высоким нагрузкам, не разрушаются при длительном воздействии влаги.

Бетонные трубы применяются в системах дождевой канализации большой производительности, когда необходима очень высокая пропускная способность, достигаемая увеличением диаметра изделий.

Основными преимуществами *хризотилцементных* труб являются долговечность, низкая теплопроводность, позволяющая укладывать канализационные сети на небольшой глубине, что значительно сокращает затраты на монтаж системы, пониженное гидравлическое сопротивление материала, позволяющее использовать трубы меньшего диаметра.

К недостаткам применения хризотилцементных труб относятся хрупкость (трубы могут повредиться даже при небольших ударах, которые не исключены при монтаже), при длительном нахождении труб под землей значительно понижается их запас прочности.

Хризотилцементные трубы в современном строительстве сетей дождевой канализации практически не применяются.

В настоящее время для дождевой канализации производят трубы из различных полимерных материалов:

- поливинилхлоридные;
- многослойные гофрированные;
- стеклопластиковые.

*Поливинилхлоридные* трубы (ПВХ) – это жесткие однослойные изделия, подобные применяемым для внутридомовой канализации. Жесткость конструкции обусловила необходимость использования фитингов на тех участках, где трубопровод поворачивает. Для наружных канализационных сетей используются трубы диаметром 110 мм или 160 мм, окрашенные в оранжевый цвет.

ПВХ трубы оснащаются резиновыми уплотнителями, что облегчает их монтаж. К недостаткам ПВХ труб можно отнести ограниченность по длине (она доходит только до трех метров) и жесткость. Последнее свойство удорожает использование ПВХ, так как при монтаже сети сложного профиля, изобилующей поворотами, возрастает потребность в установке многочисленных фасонных изделий.

В настоящее время самыми распространенными трубами для прокладки сетей дождевой канализации являются пластиковые многослойные трубы. Они могут изготавливаться как из *полипропилена* (ПП-трубы), так и из *полиэтилена*. Но чаще всего выполняются из многокомпонентного материала. Притом внутренний слой состоит из *полиэтилена* низкого давления, а наружный – из жесткого *полипропилена*. Поверхность снаружи у таких труб гофрированная, так что при этом образуются ребра жесткости. Благодаря им труба может выдержать большие внешние нагрузки. При этом не утрачивается гибкость, предоставляющая возможность осуществлять монтаж участков со сложной конфигурацией и многочисленными поворотами без применения отводов, фитингов и прочих фасонных частей.

Соединение многослойных гофрированных труб осуществляется двумя способами (в зависимости от того, в каком виде они выпущены):

- в раструб, с применением специальных уплотнительных резиновых колец;
- сваркой или муфтами.

При необходимости применения в системе дождевой канализации труб большого диаметра используются *стеклопластиковые* трубы.

Стеклопластик легок и чрезвычайно прочен, химически инертен и долговечен. Экологически чистая конструкция вполне может прослужить более 50 лет. Точная и герметичная стыковка стеклопластиковых элементов осуществляется посредством применения двухконусных муфт. По внутренней поверхности муфты проточены канавки, позволяющие установить уплотнительные эластомерные кольца по краям и в центре.

## **2.5 Сооружения на сетях дождевой канализации**

На сетях дождевой канализации устраиваются:

1 *Дождеприемники* – служат для приема и отведения поверхностных сточных вод из лотков в подземную сеть дождевой канализации.

2 *Смотровые колодцы (камеры, шахты)* являются одним из основных конструктивных элементов сетей дождевой канализации, устраиваются в местах присоединения трубопроводов, изменения их диаметров, глубины заложения и уклонов, а также на прямолинейных участках сети через определенные расстояния.

Различают линейные, узловые, поворотные, контрольные и другие типы смотровых колодцев, через которые производится наблюдение за работой сети и осуществляются профилактические мероприятия и ремонт.

3 *Перепадные колодцы* – предназначены для сопряжения трубопроводов, лежащих на разных глубинах.

4 *Дюкеры и самотечные переходы* – устраиваются при пересечении рек, оврагов и инженерных сооружений.

5 *Ливнеспуски и разделительные камеры* – имеются на сетях общесплавной и полураздельной систем канализации для сброса части дождевого сточных вод в водный объект.

6 *Регулирующие резервуары* – применяются для сглаживания пиковых дождевых расходов.

7 *Насосные станции* – применяются для перекачки сточных вод на более высокие геодезические отметки.

8 *Выпуски* – служат для отведения сточных вод в водные объекты.

В некоторых случаях на сетях могут применяться и другие сооружения специального назначения (снеготаялки, колодцы для сброса снега и т. д.).

## 2.5.1 Дождеприемные колодцы

Дождевые воды поступают в сеть дождевой канализации через дождеприемные колодцы (дождеприемники).

*Дождеприемный колодец* состоит:

- из лотка со съемной решеткой;
- рабочей части части, набираемой из железобетонных колец;
- основания (рисунок 2.29).

Дождеприемники бывают без осадочной части и с осадочной частью (рисунок 2.30). Дождеприемники с осадочной частью целесообразно применять при плоском рельефе местности и малоблагоустроенных территориях. Для нормальной эксплуатации такого колодца необходима регулярная его прочистка.

Дождеприемники в плане при сооружении из сборных железобетонных элементов имеют диаметр 700 или 1000 мм.

Дождеприемники *предусматриваются*:

- на затяжных участках (более 100 м) спусков (подъемов);
- на перекрестках и пешеходных переходах со стороны притока поверхностных вод (рисунок 2.31);
- в пониженных местах в конце затяжных спусков (более 100 м);
- в пониженных местах при пилообразном профиле лотков улиц;
- в местах улиц, дворовых и парковых территорий, не имеющих стока поверхностных вод.

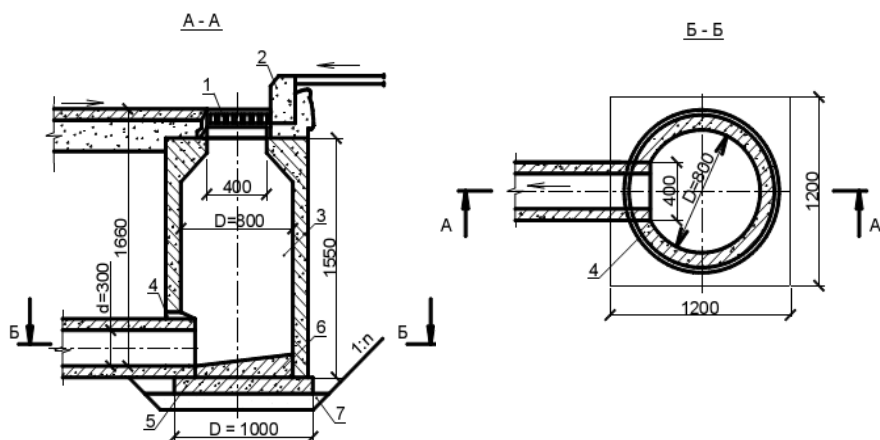


Рисунок 2.29 – Дождеприемник из сборных железобетонных элементов:

- 1 – дождеприемная решетка; 2 – бетонный борт; 3 – колодец; 4 – заделка отверстий бетоном;  
5 – основание; 6 – бетонный набивной лоток; 7 – песчаная подушка

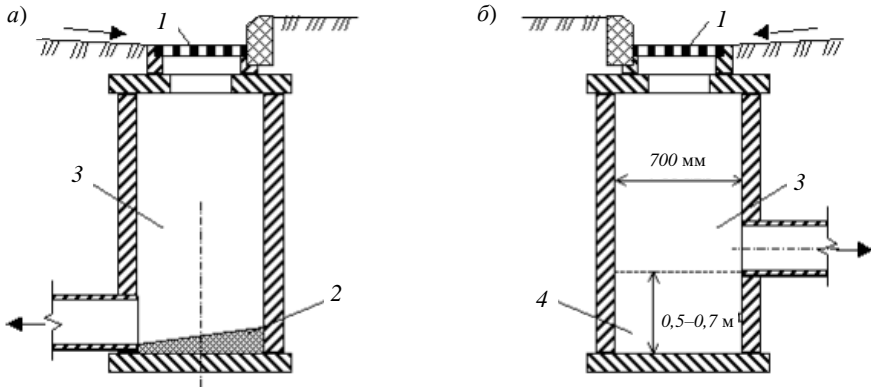


Рисунок 2.30 – Дождеприемник:

*a* – без осадочной части; *б* – с осадочной частью;

*1* – съемная решетка; *2* – днище с лотком; *3* – колодец; *4* – осадочная часть

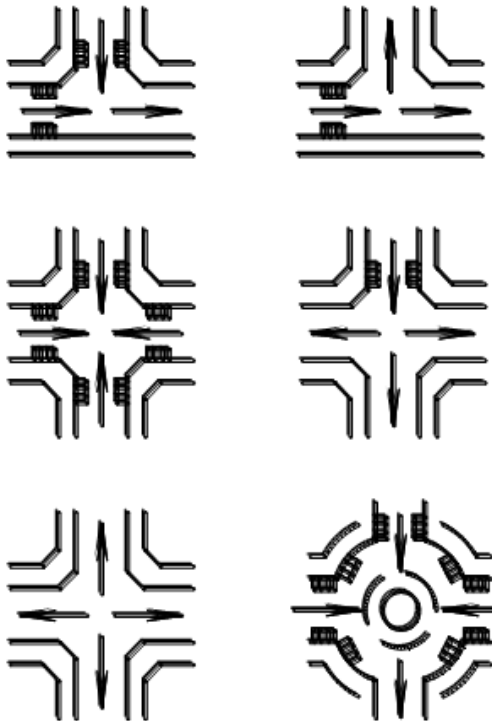


Рисунок 2.31 – Схемы размещения дождеприемников у перекрестков

Дождеприемники могут располагаться как внутри кварталов, так и на уличных проездах, причем в последнем случае дождеприемники могут находиться или по длине всего проезда, или только на перекрестках (рисунок 2.32).

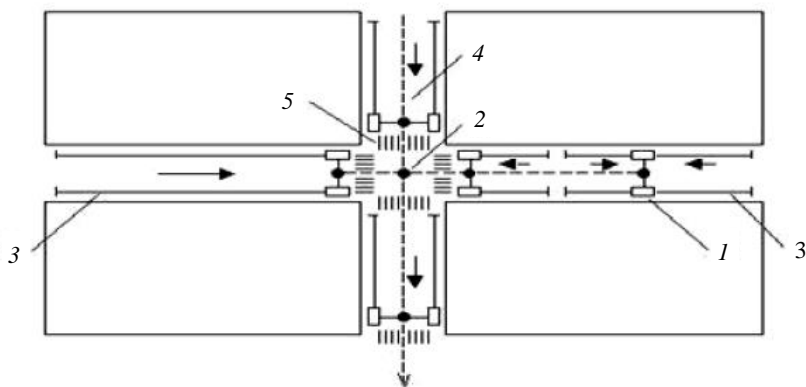


Рисунок 2.32 – Схема размещения дождеприемников:  
 1 – дождеприемники; 2 – колодцы; 3 – лотки; 4 – трубопроводы;  
 5 – пешеходный переход

Дождеприемники размещаются таким образом, чтобы при расчетной интенсивности дождя тротуары не заливались водой.

Длина присоединения от дождеприемника до первого смотрового колодца на коллекторе должна быть не более 40 м.

В пониженных местах наряду с дождеприемниками, имеющими горизонтальное перекрытое решеткой отверстие в плоскости проезжей части, также применяются дождеприемники с вертикальным в плоскости бордюрного камня отверстием и комбинированного типа с отверстием как горизонтальным, так и вертикальным (рисунок 2.33).

Виды дождеприемников по исполнению:

- с равной шириной опорной части корпуса по контуру;
- минимальной шириной продольной опорной части корпуса, прилегающего к бордюру дороги;
- минимальной шириной продольной опорной части корпуса, прилегающего к бордюру дороги, и одной правой или левой, или обеих коротких сторон;
- минимальной шириной короткой опорной части корпуса, прилегающего к бордюру дороги, или обеих коротких сторон;
- единым корпусом под две и более решетки;
- усиленной заделкой корпуса, для чего последний оснащается анкерными болтами или специальными приливами на корпусе;
- решеткой, шарнирно прикрепленной к корпусу;

- формой желоба, повторяющей форму водосточного лотка, в местах увеличенного водоотвода;
- самонивелирующим (плавающим) корпусом;
- запорным устройством, конструкция которого согласовывается с потребителем;
- корпусом дождеприемника с комбинированным вариантом исполнением чугуна с бетоном;
- установкой в бетонные, пластиковые и полимербетонные лотки;
- дополнительным боковым приемом воды.

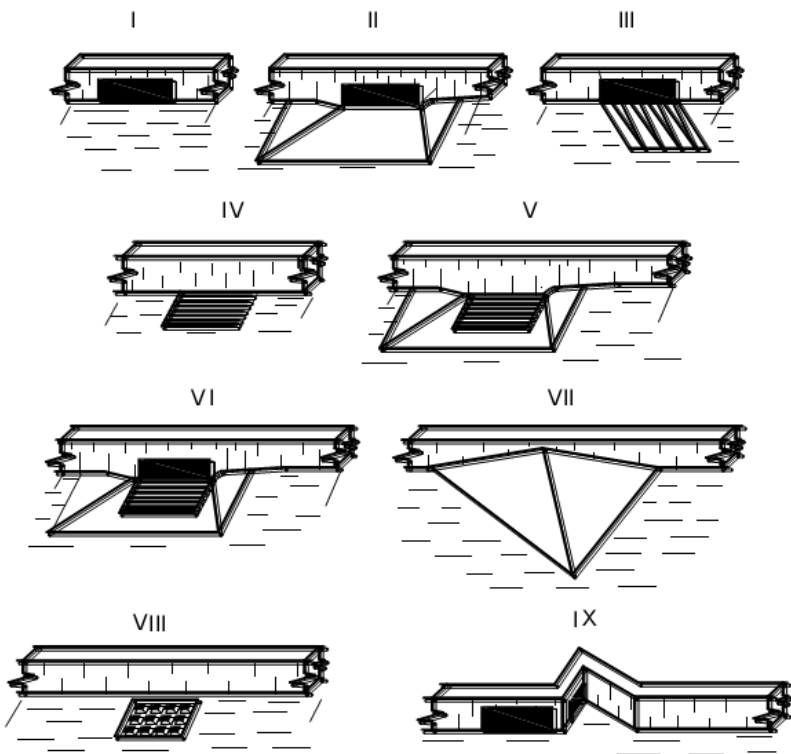


Рисунок 2.33 – Расположение бордюрных и люветных дождеприемных впусков:  
 I, II, III – бордюрные впуски, расположенные вровень с поверхностью дороги, ниже поверхности дороги, вровень с поверхностью дороги отклоняющиеся или комбинированные;  
 IV, V, VI – люветные впуски, расположенные вровень с поверхностью дороги, ниже поверхности дороги отклоняющийся или комбинированный; VII – банкетный впуск; VIII – впуск с перфорированной решеткой; IX – бордюрный впуск с отступом

При одних и тех же условиях пропускная способность дождеприемника с вертикальным отверстием в бордюрном камне в 5–8 раз ниже, чем решетки.

Несмотря на низкую гидравлическую эффективность *бордюрные выпуски* (боковые проемы в бордюре) широко используются в районах с интенсивным транспортным сообщением. Они меньше подвержены повреждениям от транспорта и не создают таких помех для движения, как решетки. Эффективность бордюрных выпусков оценивается по количеству отводимой воды. Улучшить боковое отведение воды можно за счет устройства более крутых поверхностей, чем общий поперечный уклон дороги, выемок или диагональных отражающих выступов на поверхности дороги.

*Горизонтальные решетки* на дорожной поверхности имеют большую пропускную способность, но при большой нагрузке от транспорта они могут ломаться, а при их повреждении колеса автомобилей могут проваливаться во впускные отверстия. Решетки подвержены засорению, а наиболее эффективные в гидравлическом отношении решетки с продольной щелью шириной 25 мм представляют опасность для велосипедистов.

Прямые решетки выполняются прямоугольными (рисунки 2.34, 2.35) или круглыми и устанавливаются в проезжей части на 2–3 см ниже поверхности лотка, длинной стороной вдоль лотка.

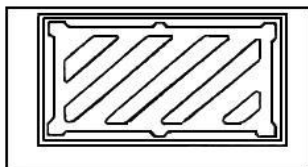


Рисунок 2.34 –  
Дождеприемник с  
минимальной шириной  
продольной опорной части  
корпуса, прилегающего к  
бордюру

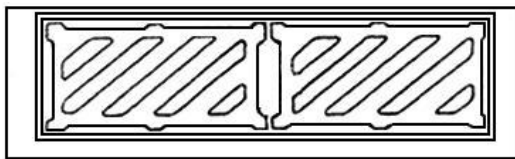


Рисунок 2.35 – Дождеприемник  
с единым корпусом под две решетки

Глубина заложения основания дождеприемника составляет не менее 0,8 м. Типы дождеприемников приведены в таблице 2.5.

Практикой эксплуатации городских сетей дождевой канализации установлены рекомендации для размещения дождеприемников в зависимости от уклона улиц и при отсутствии поступления дождевых вод с внутренней части кварталов (таблица 2.6).

При поступлении поверхностного стока с внутренней части кварталов расстояние между дождеприемниками определяется гидравлическим расчетом уличных лотков. При этом заполнение лотков проезжей части допускается на высоту, обеспечивающую незатопление подвальных этажей и входов зданий.

При неудачном расположении решеток часть воды не будет поступать в дождеприемники, а будет «проскакивать» мимо них. Чем больше продольный уклон улицы, тем больше воды проскакивает мимо решеток.

Таблица 2.5 – Типы дождеприемников

Тип	Наименование	Нормальная нагрузка, кН	Площадь живого сечения, м <sup>2</sup> , не менее	Глубина установки решетки, мм, не менее	Рекомендуемое место установки
Д (А15)	Малый дождеприемник	15	0,05	20	Пешеходная зона
ДБ1* (В125)	Большой дождеприемник	125	0,075	35	Автостоянки и обочины
ДБ2** (В125)			0,15		
ДМ1* (С250)	Магистральный дождеприемник	250	0,075	35	Городские автомобильные дороги
ДМ2** (С250)			0,15		
ДУ1 (Д400)	Усиленный дождеприемник	400	0,075	50	Магистральные автомобильные дороги, АЗС
ДУ2 (Д400)			0,15		
ДС1 (Е600)	Сверхтяжелый дождеприемник	600	0,075	50	Зоны высоких нагрузок (аэродромы)
ДС2 (Е600)			0,15		
<p>* ДБ1, ДМ1 – на дорогах при продольных уклонах <math>i &lt; 0,005</math>.  ** ДБ2, ДМ2 – на дорогах при продольных уклонах <math>i &gt; 0,005</math>.  Примечание – Глубина установки решетки в корпусе регламентируется для дождеприемника без запорного устройства, чтобы исключить самопроизвольное открывание решетки при наезде автотранспорта на край решетки. Для дождеприемников с запорным устройством допускается уменьшение минимальной глубины установки решетки.</p>					

Таблица 2.6 – Расстояние между дождеприемниками

Уклон	До 0,004	0,004–0,006	0,006–0,01	От 0,01 до 0,03
Расстояние между дождеприемниками, м	50	60	70	80

Проскоки значительно уменьшаются, если решетки расположены на 2–5 см ниже дна лотка или поверхности мостовой. В местах приема большого количества дождевых вод или при уклоне проезжей части более 0,03 целесообразно устанавливать дождеприемники с двумя решетками.

Для отведения поверхностных сточных вод с мостов в их конструкции предусматриваются продольные уклоны (от 0,005) и поперечные (0,015–0,02).

В нижней части улицы у перекрестка, перед пешеходным переходом устанавливаются два дождеприемника, остальные располагаются у бордюрного камня на определенном расстоянии в зависимости от уклона улицы.

Со стороны улицы, откуда дождевая вода притекает в небольшом количестве, расстояние между дождеприемниками может быть увеличено.

Гидравлический расчет дождеприемников сводится к определению их пропускной способности с учетом особенностей работы в зависимости от схемы расположения в лотке.

Основными факторами, определяющими расход дождеприемника  $Q_d$  в треугольном несимметричном лотке на участке улицы с продольным уклоном одного знака, являются:

- расход в лотке;
- значения продольного  $i_{пр}$  и поперечного  $i_{поп}$  уклонов лотка;
- тип дождеприемника и размеры его отверстия;
- характер расположения и форма стержней решеток, перекрывающих отверстия дождеприемника.

Расстояние между дождеприемниками при затяжном уклоне улиц  $i < 0,005$  устанавливается исходя из условия, что ширина потока перед решеткой не должна превышать 2 м.

При закрытой дождевой сети на территории кварталов дождеприемники должны устанавливаться на расстоянии, приведенном в таблице 2.6.

Пропускная способность,  $m^3/c$ , вертикального отверстия в бордюрном камне без всяких устройств невелика и может быть определена по формулам:

- при  $H_0 < 1,4h$ , когда отверстие работает как боковой водослив с широким порогом,

$$Q_{отв} = 1,48l_{отв} H^{1,5}; \quad (2.1)$$

- при  $H_0 > 1,4h$ , когда верхняя кромка отверстия затопливается,

$$Q_{отв} = 2,8\omega_{отв} H^{1,5}, \quad (2.2)$$

где  $H_0$  – гидродинамический напор перед решеткой, м,

$$H_0 = H + v^2 / 2g; \quad (2.3)$$

$v$  – скорость течения воды на подходе к отверстию, м/с;

$h$  – высота отверстия, м;

$l_{отв}$  – длина отверстия, м;

$\omega_{отв}$  – площадь отверстия,  $m^2$ ;

$H$  – глубина воды перед отверстием, м.

На затяжных спусках не рекомендуется устраивать водопропускные отверстия в виде вертикального отверстия в бордюрном камне, так как большая часть воды «проскакивает» мимо них.

Горизонтальные кюветные впуски (дождеприемники с горизонтальным отверстием, перекрытым решеткой) на дорожной поверхности привлекательны тем, что имеют большую пропускную способность.

При большой нагрузке от транспорта решетки могут ломаться, а при их повреждении колеса автомобилей могут проваливаться во впускные отверстия.

На дождеприемниках в пониженных местах на улицах при пилообразном продольном профиле лотков (уклон улиц  $< 0,005$ ) и в парках целесообразно устанавливать малые чугунные прямоугольные решетки типа ДМ (дождеприемник малый) с размерами  $l_p = 58$  см и  $b = 30$  см.

В населенных пунктах с пересеченным рельефом при продольном уклоне улиц  $i > 0,005$  рекомендуется применять большие чугунные прямоугольные решетки типа ДБ (дождеприемник большой) с размерами  $l_p = 80$  см и  $b = 40$  см.

Если выполняется соотношение  $H_0 < 1,33(\omega_{\text{реш}} / l_{\text{реш}})$ , при малых глубинах лотка решетка, установленная в пониженном месте, не перекрывается слоем воды и работает как водослив с широким порогом, т. е. вода поступает в дождеприемник по периметру и расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяется по формуле

$$Q_{\text{реш}} = 1,55l_{\text{реш}}H^{1,5}, \quad (2.4)$$

где  $l_{\text{реш}}$  – длина той части периметра решетки, на которой происходит прием воды, м;

$H$  – глубина воды в лотке перед решеткой, м.

При  $H_0 > 1,33(\omega_{\text{реш}} / l_{\text{реш}})$ , когда решетка покрыта слоем воды и работает по схеме истечения через отверстие, расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$$Q_{\text{реш}} = 2\omega_{\text{реш}}\sqrt{H}, \quad (2.5)$$

где  $\omega_{\text{реш}}$  – площадь отверстий решетки, м.

При расчете решеток типа ДБ на улицах с затяжным уклоном следует учитывать, что часть воды будет «проскакивать» мимо решетки. Таким образом, к каждому из расположенных ниже дождеприемников притекает все больший расход.

Расход в лотке перед дождеприемником определяется как сумма расчетного расхода дождевых вод с площади водосбора, относящегося к данному дождеприемнику, и расходов проскока мимо предыдущего дождеприемника.

Пропускную способность решеток, установленных в пониженных местах лотков, рекомендуется принимать по таблице 2.7.

Пропускная способность решёток, установленных в лотках с продольным уклоном  $i_{\text{пр}}$ , определяется расходом воды в лотке перед решеткой и поперечным уклоном. Эта величина для решеток типа ДМ и ДБ принимается на основе исследований по таблицам 2.8 и 2.9.

**Таблица 2.7 – Пропускная способность решеток дождеприемников, установленных в пониженных местах**

В литрах в секунду

Тип решетки	Глубина потока в лотке перед решеткой, см									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Малая прямоугольная типа ДМ	6,5	18,6	34,2	52,6	76,3	80,4	86,8	92,9	98,4	104
Малая прямоугольная типа ДБ	9	25	45	70	98	129	140	149	159	167

**Таблица 2.8 – Пропускная способность решеток типа ДМ, установленных в продольных лотках**

В литрах в секунду

Расход воды перед решеткой, л/с	Поперечный уклон лотка			
	0,01	0,02	0,03	0,04
20	12/14	13,5/15	15/16	16/17
40	18,5/17	21/21	23/24	25,7/27
60	27/20	30/26	32/30	33,5/34
80	32/27	35/33	37/37	39/41,5
100	35/31	38/37	41/41	44/45

*Примечание* – В числителе приведены значения для лотков, установленных с поперечным уклоном  $i_{пр} = 0,0025$ , в знаменателе – для  $i_{пр} = 0,005$ .

**Таблица 2.9 – Пропускная способность решеток типа ДМ, установленных в продольных лотках**

В литрах в секунду

Расход воды перед решеткой	Поперечный уклон лотка			
	0,01	0,02	0,03	0,04
При поперечном уклоне $i_{пр} = 0,005$ (числитель), $i_{пр} = 0,02$ (знаменатель)				
20	15/16	16,5/17	18/19	19/20
40	20/25	26/28	30/32	33/34
60	28/30	36/38	41/42	44/45
80	34/38	39/46	48/50	52/54
100	40/42	46/48	52/59	59/64
При поперечном уклоне $i_{пр} = 0,03$ (числитель), $i_{пр} = 0,04$ (знаменатель)				
20	16/17	17/18	19,3/19	20/20
40	25/26	29/30	33/34	35/38
60	33/34	40/41	46/48	48/52
80	40/42	49/50	57/59	58/63
100	45/50	54/59	64/71	68//78

При плоском рельефе местности и отведении дождевых вод с неблагоустроенных территорий в ряде случаев применяются дождеприемники с осадочной частью глубиной 0,5–0,7 м. При такой конструкции дождевая сеть в меньшей степени засоряется землей и песком, но осадочные части дождеприемников следует регулярно очищать.

### 2.5.2 Смотровые колодцы

Для нормального функционирования и ремонта системы трубопроводов на сети дождевой канализации устраиваются смотровые колодцы.

Конструкция сборного смотрового колодца приведена на рисунке 2.36.

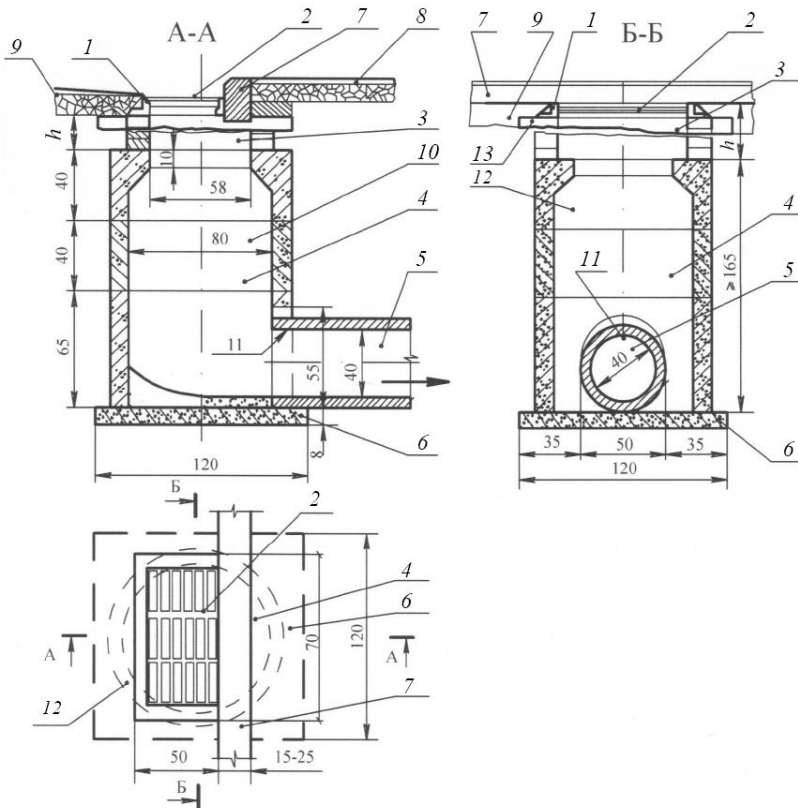


Рисунок 2.36 – Сборный смотровой колодец:

- 1 – люк колодца; 2 – решетка или глухая крышка; 3 – горловина; 4 – рабочая камера; 5 – водосточная ветка; 6 – плита фундамента; 7 – бордюр; 8 – дорожное покрытие тротуара; 9 – дорожное покрытие проезжей части; 10 – кольцо колодца; 11 – шельга; 12 – верхнее кольцо с горловиной (или верхняя плита с люком); 13 – придонный лоток из бетона

Смотровые колодцы устанавливаются через определенные расстояния в зависимости от диаметра трубопровода (таблица 2.10).

**Таблица 2.10 – Расстояния между смотровыми колодцами**

Диаметр трубопровода, мм	Расстояние между колодцами, м
140–150	35
200–450	50
500–600	75
700–900	100
1000–1400	150
1500–2000	200
Свыше 2000	250–300

На практике наибольшее применение находят сборные железобетонные смотровые колодцы, имеющие рабочую камеру 4 с днищем и плитой перекрытия и располагаемую над камерой горловину 3 с люком 1 (см. рисунок 2.36).

Размеры рабочей камеры должны обеспечивать надежную доступность для осмотра и удобства присоединения к ней труб, а также удобство работы при эксплуатации сети.

Высота рабочей камеры должна быть не менее 1,65 м.

Диаметры камер круглых колодцев зависят от диаметров присоединяемых труб и назначаются в соответствии с данными таблицы 2.11.

**Таблица 2.11 – Диаметр рабочей камеры**

Диаметр трубопровода, мм	Диаметр рабочей камеры, мм
Менее 600	1000
700	1250
800–1000	1500
1200	2000

Для трубопроводов и коллекторов диаметром более 1200 мм рабочие камеры обычно изготавливаются прямоугольными по индивидуальным проектам.

Диаметр горловины принимается равным 700 мм, а высота горловины зависит от глубины заложения трубопровода.

Смотровой колодец со сборным лотком может выполнять функцию поворотного колодца с углом поворота 90°.

На дне колодца устраивают монолитный бетонный лоток плавного очертания.

### 2.5.3 Перепадные колодцы

**Перепадные колодцы** устанавливаются в случаях прохождения коллектора дождевой канализации по склонам с большими уклонами и подключения коллекторов с большой разностью уровней расположения (более 2,0 м).

*Перепадные колодцы предусматриваются:*

- при присоединении боковых веток к коллекторам или внутриквартальных сетей к уличным (рисунок 2.37, а);
- пересечении с инженерными сооружениями и подземными препятствиями (рисунок 2.37, б);
- затопленных выпусках в последнем перед водным объектом колодце (рисунок 2.37, в);
- во избежание превышения максимально допустимой скорости движения сточной воды или резкого изменения этой скорости (рисунок 2.37, г).

По *конструкции* перепадные колодцы делятся на следующие типы:

- перепады с водосливом практического профиля и водобойным колодцем в нижнем бьефе (рисунок 2.38, а);
- трубчатые перепады, которые бывают различной конструкции, но с обязательной вертикальной трубой (рисунок 2.38, б);
- перепады с отбойно-водосливной стенкой (рисунок 2.38, в);
- шахтные многоступенчатые перепады различных конструкций, в которых гашение падающей энергии происходит на каждой ступени (рисунок 2.38, г);
- быстротоки – короткие каналы с большим уклоном (рисунок 2.38, д).

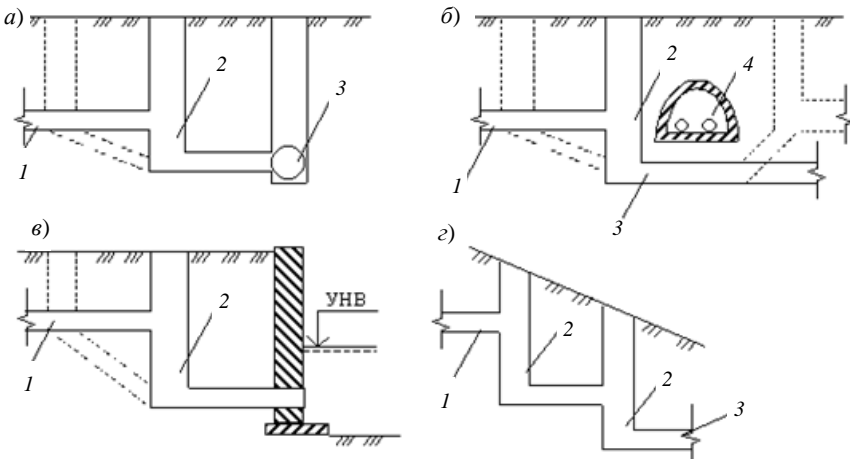


Рисунок 2.37 – Случаи установки перепадных колодцев:

- 1 – подводящий трубопровод; 2 – перепадной колодец; 3 – отводящий трубопровод;  
4 – препятствие

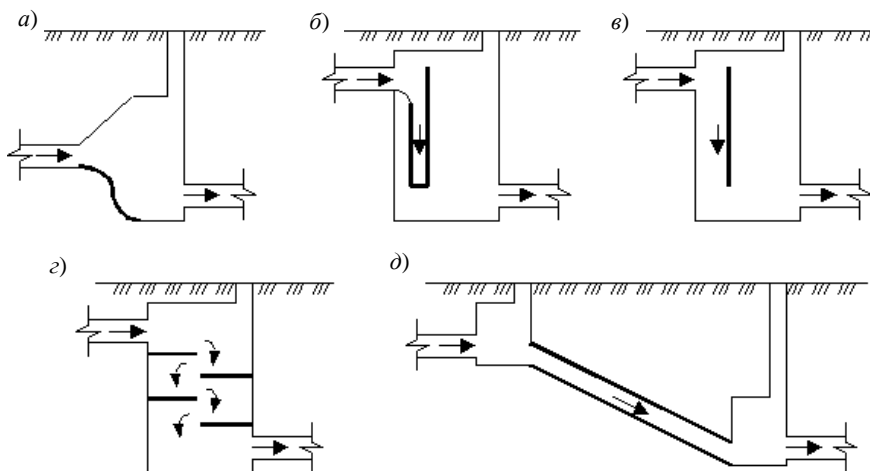


Рисунок 2.38 – Типы перепадов

#### 2.5.4 Разделительные камеры

**Разделительные камеры**, устраиваемые на дождевой сети полной раздельной и полураздельной системы канализации, по конструкции аналогичны ливнеспускам, которые предусматриваются в общесплавной системе. Поэтому их иногда объединяют под общим названием – *ливнесбросные камеры* (ливнеспуски).

*Ливнеспуски* служат для сброса части смеси сточных вод в водные объекты в общесплавной системе канализации. Ливнеспуски устанавливаются на коллекторах бассейнов канализования, перед насосными станциями и очистными сооружениями.

*Разделительные камеры* на дождевой сети *полной раздельной системы* обеспечивают сброс части дождевых вод в водоем при направлении их на очистные сооружения, а также разделение всего расхода дождевых вод при необходимости направления на очистные сооружения с разной степенью очистки.

В *полураздельной системе* разделительные камеры устанавливают на дождевой сети перед присоединениями её к общесплавным коллекторам для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водный объект, перед очистными сооружениями для временного сброса части смеси сточных вод в регулирующие резервуары при интенсивных дождях для последующей подачи на очистные сооружения.

Принцип работы и конструкции ливнеспусков и разделительных камер аналогичны.

По принципу работы разделительные камеры делятся на виды:

- со сбросными устройствами в виде водосливов;
- донным сливом;
- сифонным водосбросом;
- водосбросом циклонного типа и др.

Ливнеспуск с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом состоит из лотка, одна сторона которого является водосливом (рисунок 2.39).

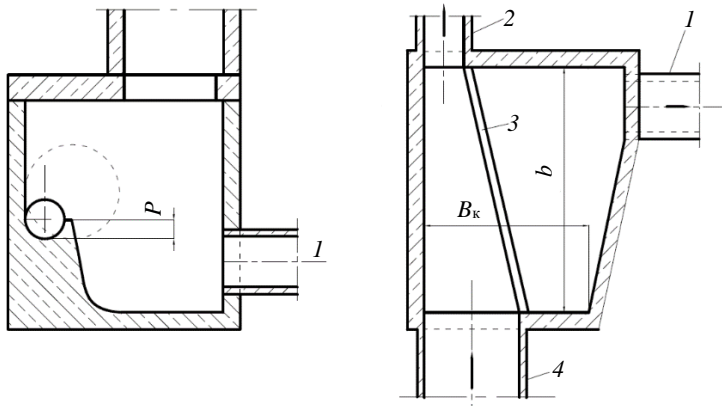


Рисунок 2.39 – Ливнеспуск с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом:

1 – ливнеотвод (сбросной трубопровод); 2 – отводящий трубопровод; 3 – гребень водослива; 4 – подводящий трубопровод

Длина гребня водослива, м,

$$b = 0,75 \frac{q_{\text{сбр}}}{H_0^{1,5}}, \quad (2.6)$$

где  $q_{\text{сбр}}$  – расход сточных вод, сбрасываемых через ливнеспуск, м<sup>3</sup>/с;

$H_0^{1,5}$  – полный напор на водосливе, м,

$$H_0 = H + 0,5 \frac{v_p^2}{2g}, \quad (2.7)$$

$H$  – статический напор на водосливе, м, определяемый как разность глу-

бины воды в подводящем трубопроводе и высоты порога водослива;

$v_p^2$  – скорость движения воды в подводящем трубопроводе, м/с.

Высота порога водослива должна равняться глубине воды в лотке при пропуске предельного несбрасываемого расхода.

Длина распределительной камеры принимается равной длине гребня водослива.

Ширина распределительной камеры, м,

$$B_k \geq 1,5H + d_{сбр} + 0,2, \quad (2.8)$$

где  $d_{сбр}$  – диаметр сбросного трубопровода, м.

При проектировании камер с водосливами диаметр подводящего коллектора принимается исходя из расхода дождевых вод при наполнении  $h/d = 1$ .

Ливнеотвод должен обеспечивать отведение расхода, л/с,

$$Q_{сбр} = q_r - Q_{пр}, \quad (2.9)$$

где  $q_r$  – расчетный расход, л/с;

$Q_{пр}$  – предельный расход, л/с.

Предельный расход должен отводиться на очистку без перелива через гребень водослива.

Высота гребня водослива, м,

$$h_{тр} = h_2 + \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (2.10)$$

где  $h_2$  – глубина потока в отводящем трубопроводе, м;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления при входе в трубу, равный 0,5;

$v$  – скорость потока, м/с.

Ливнепуск с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом состоит из лотка, обе стороны которого являются водосливами (рисунок 2.40).

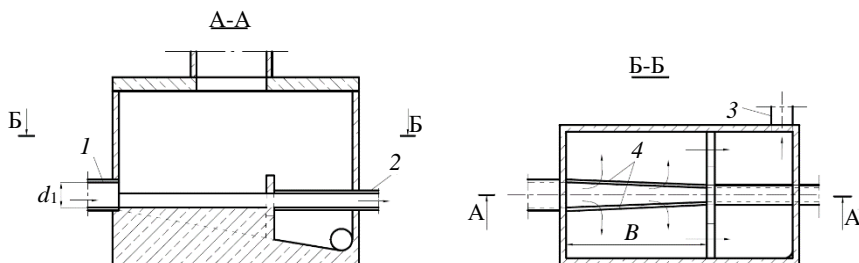


Рисунок 2.40 – Ливнепуск с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом:

1, 2 – трубопровод, соответственно подводящий и отводящий;

3 – сбросной трубопровод; 4 – гребни водосливов

Ливнеспуск с боковым криволинейным водосливом (центральный угол равен  $90^\circ$ ) состоит из криволинейного лотка, внешняя сторона которого является водосливом (рисунок 2.41). Длина гребня водослива определяется по формуле 2.6, при  $q_{сбр} / 2$ .

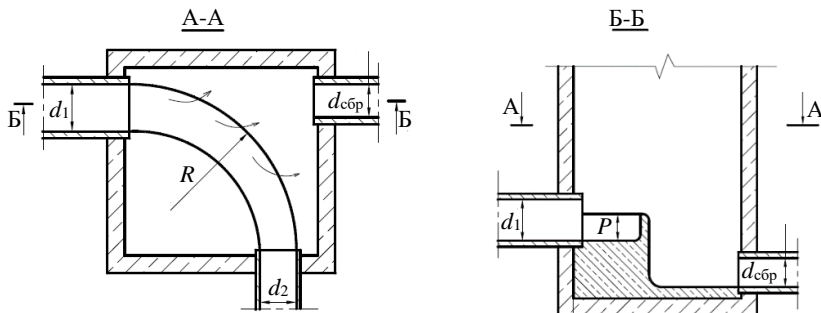


Рисунок 2.41 – Ливнеспуск с боковым криволинейным водосливом:  
 1 – подводящий трубопровод; 2 – порог водослива; 3 – сбросной трубопровод (ливнеспуск);  
 4 – отводящий трубопровод

Расход воды через водослив,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$$q_{сбр} = m\sqrt{2h}H_0^{1,5}d_1, \quad (2.11)$$

где  $m$  – коэффициент расхода,  $m = 0,48$  при  $q_{сбр} / q_{сбр} > 0,5$ ,  $m = \sqrt{q_{сбр} / q_r}$  при

$$q_{сбр} / q_{сбр} < 0,5;$$

$H_0$  – полный напор на водосливе, м,

$$H_0 = h_1 - P + B \frac{v_{p,\text{lim}}^2}{2g}, \quad (2.12)$$

$h_1$  – глубина воды в подводящем трубопроводе, м;

$P$  – высота порога водослива, м;

$B$  – параметр, принимается по таблице 2.12 в зависимости от соотношения  $R / d_1$ ;

$v_{p,\text{lim}}^2$  – скорость движения воды при предельном не сбрасываемом расходе,  $\text{м}^2/\text{с}^2$ ;

$d_1$  – диаметр отводящего трубопровода, м.

Таблица 2.12 – Определение параметра  $B$

$R / d_1$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$B$	2,57	2,17	1,91	1,73	1,6

Сбросной трубопровод проектируется на полное наполнение. Шельга сбросного трубопровода и гребень водослива должны находиться на одной отметке.

Высота порога водослива, м,

$$P = h_1 + B \frac{v_{p.lim}^2}{4g}. \quad (2.13)$$

Ливнеспуск с донным сливом представляет собой щель в прямоугольном лотке или круглой трубе (рисунок 2.42).

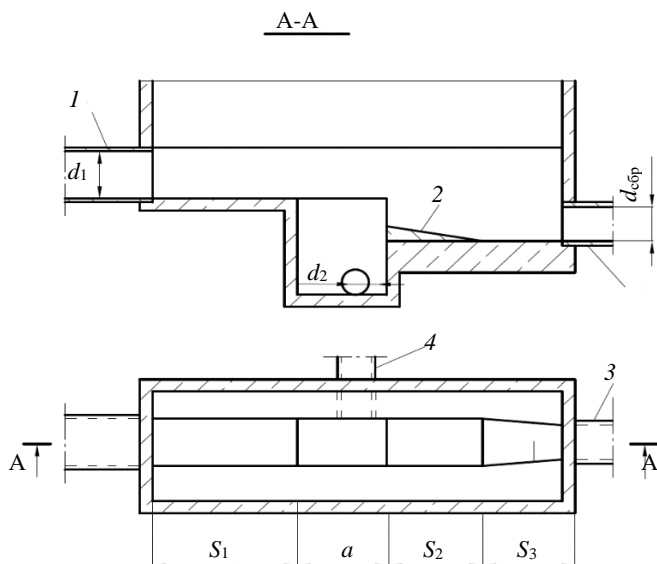


Рисунок 2.42 – Ливнеспуск с донным сливом и порогом за щелью:  
 1 – подводящий трубопровод; 2 – порог; 3 – ливнеотвод (сбросной трубопровод);  
 4 – отводящий трубопровод

Ливнеспуск может быть без порога или с порогом за щелью. Расчет ливнеспуска заключается в определении ширины щели и общей длины камеры ливнеспуска. Высота порога назначается исходя из местных условий, но не менее 0,1 м. При истечении из круглой трубы длина щели принимается равной дальности отлета наружной образующей струи, м,

$$a = \frac{1 + \sqrt{iA}}{2i}, \quad (2.14)$$

где  $i$  – уклон подводящего трубопровода;

$A$  – параметр, определяемый по формуле

$$A = 2,2 \left[ \frac{P}{h_{2\text{кр}}} + i \left( \frac{P}{h_{2\text{кр}}} \right)^2 \right]^{0,45}, \quad (2.15)$$

$h_{2\text{кр}}$  – критическая глубина, при предельном (не сбрасываемом) расходе  $q_{\text{lim}}$ ;

$$h_{2\text{кр}} = \sqrt[4]{\frac{q_{\text{lim}}^2}{0,9gd_1}}. \quad (2.16)$$

Общая длина камеры, м,

$$S = S_1 + a + S_2 + S_3; \quad (2.17)$$

$$S_1 = (4...5)h_{1\text{кр}}; \quad (2.18)$$

$$S_2 = \frac{0,4P}{\text{tg}\alpha}; \quad (2.19)$$

$$S_3 = S_2 / 2, \quad (2.20)$$

где  $h_{1\text{кр}}$  – критическая глубина в подводящем трубопроводе, при расчетном расходе, м;

$\alpha$  – угол наклона, принимается 15–20°.

Ливнепуск с боковым водосливом и полупогруженным щитом состоит из лотка, внешняя стенка которого является водосливом, и дополнительного лотка с полупогруженным щитом (рисунок 2.43).

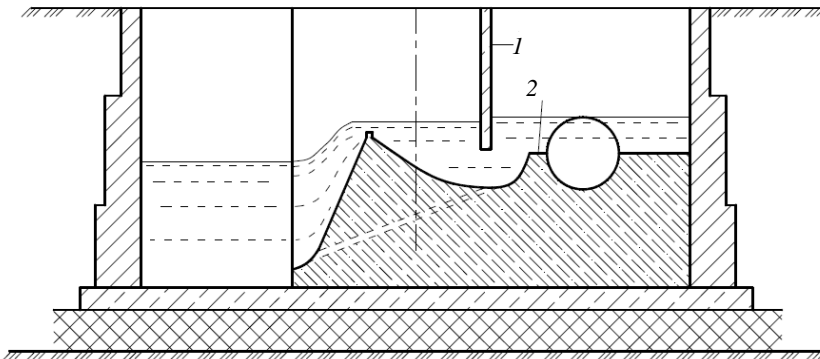


Рисунок 2.43 – Ливнепуск с боковым водосливом и полупогруженным щитом:  
1 – водослив; 2 – полупогружной щит

Полупогружной щит обеспечивает задержание плавающих веществ. Эту конструкцию ливнепуска целесообразно применять в системах канализации промышленных предприятий, в сточных водах которых содержатся всплывающие вещества (нефть и др.).

В камерах с водосливами диаметр подводящего коллектора  $d_1$  принимается по расчетному расходу дождевых вод  $Q_p$  при полном заполнении. Диаметр отводящего трубопровода  $d_2$  рассчитывается на пропуск предельного расхода воды  $Q_{lim}$ , отводимой на очистку. Ливнеотвод диаметром  $d_3$  должен обеспечить отведение разности расходов  $Q_p - Q_{lim}$  при принятом напоре, зависящем от высоты гребня водослива  $h_{гр}$ .

В зависимости от конструкции камеры с вертикальной разделительной стенкой поток, перелетевший через стенку, ударяется о дно лотка и отводится целиком на сброс в водный объект или разделяется на два противоположных потока: один направляется в ливнеотвод, другой – на очистку (в случае отверстия в стенке). Параметры работы такой камеры определяются расстоянием между вертикальной стенкой и подводящим коллектором и высотой падения (разностью отметок дна лотка и верха стенки). Для гашения энергии перед ливнеотводом может быть устроен водобойный колодец.

В полураздельной системе канализации считается, что при всех значениях расходов, больших предельного, на очистку будет направляться постоянный расход, равный разности между расчетным  $Q_p$  и предельным значением  $Q_{lim}$ .

Однако для большинства конструкций величина расхода, отводимого на очистку  $Q_{оч}$ , изменяется в зависимости от общего расхода и принятого коэффициента разделения  $K_{div}$  (рисунок 2.44).

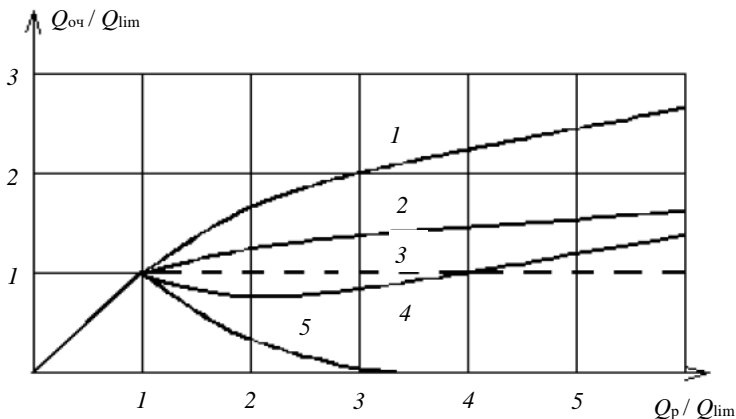


Рисунок 2.44 – Графики изменения расходов, отводимых на очистку, в разделительных камерах разных типов:

- 1 – с прямолинейным боковым водосливом; 2 – с криволинейным боковым водосливом; 3 – теоретическая прямая для условия  $Q_{оч} = Q_{lim}$ ;
- 4 – с разделительной стенкой и отверстием; 5 – с разделительной стенкой без отверстия

В камерах всех типов при расходе  $Q$ , меньшем  $Q_{\text{lim}}$ , весь расход отводится на очистку. При превышении этого расхода наибольший рост  $Q_{\text{оч}}$  наблюдается в камерах с прямолинейными боковыми водосливами (см. рисунок 2.44, кривая 1).

В камерах донного слива и с разделительной стенкой с отверстием можно условно принять, что  $Q_{\text{оч}} \approx Q_{\text{lim}}$ . Самая значительная часть дождевого стока будет сбрасываться в водный объект через камеры с разделительной стенкой без отверстия (см. рисунок 2.44, кривая 5).

Для достижения равенства суммарного расхода дождевых вод и предельного расхода можно использовать чередование различных конструкций.

### 2.5.5 Регулирующие резервуары

Расходы поверхностных сточных вод поступают в сети дождевой канализации неравномерно, что обусловлено вероятностным характером выпадения атмосферных осадков.

При отведении поверхностных сточных вод с больших водосборных бассейнов при высоких значениях расчетной интенсивности дождя необходимо закладывать коллекторы больших диаметров на конечных участках сети. Для уменьшения диаметров коллекторов без снижения общей пропускной способности сети рациональным является регулирование расхода дождевого стока.

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

Для регулирования расхода сточных вод на коллекторах дождевой канализации большой протяженности устанавливаются:

- разделительные камеры (ливнесбросы) с водосливным устройством;
- 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 расчетного 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 канализации, приведены на рисунке 2.45.

По схеме 1 на самотечном коллекторе сети дождевой канализации устанавливается разделительная камера. Поток воды, превышающий предельное значение расхода, через перегородку разделительной камеры поступает в регулирующий резервуар.

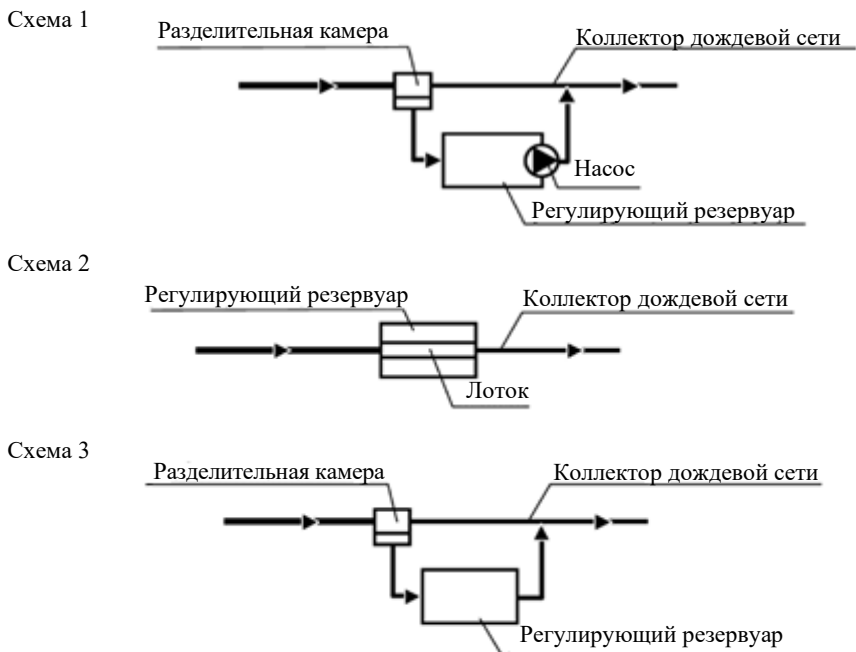


Рисунок 2.45 – Принципиальные схемы регулирования расхода дождевого стока в сети дождевой канализации

Опорожнение резервуара в участок сети за разделительной камерой осуществляется погружным насосом с небольшим постоянным расходом, не превышающим расчетный расход стока в сети после разделительной камеры.

Система управления работой насосов должна обеспечивать автоматическое включение и отключение, автоматический ввод резервных насосов. Для защиты от засорения насосных агрегатов грубыми механическими примесями регулирующий резервуар оборудуется мусоросборной корзиной или решеткой с шириной прозоров 5–40 мм в зависимости от типа применяемых насосов.

По схеме 2 (см. рисунок 2.45) входящий в регулирующий резервуар трубопровод переходит в донный лоток, отводящая способность которого принимается равной отводящей способности выходящего трубопровода, т. е. предельному не сбрасываемому в резервуар расходу. При поступлении расхода, превышающего предельное значение, вода заполняет лоток и переливается в регулирующий резервуар.

По схеме 3 (см. рисунок 2.45) на самотечном коллекторе сети дождевой канализации, также как и в схеме 1 (см. рисунок 2.45), устанавливается разделительная камера, направляющая поток воды с превышающим предельное

значение расходом в регулирующий резервуар. Резервуар опорожняется по трубопроводу малого диаметра в участок сети за разделительной камерой. Отведение воды из регулирующего резервуара в сетевой коллектор осуществляется за счет перепада между ребром водослива разделительной камеры и отметкой присоединения отводной трубы к коллектору не меньшим, чем глубина регулирующего резервуара. Для реализации схемы 3 требуется значительное заглубление отводящего коллектора, поэтому она применяется редко.

Регулирующие резервуары могут выполняться в виде открытых или закрытых подземных емкостей или оборудованных прудов-регуляторов. Открытые резервуары или пруды проще по конструкции и удобнее в эксплуатации, но обычно устраиваются за пределами жилой застройки. Закрытые резервуары должны иметь надежную вентиляцию.

В регулирующих резервуарах происходит накопление оседающих и всплывающих загрязнений. Поэтому они оборудуются устройствами для периодической очистки или автоматического взрыхления (размыва) и удаления осадка.

Для опорожнения резервуаров с помощью насосов прокладываются трубопроводы, по которым можно подавать воду для промывки резервуаров и взмучивания осадка. Целесообразно деление нижней части резервуаров на секции с трапецидальной формой поперечного сечения и продольным уклоном лотков в направлении сборного приемка или опорожняющего трубопровода. За счет разного высотного положения лотков в секциях достигается последовательное включение в работу последующих секций по мере увеличения расхода. При таких решениях можно обеспечить гидравлическое транспортирование осадка в направлении приемка, над которым устраивается люк для удаления (извлечения) осадка с помощью насоса или грейфера.

Во избежание переполнения резервуара при выпадении дождей большой интенсивности и продолжительности в верхней части резервуара предусматриваются переливные трубопроводы и водосливы с полупогруженными досками для предотвращения выноса плавающих отбросов.

Удаление осадка в открытых прудах-регуляторах может производиться бульдозерами и погрузчиками. Для этого при устройстве резервуаров предусматриваются специальные подъездные пути для работы техники.

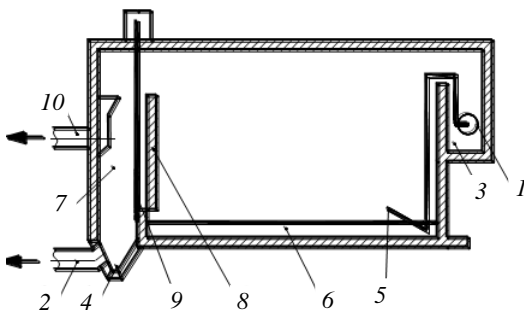
К настоящему моменту разработано множество конструкций резервуаров для накопления и регулирования поверхностных сточных вод. Наиболее современная конструкция приведена на рисунке 2.46.

Регулирующий резервуар представляет собой железобетонную емкость с днищем в виде лотков, объединенных в секции опорожнения системой шибров.

Время аккумуляции поверхностных сточных вод (и как следствие – объем аккумуляющего резервуара) зависит от требований к качеству очищенной воды, применяемых методов очистки и характеристик исходной воды.

Рисунок 2.46 – Конструкция регулирующего резервуара:

- 1 – подающий трубопровод;
- 2 – трубопровод опорожнения;
- 3 – галерея задвижек;
- 4 – прямок трубопровода опорожнения;
- 5 – насадки;
- 6 – лотки опорожнения;
- 7 – канал опорожнения;
- 8 – поперечная перегородка;
- 9 – шиберы;
- 10 – аварийный сброс



Расчет объема регулирующего резервуара выполняется по методу предельных интенсивностей и сводится к определению оптимального соотношения между объемом регулирующего резервуара и пропускной способностью коллектора с зарегулированным расходом с использованием расчетных зависимостей типового гидрографа дождевого стока, приведенного на рисунке 2.47.

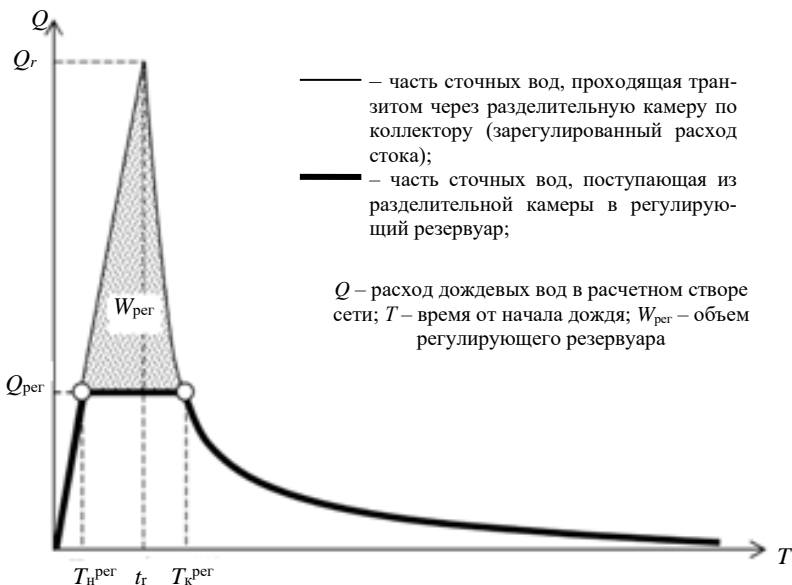


Рисунок 2.47 – Гидрограф дождевого стока в сети дождевой канализации с разделительной камерой (ливнесбросом) и регулирующим резервуаром

Пропускная способность коллектора с зарегулированным расходом принимается на основании технико-экономического обоснования, но не менее чем для пропуска сточных вод от дождей с периодом однократного превышения интенсивности  $P \geq 0,33$  года.

Рабочий объем регулирующего резервуара, м<sup>3</sup>,

$$W_{\text{пер}} = \frac{0,06Q_r t_r}{2-n} \left[ \left( \frac{T_{\text{к}}^{\text{пер}}}{t_r} \right)^{2-n} \left( \frac{T_{\text{н}}^{\text{пер}}}{t_r} \right)^{2-n} \left( \frac{T_{\text{к}}^{\text{пер}}}{t_r} - 1 \right)^{2-n} - \frac{Q_{\text{пер}}}{Q_r} (2-n) \left( \frac{T_{\text{к}}^{\text{пер}}}{t_r} - \frac{T_{\text{н}}^{\text{пер}}}{t_r} \right)^{2-n} \right], \quad (2.21)$$

где  $Q_r$  – максимальный расчетный расход стока в коллекторе до разделительной камеры, л/с;

$t_r$  – расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин;

$n$  – параметр, характеризующий интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности, принимается по таблице А.2;

$T_{\text{к}}^{\text{пер}}$  – момент времени окончания поступления избыточного расхода стока от расчетного дождя из разделительной камеры в регулирующий резервуар, мин;

$T_{\text{н}}^{\text{пер}}$  – момент времени начала поступления избыточного расхода дождевого стока от расчетного дождя из разделительной камеры в регулирующий резервуар, мин,

$$T_{\text{н}}^{\text{пер}} = t_r \left( \frac{Q_{\text{пер}}}{Q_r} \right)^{\frac{1}{1-n}}, \quad (2.22)$$

$Q_{\text{пер}}$  – максимальный расчетный зарегулированный расход стока после разделительной камеры, л/с, определяется по формуле (4.8) при значении периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя  $P$  не менее 0,33 года.

## 2.5.6 Выпуски поверхностных сточных вод в водные объекты

**Выпуски сточных вод** – это специальные сооружения, целью которых является обеспечение сброса сточных вод в водный объект.

При выборе типа выпуска и места его расположения необходимо, чтобы было обеспечено как можно более полное смешение сточных вод с водой водного объекта. Поэтому выпуски всех типов необходимо размещать в местах с повышенной турбулентностью, т. е. на порогах, в протоках, сужениях и т. д.

Выпуск поверхностных сточных вод наиболее часто производится в проточные водоемы. Устройство выпусков не допускается в границах пояса строгого режима зоны санитарной охраны источников водоснабжения.

Выпуски дождевой канализации *не допускаются*:

- в малые непроточные пруды;
- замкнутые лощины и низины;
- места, специально отведенные для массового купания;
- заболоченные поймы рек.

Децентрализация выпусков дождевых вод производится с учетом конструкции набережных и высотного положения коллектора относительно уровней воды в водном объекте. Подтопление высокими водами низовых участков коллекторов может быть допущено лишь на короткий период времени и без затопления через дождевую сеть пониженных районов населенного места.

При выпуске поверхностных сточных вод в естественные водоемы могут встретиться самые различные случаи сопряжения бьефов (рисунки 2.48–2.54). Конструктивные чертежи выпусков разрабатываются каждый раз для конкретных условий в зависимости от различных местных условий.

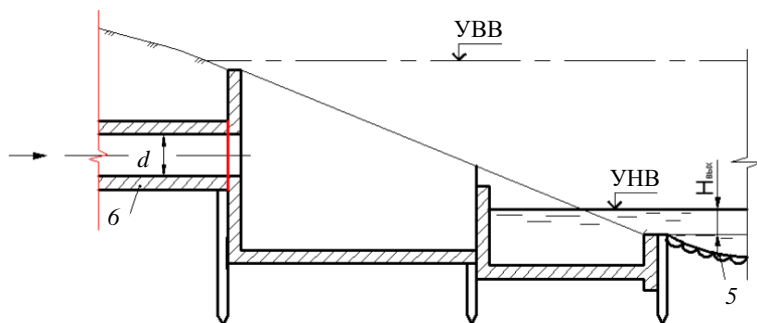


Рисунок 2.48 – Выпуск с перепадом ( $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ )

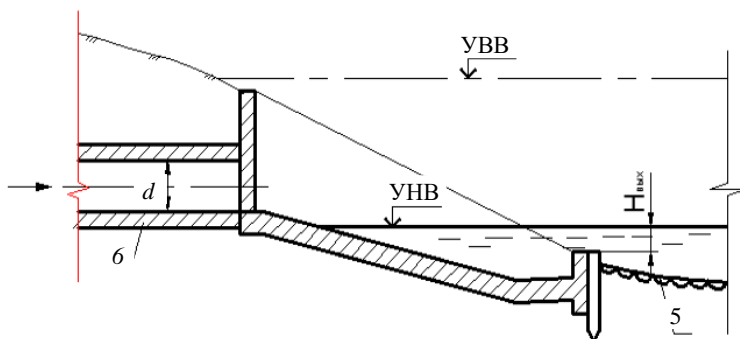


Рисунок 2.49 – Выпуск с быстотоком ( $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ )

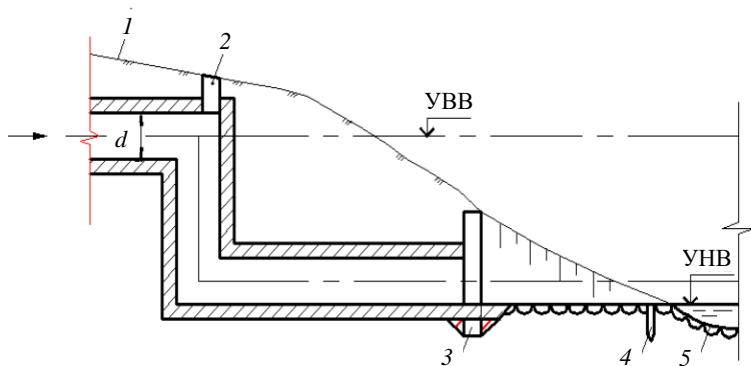


Рисунок 2.50 – Выпуск с канала ( $Q < 10 \text{ м}^3/\text{с}$ )

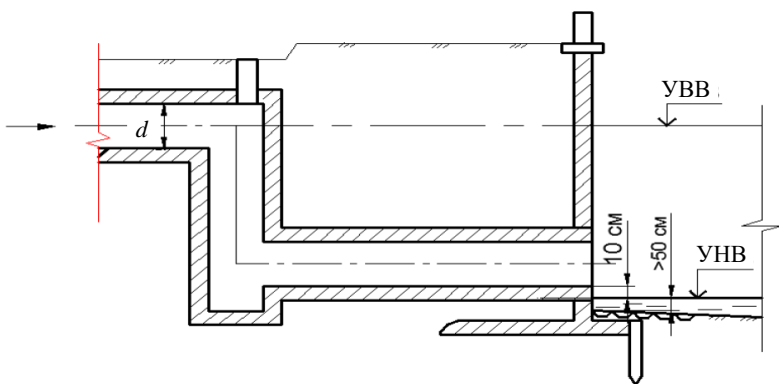


Рисунок 2.51 – Незаотпленный выпуск через подпорные стенки

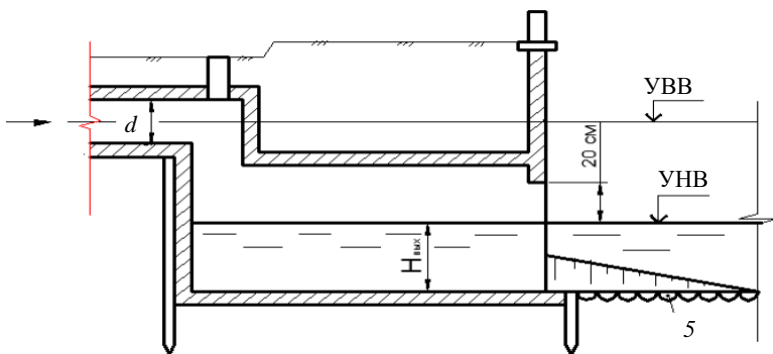


Рисунок 2.52 – Незаотпленный выпуск ( $Q < 10 \text{ м}^3/\text{с}$ )  
через откосные укрепления

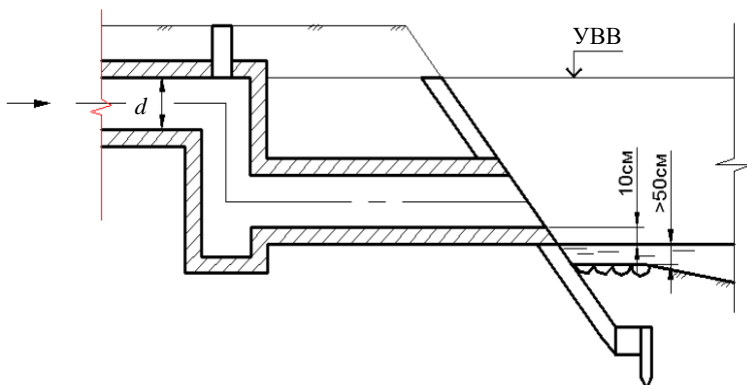


Рисунок 2.53 – Затопленный выпуск ( $Q < 10 \text{ м}^3/\text{с}$ )  
через подпорные стенки

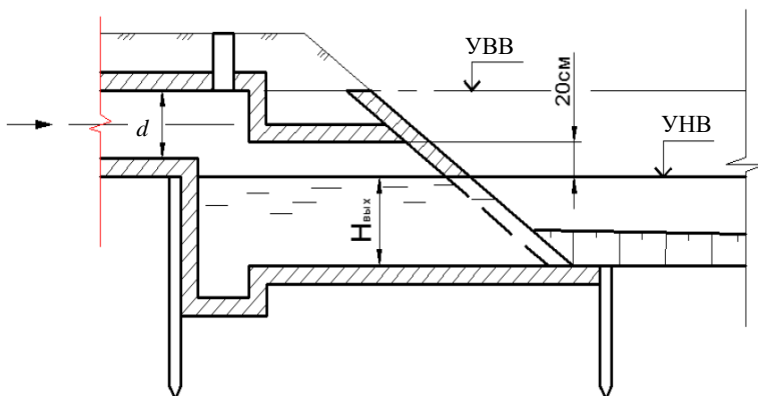


Рисунок 2.54 – Затопленный выпуск ( $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ )  
через откосные укрепления

Возможность выпуска дождевых сточных вод в непроточные водоемы (озера и большие пруды) может быть установлена на основе расчета баланса поступающих в них вод и испарения с поверхности таких водоемов.

## 3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕТЕЙ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Сети дождевой канализации проектируются в самотечном режиме, прокладываются с максимальным использованием существующего уклона поверхности. При возникновении технической необходимости (большое заглублением сети дождевой канализации, сложный рельеф местности и т. д.) допускается перекачка поверхностных сточных вод.

### 3.1 Определение расчетных расходов

#### 3.1.1 Расходы поверхностных сточных вод в коллекторах дождевой канализации

Расходы воды в коллекторах дождевой канализации, л/с, отводящих сточные воды с селитебных территорий и площадок предприятий, определяются методом предельных интенсивностей:

– при *переменном коэффициенте стока*

$$q_r = \frac{Z_{\text{mid}} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}}; \quad (3.1)$$

где  $Z_{\text{mid}}$  – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока (коэффициент покрова);

$A, n$  – параметры дождя;

$F$  – расчетная площадь стока равная всей площади стока или ее части, дающей максимальный расход стока, га;

$t_r$  – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных сточных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин;

– если водонепроницаемые поверхности составляют более 30 % от общей площади водосборного бассейна, что характерно для большинства предприятий и центральных районов городской застройки, расходы дождевых вод в коллекторах дождевой канализации могут определяться при *постоянном коэффициенте стока*

$$q_r = \frac{\Psi_{\text{mid}} A F}{t_r^n}, \quad (3.2)$$

$\Psi_{\text{mid}}$  – средний коэффициент стока.

Если территория имеет уклон поверхности от 0,008 до 0,01 и более в сторону уличных проездов, то в расчетную площадь стока необходимо включить прилегающую к проезду полосу шириной от 50 до 100 м.

Когда площадь стока составляет 500 га и более, в формулы (3.1)–(3.2) вводится поправочный коэффициент  $K$ , учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади, принимаемый по таблице 3.1.

**Таблица 3.1 – Поправочный коэффициент  $K$ , учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади стока**

Площадь стока $F$ , га	500	1000	2000	4000	6000	8000	<b>10000</b>
Коэффициент $K$	0,95	0,90	0,95	0,80	0,70	0,60	<b>0,55</b>

Среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока  $Z_{mid}$ , определяется как средневзвешенное значение в зависимости от коэффициентов, характеризующих поверхность бассейна стока, принимаемых по таблицам 3.2 и 3.3.

Средний коэффициент стока определяется как средневзвешенная величина в зависимости от значений постоянных коэффициентов стока для различных видов поверхности водосбора по таблице 3.2.

**Таблица 3.2 – Значения коэффициентов покрова  $Z_i$  и постоянных коэффициентов стока  $\Psi_i$  для различных видов поверхности стока [11]**

Вид поверхности стока	Коэффициент покрова $Z_i$	Постоянный коэффициент стока $\Psi_i$
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	По таблице 3.2	0,95
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,224	0,6
Булыжные мостовые	0,145	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,090	0,3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064	0,2
Газоны	0,038	0,1

**Таблица 3.3 – Значения коэффициентов покрова  $Z$  для водонепроницаемых поверхностей [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

Территории садов и парков, не оборудованные дождевой закрытой или открытой канализацией, в расчетной площади стока и при определении коэффициента  $Z_{\text{mid}}$  не учитываются.

В расчетную площадь стока **включаются** озелененные площади внутри кварталов (полосы бульваров, газоны и т. п.) и учитываются при определении коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока.

Параметры дождя  $A$  и  $n$  определяются по данным ближайших метеорологических станций. При отсутствии данных параметр  $A$  определяется по формуле

$$A = q_{20} 20^n \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^{1,54}, \quad (3.3)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при  $P = 1$  год (для Республики Беларусь определяется по таблице А.1);

$n$  – показатель степени, определяется в соответствии с таблицей А.2;

$P$  – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя;

$m_r$  – среднее количество дождей за год, принимается по таблице А.3.

Область применения формулы (3.3) ограничивается значениями периода однократного превышения расчётной интенсивности в интервале от 0,33 до 10 лет и продолжительностью дождя от 10 мин до 4–6 часов.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принимается в зависимости от характера объекта канализования, условий расположения коллектора с учетом последствий, которые могут быть вызваны выпадением дождей, превышающих расчетные.

Для территорий промышленных предприятий период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принимается по таблице 3.4, для населенных пунктов – по таблице 3.5 или определяется расчетом в зависимости от условий расположения коллектора, интенсивности дождей, площади бассейна и коэффициента стока по предельному периоду превышения.

При проектировании дождевой канализации у зданий и сооружений, для которых установлены особые требования в части предотвращения затопления (*метро, вокзалы, подземные переходы* и др.), период однократного превышения расчетной интенсивности дождя определяется только расчетом с учетом предельного периода превышения расчетной интенсивности дождя, установленного в таблице 3.6. При этом периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя, определенные этим расчетом, не должны быть менее установленных в таблице 3.6.

**Таблица 3.4 – Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя  $P$  для территорий промышленных предприятий [11]**

Результат кратковременного переполнения сети	Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P$ , лет, при значениях $q_{20}$		
	менее 60	70–100	свыше 100
Технологические процессы предприятия:			
– не нарушаются	0,33–0,5	0,5–1	2
– нарушаются	0,5–1,0	1–2	3–5
<i>Примечания</i>			
1 Для предприятий, расположенных в замкнутой котловине, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя необходимо определять расчетом или принимать равным не менее чем 5 лет.			
2 Для предприятий, поверхностный сток которых может быть загрязнен специфическими загрязнителями с токсичными свойствами или органическими веществами, обуславливающими высокие значения показателей ХПК и БПК <sub>5</sub> (т. е. предприятия второй группы), период однократного превышения расчетной интенсивности дождя следует принимать с учётом экологических последствий подтоплений не менее, чем 1 год.			

**Таблица 3.5 – Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя  $P$  для населенных пунктов [11]**

Условия расположения коллектора		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P$ , годы, при значениях $q_{20}$			
на проездах местного значения	на магистральных улицах	менее 60	60–80	80–120	более 120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33–0,5	0,33–1,0	0,5–1,0	1–2
Неблагоприятные	Средние	0,5–1,0	1,0–1,5	1,0–2,0	2–3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2–3	2–3	3–5	5–10
–	Особо неблагоприятные	3–5	3–5	5–10	10–20
<i>Примечания</i>					
1 Благоприятные условия расположения коллекторов: бассейн площадью не более 150 га имеет плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 0,005 и менее; коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона на расстоянии от водораздела не более 400 м.					
2 Средние условия расположения коллекторов: бассейн площадью свыше 150 га имеет плоский рельеф с уклоном 0,005 м и менее; коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу с уклоном склонов 0,02 м и менее, при этом площадь бассейна не превышает 150 га.					
3 Неблагоприятные условия расположения коллекторов: коллектор проходит в нижней части склона, площадь бассейна превышает 150 га; коллектор проходит по тальвегу с крутыми склонами при среднем уклоне склонов свыше 0,02.					
4 Особо неблагоприятные условия расположения коллекторов: коллектор отводит воду из замкнутого пониженного места (котловины).					

Таблица 3.6 – Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя  $P$  в зависимости от условий расположения коллектора [13]

Характеристика бассейна, обслуживаемого коллектором	Значение предельного периода превышения интенсивности дождя $P$ , лет, в зависимости от условий расположения коллектора			
	благоприятные	средние	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Территории кварталов и проезды местного назначения	10	10	25	50
Магистральные улицы	10	25	50	100

Расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам, мин,

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \quad (3.4)$$

где  $t_{con}$  – продолжительность протекания сточных дождевых вод до уличного лотка или при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин;

$t_{can}$  – продолжительность протекания сточных дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника (при отсутствии их в пределах квартала), мин;

$t_p$  – продолжительность протекания сточных дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения, мин.

Если закрытая дождевая сеть и дождеприёмники расположены внутри кварталов жилой застройки или на территории предприятий, то  $t_{can} = 0$ .

Схемы к определению продолжительности протекания дождевых вод  $t_r$  по поверхности приведены на рисунке 3.1.

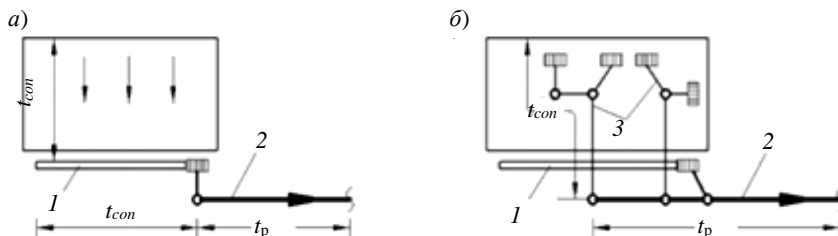


Рисунок 3.1 – Схемы к определению продолжительности протекания дождевых вод  $t_r$  [12]:

$a, б$  – при отсутствии и наличии закрытой внутриквартальной дождевой сети;  
 $1$  – открытый лоток;  $2$  – уличный коллектор;  $3$  – закрытая внутриквартальная канализационная сеть

Время поверхностной концентрации дождевого стока определяется расчётом или принимается в населённых пунктах, при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей, равным 5–10 мин (см. рисунок 3.1, а), при их наличии – равным 3–5 мин (см. рисунок 3.1, б).

При расчёте внутриквартальной канализационной сети время поверхностной концентрации  $t_{con}$  принимается равным 2–3 мин.

При расчёте времени поверхностной концентрации  $t_{con}$  продолжительность протекания дождевых вод по крыше и водосточным трубам принимается 0,5 мин, продолжительность протекания по внутриквартальным лоткам определяется расчётом по формуле (3.5).

Продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам, мин,

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{v_{can}}, \quad (3.5)$$

где  $l_{can}$  – длина участков лотков, м;

$v_{can}$  – расчетная скорость течения на участке, м/с.

Продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассматриваемого сечения, мин,

$$t_p = 0,017 \sum \frac{l_p}{v_p}, \quad (3.6)$$

где  $l_p$  – длина расчетных участков коллектора, м;

$v_p$  – расчетная скорость течения на участке, м/с.

Время добегающего дождевого стока до рассматриваемого сечения коллекторной сети из формулы (3.4), принимаемое равным продолжительности дождя  $t_r$ , как правило, составляет больше 10 мин.

При величине расчётной продолжительности протекания дождевых вод  $t_r$  менее 10 мин, в формулы (3.1), (3.2) необходимо вводить поправочный коэффициент, определяемый по таблице 3.7.

**Таблица 3.7 – Определение коэффициента, учитывающего снижение расхода при расчетной продолжительности протекания дождевых вод менее 10 мин в зависимости от продолжительности дождя [13]**

Расчетная продолжительность дождя $t_r$ , мин	≤ 5	5–7	7–8	8–9
Коэффициент $k$	0,8	0,9	0,93	0,96

Расчетный расход дождевых вод для гидравлического расчета сетей дождевой канализации, л/с,

$$q_{cal} = \beta q_r, \quad (3.7)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий заполнение сети в момент возникновения напорного режима, определяется по таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Значения коэффициента  $\beta$

Показатель степени $n$	Значение коэффициента $\beta$
До 0,6 включ.	0,70
От 0,7 включ.	0,65
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 При уклонах местности от 0,01 до 0,03 указанные значения коэффициента <math>\beta</math> следует увеличивать от 10 до 15 % и при уклонах местности свыше 0,03 принимать равными единице.</p> <p>2 Если общее число участков на дождевом коллекторе или на притоке менее 10, то значение <math>\beta</math> при всех уклонах допускается уменьшать на 10 % при числе участков от 4 до 10 и на 15 % при числе участков менее 4.</p>	

При расчете стока с бассейнов площадью свыше 50 га с разным характером застройки или с резко отличающимися уклонами поверхности земли необходимо производить проверочные определения расходов дождевых вод с разных частей бассейна и наибольший из полученных расходов принимать за расчетный.

Если величина расчетного расхода дождевых вод с данной части бассейна меньше расхода, по которому рассчитан коллектор на вышележащем участке, необходимо расчетный расход для данного участка коллектора принимать равным расходу на вышележащем участке.

При большом заглублении начальных участков коллекторов дождевой канализации необходимо учитывать увеличение их пропускной способности за счет напора, создаваемого подъемом уровня воды в колодцах.

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 сетей во внимание не принимаются.

Расчётный расход притока инфильтрационных вод в коллектор дождевой канализации в сухую погоду при известном удельном притоке инфильтрационных вод, л/с,

$$Q_{\text{инф}} = qF, \quad (3.8)$$

где  $q$  – удельный приток дренажных (инфильтрационных) вод, л/(с·га);

$F$  – площадь стока коллектора, га.

### 3.1.2 Расчетные расходы сточных вод в коллекторах полураздельной системы канализации

Расчетный расход смеси сточных вод в коллекторах полураздельной системы канализации, л/с,

$$q_{\text{mix}} = q_{\text{cit}} + \sum q_{\text{lim}}, \quad (3.9)$$

где  $q_{\text{cit}}$  – максимальный расчетный расход производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод с учетом коэффициента неравномерности, л/с;

$\sum q_{\text{lim}}$  – максимальный, направляемый на очистку расход дождевых сточных вод, равный сумме предельных расходов дождевых вод  $q_{\text{lim}}$ , подаваемых в коллектор от каждой разделительной камеры, расположенной до рассчитываемого участка, л/с.

Расход дождевых сточных вод от предельного дождя  $q_{\text{lim}}$ , л/с, определяется для периода однократного превышения интенсивности предельного дождя  $0,05 \leq P_{\text{lim}} \leq 0,1$  года. Метеорологические параметры принимаются для дождей частой повторяемости, значение коэффициента  $\beta = 1$ .

Предельный расход дождевых вод, подаваемый в коллектор полураздельной системы канализации от разделительной камеры, л/с,

$$q_{\text{lim}} = K_{\text{div}} q_r, \quad (3.10)$$

где  $K_{\text{div}}$  – коэффициент, показывающий часть расхода дождевых вод, направляемую в коллектор;

$q_r$  – расход дождевых вод, подходящих к разделительной камере, определяется по формуле (3.1).

Коэффициент разделения  $K_{\text{div}}$  определяется по таблице 3.9 в зависимости от отношения

$$K'_{\text{div}} = \Psi \frac{\lg(m_r P_{\text{lim}})}{\lg(m_r P_{\text{cal}})}, \quad (3.11)$$

где  $m_r$  – среднее количество дождей за год, принимается по таблице А.3;

$P_{\text{cal}}$  – период однократного превышения расчетной интенсивности, принимается для населенных пунктов по таблице 3.5, для территорий промышленных предприятий – по таблице 3.4.

Коллекторы дождевой (раздельной) и полураздельной системы канализации рассчитываются на пропуск расходов при полном их заполнении.

Участки коллекторов полураздельной системы канализации, где расход хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод  $q_{\text{cit}}$  превышает 10 л/с, необходимо проверять на пропуск этого расхода. Наименьшие скорости принимаются по таблице 3.12.

Таблица 3.9 – Определение коэффициента  $K_{div}$

Показатель степени $n_{lim}$	Значения коэффициента $K_{div}$ при $K'_{div}$									
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,75	0,02	0,04	0,07	0,1	0,15	0,19	0,24	0,3	0,36	0,42
0,5	0,025	0,05	0,08	0,12	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,43
0,3	0,03	0,06	0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,32	0,38	0,43

*Примечание* – Значения  $K_{div}$  справедливы для продолжительности протока  $t_r$ , равной 20 мин, а также разности показателей степени в формуле (3.1)  $n - n_{lim} = 0$  при любой продолжительности протока. В тех случаях, когда расчетная продолжительность протока до разделительной камеры  $t_r \neq 20$  мин и разность показателей степени  $n \neq 0$ , к значению коэффициента разделения, принятому по таблице 3.9, необходимо вводить поправочный коэффициент, определяемый по таблице 3.10, в зависимости от продолжительности потока до разделительной камеры и разности показателей степени  $n$ .

Таблица 3.10 – Значения поправочного коэффициента к коэффициенту разделения

Разность показателей степени $n - n_{lim}$	Продолжительность протока $t_r$ , мин				
	10	30	60	90	120
0,03 и менее	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
0,07	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2
0,15	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3
0,20	0,8	1,1	1,4	1,6	1,7
0,30	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1

## 3.2 Гидравлический расчет сети дождевой канализации

Гидравлический расчет дождевой канализационной сети сводится к определению размеров поперечного сечения трубопроводов и каналов, уклонов и средних скоростей течения при пропуске расчетных расходов дождевых сточных вод.

Расходы дождевых сточных вод определяются по методу предельных интенсивностей. На основании данного метода условно считается, что время протекания дождевых сточных вод от диктующей точки до рассматриваемого сечения равно критической продолжительности дождя, соответствующей максимальному расходу стока.

### 3.2.1 Минимальные диаметры и уклоны, допустимые скорости и наполнения трубопроводов

При расчете сетей дождевой канализации должны соблюдаться допустимые уклоны и скорости течения дождевых сточных вод.

Минимальные диаметры условного прохода труб безнапорных сетей дождевой канализации приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Минимальные диаметры условного прохода труб безнапорных сетей

В миллиметрах

Сеть	Материал труб	
	полимерные	другие
Внутриквартальная дождевая и общесплавная уличная сеть	200	200
Дождевая и общесплавная уличная сеть	250	250

Для создания нормальных условий работы канализационные сети прокладываются с определенными уклонами, обеспечивающими течение сточных вод с самоочищающимися скоростями. Скорость течения возрастает с увеличением уклона и гидравлического радиуса.

В безнапорных сетях дождевой канализации минимальные скорости принимаются по таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Минимальная расчетная скорость движения в безнапорных сетях дождевой канализации [13]

Диаметр условного прохода труб, мм	Минимальная расчетная скорость, м/с
До 200	0,70
300	0,80
400	0,80
500	0,90
600	1,00
800	1,00
1000	1,15
1200	1,20
1400	1,3
2000 и более	1,5

Максимальная расчетная скорость движения сточных вод в сетях дождевой канализации из металлических труб составляет не более 10 м/с, для неметаллических – не более 7 м/с.

Общесплавная и дождевая канализационные сети рассчитываются на **полное** наполнение при максимальной интенсивности дождя.

В соответствии с СН [13] для трубопроводов диаметром условного прохода от 140 до 150 мм включительно минимальный уклон должен составлять не менее 0,008, для труб диаметром от 150 до 200 мм – не менее 0,007. При обосновании для отдельных участков сети допускается принимать соответственно уклоны 0,007 и 0,005.

Для приближенных расчетов на практике можно воспользоваться формулой, предложенной С. В. Яковлевым,

$$i_{\min} = \frac{1}{d}, \quad (3.12)$$

где  $d$  – диаметр трубопровода, мм.

Уклон присоединения от дождеприемников принимается 0,02.

Минимальная ширина по дну кюветов и каналов трапециевидального сечения должна составлять не менее 0,3 м, глубина в начале канала и кювета – 0,2 м.

### 3.2.2 Гидравлический расчет

Подготовка к гидравлическому расчету дождевой сети производится в следующем порядке:

1 Производится трассировка сети, определяются площади стока и составляется ведомость площадей (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Ведомость площадей

Номер участка	Площадь, тяготеющая к данному участку		Площадь притока		Общая площадь, га
	обозначение	$F$ , га	обозначение	$F$ , га	

2 Определяется среднее значение коэффициент стока  $Z_{\text{mid}}$  с учетом доли каждого вида покрытия.

Для рассчитываемого коллектора величина  $Z_{\text{mid}}$  является постоянной, так как большая часть поверхности площади стока представлена водонепроницаемыми поверхностями (кровли, мостовые).

Среднее значение коэффициента стока  $Z_{\text{mid}}$  рассчитывается как средневзвешенная величина в зависимости от коэффициентов  $Z_i$ , характеризующих поверхность:

$$Z_{\text{mid}} = \frac{\sum Z_i F_i}{\sum F_i}, \quad (3.13)$$

где  $Z_i$  – коэффициент стока, определяется с учетом рекомендаций подразд. 3.1.1 по таблицам 3.2, 3.3;

$F_i$  – площадь поверхности, га.

3 Определяется значение параметра  $A$  (формула 3.3), при этом данный параметр может быть определен один раз в целом для всего бассейна стока или несколько раз, если условия расположения проектируемого коллектора по участкам дождевой сети различны.

В случае определения нескольких значений параметра  $A$  результаты расчета сводятся в таблицу 3.14.

Таблица 3.14 – Определение параметра  $A$

Номер участка	Уклон поверхности земли	Площадь бассейна стока	Условия расположения коллектора	$q_{20}$	$P$	$m_r$	$n$	$\gamma$	$A$

4 Для удобства проведения расчетов по определению расходов дождевых сточных вод вводится понятие удельного стока дождевых вод.

Удельный сток с единицы поверхности площади, л/(с·га),

$$q_0 = \frac{Z_{\text{mid}} A^{1,2}}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (3.14)$$

где  $Z_{\text{mid}}$  – среднее значение коэффициента стока;

$A, n$  – параметры дождя;

$t_r$  – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных сточных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин.

Удельный сток зависит от расчетной продолжительности дождя  $q_0 = f(t_r)$ .

Задавая разные значения критической продолжительности дождя  $t_r$  (5; 10; 15; ...; 60 мин), по формуле (3.14) определяется величина удельного  $q_0$ , результаты расчетов сводятся в таблицу 3.15 и строится график  $q_0 = f(t_r)$ . Пример графика  $q_0 = f(t_r)$  приведен на рисунке 3.2.

Таблица 3.15 – Расчет удельного стока

$t_r$ , мин	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$q_0$ , л/(с·га)												

Если для проектируемого объекта возможно изменение величин  $P$  и  $Z_{\text{mid}}$ , то следует строить несколько графиков удельного стока.

Гидравлический расчет ведется в форме таблицы 3.16 в следующем порядке:

1 Графы 1–3 заполняются в соответствии с данными генплана и таблицы 3.13.

2 Предварительные скорости течения (графа 4) принимаются в зависимости от уклона местности с учетом рекомендуемых значений в таблице 3.12. На начальных участках предварительную скорость рекомендуется принимать не менее 0,7–0,8 м/с, на последующих участках она должна возрастать.

3 Продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения  $t_p$ , мин (графа 5), определяется по формуле (3.6).

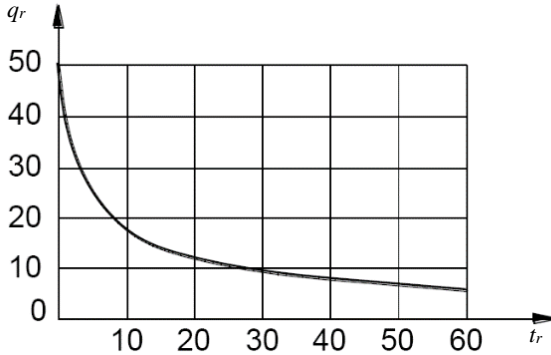


Рисунок 3.2 – Пример графика зависимости  $q_r = f(t_r)$

Таблица 3.16 – Ведомость гидравлического расчета канализационной сети

Номер участка	Длина участка, м	Площадь стока, га	Предварительная скорость, м/с	Время, мин		$q_0$ , л/(с·га)	$q_r$ , л/с	$\beta$	$q_{cal}$ , л/с	Диаметр $d$ , мм	Уклон $i$	Пропускная способность, л/с	$h/d$	Расчетная скорость, м/с	Падение уклона $h_i$ , м
				$t_p$	$t_r$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Продолжение таблицы 3.16

Отметки, м						Глубина заложения, м		Уклон поверхности земли
поверхности земли		лотка трубы		шельги				
ВН	ВК	ВН	ВК	ВН	ВК	ВН	ВК	
17	18	19	20	21	22	23	24	25

Расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам  $t_r$ , мин (графа 6), определяется по формуле (3.4).

Общее время протекания дождевых вод по последующим участкам равно сумме общего времени протекания дождевых вод на предыдущем участке и времени протекания дождевых вод по данному участку.

4 Удельный сток дождевых вод  $q_0$  для расчетного участка сети (графа 7) находится в зависимости от полученного общего времени протекания дождевых вод  $t_r$  по предварительно построенному графику  $q_0 = f(t_r)$ .

5 Расход дождевых вод, л/с (графа 8), определяется по формуле

$$q_r = q_0 F, \quad (3.15)$$

где  $q_0$  – удельный сток, л/(с·га);

$F$  – расчетная площадь стока, га.

6 Коэффициент, учитывающий заполнение сети в момент возникновения напорного режима,  $\beta$  (графа 9) определяется по таблице 3.8.

7 Расчетный расход дождевых вод  $q_{cal}$  (графа 10) находится по формуле (3.7).

8 По расчетному расходу по таблицам Лукиных [8] подбираются диаметр (графа 11) и уклон трубопровода (графа 12) при полном его заполнении (графа 14) с учетом предварительно заданной скорости и уклона поверхности земли.

Если уклон поверхности земли равен или меньше минимального уклона трубопровода, то трубопровод проектируется с минимальным уклоном. Если уклон поверхности земли больше минимального уклона трубопровода, то трубопровод проектируется с уклоном, равным уклону поверхности земли.

В начале расчета не известен диаметр трубопровода, а следовательно, и минимальный его уклон, поэтому гидравлический расчет производится методом подбора.

9 Проверяется допустимое отклонение ( $\pm 10\%$ ) пропускной способности подобранного трубопровода (графа 13) от расчетного расхода дождевых вод  $q_{cal}$  (графа 10). При большом расхождении принимается другая величина скорости, определяется расчетный расход и вновь подбирается диаметр.

10 Расчетная скорость движения дождевых вод (графа 15) определяется в зависимости от принятого диаметра трубопровода и его пропускной способности.

11 Потери напора (графа 16), м, определяются по формуле

$$\Delta h = il. \quad (3.16)$$

При выполнении гидравлического расчета необходимо учитывать следующее:

– если расчетный расход на участке получился меньше, чем расчетный расход на предыдущем участке, то на данном участке принимается тот же расход, что и на предыдущем;

– предварительно назначенные, а следовательно, и расчетные скорости должны возрастать по направлению движения дождевых вод.

### 3.2.3 Определение отметок

После гидравлического расчета сети производится расчет отметок поверхности земли, лотков, шельги трубы, а также начального заложения уличного коллектора и глубины заложения трубы на всех расчетных участках.

Соединение труб дождевой сети в колодцах предусматривается по шельгам (рисунок 3.3).

При расчете сети каждый участок имеет два узла: в начале (ВН) и в конце (ВК). Результаты расчета заносятся в графы 16–23 (см. таблицу 3.16).

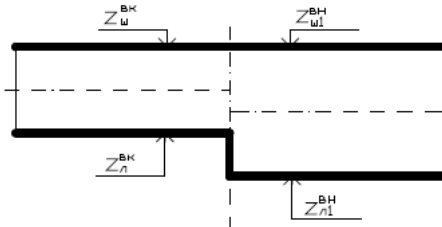


Рисунок 3.3 – Схема соединения труб в колодце:

$Z_{ш}^{ВК}$  – отметка шельги трубы в конце предыдущего участка;  $Z_{ш}^{ВН}$  – отметка шельги трубы в начале предыдущего участка;  $Z_{л}^{ВК}$  – отметка лотка трубы в конце предыдущего участка;  $Z_{л}^{ВН}$  – отметка лотка трубы в начале предыдущего участка

*Расчет отметок выполняется в следующей последовательности:*

1 По генплану методом интерполяции определяются отметки поверхности земли в начале и в конце участков дождевой сети.

2 Первоначальное заложение уличной сети, м, определяется по формуле

$$H_{нач} = h_{вып} + il + (d - d_1), \quad (3.17)$$

где  $h_{вып}$  – глубина дождеприемника в месте присоединения соединительной ветви, которая назначается в зависимости от глубины промерзания, но не менее 1,0 м;

$i$  – уклон соединительной ветви, принимается равным 0,02;

$l$  – длина соединительной ветви, принимается не более 40 м;

$d$  – диаметр коллектора начального участка уличной сети, мм;

$d_1$  – диаметр соединительной ветви, принимается не менее 200 мм.

3 Отметка шельги в начале любого участка, м,

$$Z_{ш}^{ВН} = Z_{п.з}^{ВН} - H_{нач}, \quad (3.18)$$

где  $Z_{п.з}^{ВН}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

$H_{нач}$  – начальная глубина заложения трубы, м.

4 Отметка шельги в конце любого участка, м,

$$Z_{ш}^{ВК} = Z_{ш}^{ВН} - h_l, \quad (3.19)$$

где  $h_l$  – потери по длине, м.

Отметка шельги в начале последующего участка принимается равной отметке шельги в конце предыдущего участка, и расчет продолжается в той же последовательности.

Отметка лотка трубы, м,

$$Z_{л} = Z_{ш} - d, \quad (3.20)$$

где  $d$  – диаметр трубопровода на данном участке, м.

Глубина заложения трубопроводов на всех участках, м,

$$H = Z_{п.з} - Z_{л}. \quad (3.21)$$

Необходимо учитывать условие минимально допустимого заложения трубопровода. Если оно не выполняется, то необходимо увеличить уклон и расчет производится повторно, или необходимо предусмотреть перепад в колодце.

По результатам гидравлического расчета строится продольный профиль дождевого коллектора (рисунок 3.4).

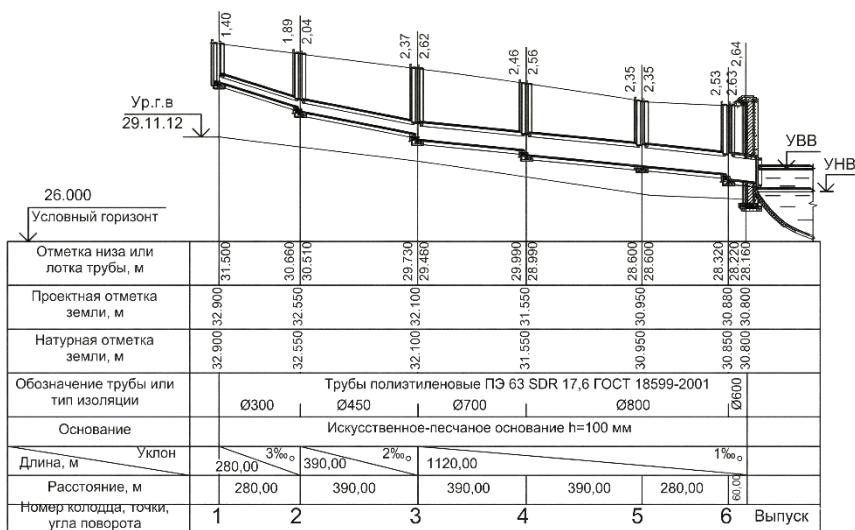


Рисунок 3.4 – Продольный профиль коллектора дождевой канализационной сети

## **4 ОЧИСТКА ДОЖДЕВЫХ И ТАЛЫХ СТОЧНЫХ ВОД С УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Значительные колебания загрязняющих веществ и их разнообразие в составе поверхностных сточных вод требуют индивидуального подхода к разработке технологических схем очистки данной категории сточных вод.

При проектировании и строительстве очистных сооружений дождевой канализации необходимо учитывать следующие факторы:

- эпизодичность выпадения атмосферных осадков;
- интенсивность процессов снеготаяния;
- изменение во времени расходов воды и концентраций загрязняющих веществ;
- функциональное назначение и степень благоустройства территории города.

### **4.1 Характеристика загрязненности поверхностных сточных вод**

#### **4.1.1 Показатели, характеризующие загрязненность поверхностных сточных вод**

До недавнего времени поверхностные сточные воды относили к категории условно чистых вод, и влияние их на качество поверхностных водных источников практически не учитывалось. Наблюдения последних лет показали, что поверхностные сточные воды с селитебных территорий и площадок промышленных предприятий являются одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения.

Атмосферные осадки загрязняются, проходя приземные слои воздуха, где растворяют газы, захватывают пылевидные частицы. Однако главным образом дождевые и талые сточные воды загрязняются в процессе поверхностного стока, смывая с поверхности различного рода загрязнения.

Основными загрязняющими компонентами, влияющими на качественный состав поверхностного стока, формирующегося на селитебных территориях, являются:

- плавающий мусор (листья, ветки, бумажные и пластмассовые упаковки, пробки, тряпье и пр.);
- взвешенные вещества (пыль, частицы грунта, характер которых определяется, как правило, составом грунтов района);

- нефтепродукты (автомасла, топливо автотранспорта);
- биогенные вещества (соединения азота, фосфора, углерода);
- соли (в основном хлориды, применяемые для борьбы с гололедом в зимний период);
- микробиологическое загрязнение;
- химические вещества и тяжелые металлы, состав которых определяется составом атмосферного воздуха в районе, наличием и профилем промышленных предприятий и междождевым периодом.

Одним из факторов, оказывающих влияние на загрязненность поверхностных сточных вод с территорий городов и промышленных площадок, является поступление загрязняющих веществ с атмосферными осадками в результате захвата каплями дождя или хлопьями снега в приземных слоях атмосферы частиц пыли, неосевших аэрозолей и продуктов выхлопных газов, выбросов загрязняющих веществ от различных источников.

Специфические загрязняющие компоненты выносятся поверхностным стоком, как правило, с площадок промышленных предприятий или попадают в него из приземной атмосферы.

*Загрязняющие вещества, присутствующие в поверхностных сточных водах селитебных территорий:*

1) минеральные и органические примеси естественного происхождения, образующиеся в результате адсорбции газов из атмосферы и эрозии почвы, – грубодисперсные примеси (частицы песка, глины, гумуса), а также растворенные органические и минеральные вещества;

2) вещества техногенного происхождения в различном фазово-дисперсном состоянии – нефтепродукты, вымываемые компоненты дорожных покрытий, соединения тяжелых металлов, СПАВ и другие компоненты, перечень которых зависит от профиля предприятий местной промышленности;

3) бактериальные загрязнения, поступающие в водосток при плохом санитарно-техническом состоянии территории и канализационных сетей.

Характерным загрязнителем поверхностных сточных вод являются **взвешенные вещества**, большая часть которых имеет минеральное происхождение. По гранулометрическому составу взвесь характеризуется преобладанием мелкодисперсных частиц. При механической уборке городских территорий удаляются в основном крупные фракции.

В составе поверхностных сточных вод содержится значительное количество частиц с гидравлической крупностью более 0,2 мм/с. Частицы с гидравлической крупностью более 0,2–0,4 мм/с составляют около 40 % от общего количества взвеси. При отстаивании они выпадают в осадок в течение первых 15–20 мин.

Основное число частиц имеют малую гидравлическую крупность. При отстаивании в течение 30 мин эффект осветления составляет 50 %, а при

2-часовом отстаивании – не превышает 70 %. После 6-суточного отстаивания в пробе остается 50–150 мг/л взвеси.

На долю летучей части твердой фазы приходится около 20–30 % общей массы взвешенных веществ, присутствующих в поверхностном стоке.

*Источниками загрязнения* поверхностных сточных вод взвешенными веществами являются пыль, аэрозоли, компоненты топлива и атмосферных промышленных выбросов, продукты разрушения дорожных покрытий и эрозии почвы, бытовой мусор, растительные остатки и т. п. Кроме того, много взвешенных веществ остается после зимней обработки дорог песчано-солевыми смесями.

Продукты разрушения дорожных покрытий составляют 40–50 г/м<sup>2</sup> в год, что соответствует концентрации 15–30 мг/л. Взвешенные вещества, образующиеся главным образом из продуктов эрозии почвы газонов и открытых грунтовых покрытий, определяют в основном минеральный состав твердой фазы стока. Загрязненность дождевых и талых вод зависит от санитарного состояния территорий (качества уборки дворов, улиц), интенсивности движения, технического состояния транспорта и др.

**Органические вещества** в поверхностном стоке представлены в твердом и растворенном виде, причем большая их часть в сток поступает с твердыми частицами. Основными источниками загрязнения поверхностных сточных вод органическими веществами являются оседающие аэрозоли, продукты неполного сгорания топлива, нефтепродукты и вещества, вымываемые из почвы.

**Органические вещества** в поверхностном стоке содержатся в растворенном и нерастворенном состоянии. Растворенные органические соединения составляют до 25 % от общего количества растворенных веществ.

Около 50 % содержащихся в поверхностных сточных водах солей – органического происхождения. На долю суспензионных примесей приходится около 90 % общего количества окисляющихся веществ, присутствующих в поверхностном стоке.

**Содержание растворенных веществ** в поверхностных сточных водах выше, чем в бытовых. По сравнению с хозяйственно-бытовыми сточными водами дождевой сток менее жесткий.

**Скорость окисления органических загрязнений** в поверхностном стоке несколько ниже, чем в хозяйственно-бытовых сточных водах. Полное биохимическое окисление достигается через 25–30 суток. Соотношение БПК<sub>20</sub>/БПК<sub>5</sub> в среднем составляет 2,2–3,0. Отмечены колебания БПК<sub>5</sub> дождевого стока по сезонам года. Максимальные концентрации наблюдаются в теплые летние месяцы (июнь – август), в весенний период БПК<sub>5</sub> на 10–20 % ниже, а осенью (сентябрь – ноябрь) наблюдается снижение БПК<sub>5</sub> почти в 2 раза.

**Химическое потребление кислорода** взвесями поверхностного стока составляет 0,3–0,5 мг/мг. Скорость окисления органических веществ в поверхностном стоке несколько ниже, чем в хозяйственно-бытовых сточных водах.

Источники загрязнения поверхностного стока **нефтепродуктами** являются случайными. Концентрация нефтепродуктов в дождевом стоке составляет около 20–25 мг/л при общем диапазоне изменения этого показателя 7–100 мг/л. Нефтепродукты на поверхность автодорог поступают с протечками топлива, моторного масла, трансмиссионного масла, смазочных материалов из различных систем автомобиля. При протечках на поверхности автодороги поступают отдельные капли нефтепродуктов, частота падения и объем которых зависит от изношенности двигателя, тщательности и правильности его эксплуатации, а также других причин. Скорость поступления нефтепродуктов на дорогу в результате таких утечек из одной автомашины составляет от долей миллиграмма до нескольких миллиграмм в секунду. Тем не менее практически все исследования поверхностных сточных вод свидетельствуют о содержании нефтепродуктов в долевых и талых сточных водах в различных количествах.

В составе поверхностных сточных вод могут содержаться **биогенные элементы**. Содержание в поверхностном стоке биогенных солей азота составляет порядка 5–6 мг/л, а фосфора – около 1 мг/л. Порядка 50 % общего азота присутствует в аммонийной форме, 30 % – в составе органических соединений и 20 % – в виде нитратов и нитритов.

Талые воды отличаются высоким содержанием **хлоридов** из-за использования поваренной соли для борьбы с гололедом.

В составе поверхностных сточных вод могут быть **специфические примеси**, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями. В связи с выбросами в атмосферу двуокиси серы (серного ангидрида) и окислов серы происходит выпадение кислых дождей с показателем кислотности  $pH \leq 4,5$ . В умеренных и высоких широтах такие дожди причиняют растительности существенный ущерб.

По **числу бактерий кишечной группы** в единице объема отдельные пробы дождевых вод соответствуют хозяйственно-бытовым сточным водам, в среднем этот показатель в 10–100 раз ниже, чем в бытовых. Талый сток более загрязнен кишечными инфекциями, в дождевом стоке максимальное количество микроорганизмов наблюдалось в пробах летних дождей в дневное время. Наиболее неблагоприятными по бактериальной загрязненности являются территории рынков, неблагоустроенные двory, пониженные участки города, периодически подвергающиеся затоплению дождевыми и тальми водами. Источниками загрязнения стока микроорганизмами являются домашние животные и загрязненный грунт. В целом по составу микрофлоры поверхностный сток аналогичен среднезагрязненной почве.

Содержание **свинца** в поверхностных сточных водах с селитебных территорий связано в основном с эксплуатацией автотранспортных средств.

Специфические загрязняющие компоненты в составе поверхностного стока с селитебных территорий, которые подлежат удалению в процессе очистки (например, СПАВ, соли тяжелых металлов, биогенные элементы),

являются, как правило, результатом техногенного загрязнения или неудовлетворительного санитарно-технического состояния поверхности водосбора. Поэтому их следует включать в перечень приоритетных показателей только по данным натурных исследований после изучения причин, обуславливающих их присутствие.

#### **4.1.2 Качественный состав дождевых, талых и поливомоечных сточных вод с селитебной территории**

На качественный состав дождевых и талых сточных вод в значительной степени оказывают влияние различные факторы, которые можно объединить в следующие группы:

- 1) климатические условия;
- 2) санитарное состояние водосбора;
- 3) скорость и степень смыва накопленных загрязнений.

К *климатическим характеристикам местности* относятся: интенсивность и продолжительность дождя, количество осадков, количество дней сухой погоды, продолжительность таяния снега.

*Состояние бассейна водосбора* характеризуется уровнем благоустройства, степенью загрязнения территории и атмосферы, интенсивностью движения транспорта, наличием промышленных предприятий и технологическими процессами производства на них.

*Скорость и степень смыва накопленных загрязнений* определяются гидродинамическими условиями на поверхности водосбора и в сети дождевой канализации, т. е. транспортирующей способностью формирующихся в бассейне водосбора потоков воды, в свою очередь зависящей от уклона местности и характера поверхности водосбора.

В формировании поверхностного стока выделяют два периода:

- зимне-весенний (с ноября по март);
- летне-осенний (с апреля по октябрь).

Деление по периодам обусловлено характером формирования стока. В зимне-весенний период формирование стока происходит главным образом за счет талых вод (*талые сточные воды*), в летне-осенний – за счет дождевых осадков (*дождевые сточные воды*).

Талые сточные воды в зимне-осенний период наиболее загрязнены взвешенными веществами, нефтепродуктами, хлоридами. В среднем превышения концентраций в талых сточных водах над дождевыми составляют 1,5–6,8 раза.

Повышенные концентрации в талых сточных водах обусловлены накоплением загрязнений в период формирования устойчивого снежного покрова, использованием песка и противогололедных реагентов для борьбы с льдообразованием в зимний период, что также влияет на увеличение концентрации хлоридов в талых сточных водах.

Максимальные концентрации БПК<sub>5</sub> отмечаются в пробах, отобранных в летние месяцы (июнь – август), а в осенний период снижаются в среднем в 2 раза. В период весеннего снеготаяния отличие концентраций БПК<sub>5</sub> от летнего периода незначительно (ниже на 10–20 %).

Максимальные концентрации азота аммонийного в поверхностных сточных водах наблюдаются в летние месяцы. Превышение концентраций в теплый период над холодным в среднем составляет 1,5–2,5 раза.

Концентрация загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах с территорий **различных функциональных зон** (зеленая, жилая, транспортная, территории, прилегающие к промышленным предприятиям) изменяются в широких пределах. Наименее загрязненными являются поверхностные сточные воды с территорий индивидуальной жилой застройки, газонов и зеленых насаждений. Наиболее загрязненными являются поверхностные сточные воды с транспортной зоны и территорий, прилегающих к промышленным предприятиям.

Существенной особенностью поверхностных сточных вод является эпизодичность появления, резкая неравномерность распределения концентраций загрязняющих веществ по ходу стока в зависимости от интенсивности и длительности дождей (продолжительности таяния снега и льда) и других факторов.

При оценке качества дождевых сточных вод необходимо иметь сведения о содержании в них примесей в течение всей продолжительности дождя. Качественный анализ дождевого стока на основе единичных проб может дать ошибочное представление об их загрязненности.

Концентрации загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод значительно меняются в зависимости от интенсивности и длительности дождей, таяния снега и льда и других факторов.

Результаты исследований, направленных на изучение динамики загрязненности поверхностных сточных вод по времени формирования, свидетельствуют о снижении концентраций загрязняющих веществ к концу дождя. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ относятся к начальной фазе формирования поверхностного стока (рисунки 4.1, 4.2).

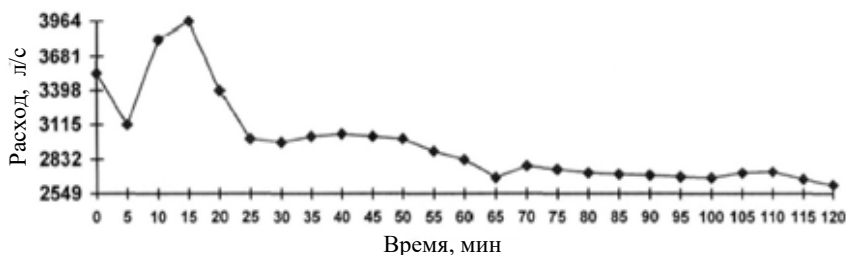


Рисунок 4.1 – Изменение расхода дождевых сточных вод

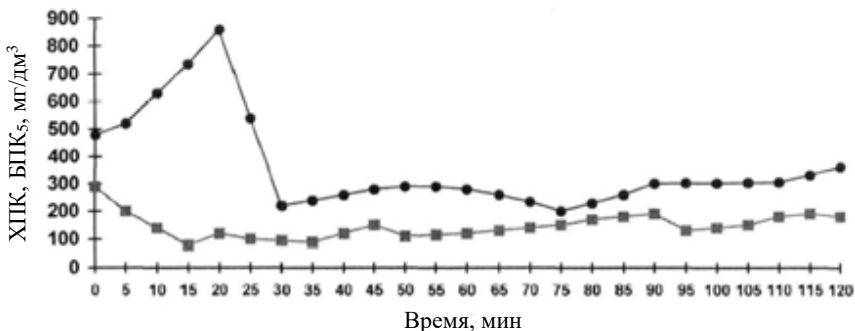


Рисунок 4.2 – Изменение концентраций ХПК и БПК<sub>5</sub> в дождевых сточных водах по ходу дождя

В первые 10–20 мин стока содержание примесей значительно выше в дожде, характеризующемся большей интенсивностью. При длительных, но не интенсивных дождях концентрация загрязнений почти не изменяется во времени, а при интенсивных и коротких – дождевые сточные воды в первые 10–20 мин после начала дождя загрязнены в 2–8 раз больше, чем последующий сток.

Отношение концентраций в первых пробах дождевых сточных вод к последним составляют:

- при малоинтенсивных дождях (до 10 л/с·га за 20 мин): по взвешенным веществам – 1,4–3,1 (в среднем – 2,0), по БПК<sub>5</sub> – 1,0–1,5 (в среднем 1,3);
- при интенсивных дождях (44 л/с·га и более за 20 мин) – 7,8 и 5,7 соответственно по взвешенным веществам и БПК<sub>5</sub>.

Многие ученые в исследованиях динамики загрязненности поверхностных сточных вод привязываются к времени выпадения осадков, другие – к интенсивности, но совместного учета вышеупомянутых факторов формирования дождевых сточных вод не отмечено.

Диапазоны изменения средних концентраций загрязняющих веществ находятся в широких пределах. Многообразие факторов, влияющих на санитарное состояние городских водосборов, и сложность выявления четких закономерностей влияния какого-либо из них на качество поверхностных сточных вод (вследствие одновременности действия всех факторов) привело к необходимости определения зависимости уровня загрязненности поверхностных сточных вод с урбанизированной территории от двух-трех основных показателей, характеризующих бассейн водосбора (уровень благоустройства, наличие промышленных предприятий).

Концентрации загрязняющих веществ в составе дождевых и талых сточных вод для районов с различной степенью благоустройства приведены в таблице 4.1.

**Таблица 4.1 – Характеристика поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий**

Площадь стока	Дождевой сток, мг/дм <sup>3</sup>				Талый сток, мг/дм <sup>3</sup>			
	взвешенные вещества	БПК <sub>20</sub>	ХПК	нефтепродукты	взвешенные вещества	БПК <sub>20</sub>	ХПК	нефтепродукты
Селитебная территория с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	400	40	300	8	2000	70	700	20
Современная жилая застройка	650	60	480	12	2500	100	1000	20
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	800	610	20	3000	120	1200	25
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	2000	90	650	18	4000	150	1500	25
Кровли зданий и сооружений	< 20	<10	<80	0,01–0,7	< 20	<10	<100	0,01–0,7
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки, газоны и зеленые насаждения	300	60	400	<1	1500	100	1000	<1

В формировании качества поверхностных сточных вод существуют две фазы, причем первая фаза характеризуется максимальными значениями концентраций загрязняющих веществ и смывом наибольшего количества загрязнений, а вторая фаза – невысокими, относительно стабильными концентрациями загрязняющих веществ, близкими к значениям концентраций в выпадающих осадках.

Общее количество загрязнений, выносимых дождевыми и талыми сточными водами с селитебной территории, зависит от качества и объема стекающей воды за время дождя или в течение года.

Годовой объем поверхностных сточных вод для определенной местности является относительно постоянной величиной, а количество осадков, выпадающих за дождь, может отличаться в десятки раз. Следовательно, и количество смываемых во время дождя загрязнений с единицы площади существенно изменяется от дождя к дождю. За 20 минут дождя интенсивности 10 л/с-га количество взвешенных веществ, смываемых с 1 га, составляет 27 кг,

БПК<sub>5</sub> – 0,4 кг, а от дождей большей интенсивности с 1 га за первые 20 мин смывается до 190 кг взвешенных веществ и до 3,0 кг БПК<sub>5</sub>.

Ежедневно на поверхности водосборов накапливается некоторое количество загрязнений. Чем больше продолжительность сухого периода между дождями, тем большее количество загрязняющих веществ будет смыто дождевым стоком. За сутки сухой погоды на 1 га водосбора накапливается и смывается загрязнений по взвешенным веществам в среднем 3,5–4 кг, а по БПК<sub>5</sub> – 0,03–0,4 кг в зависимости от величины осадков.

В городах в период от предшествующего до последующего дождя на 1 км улицы с твердым покрытием в среднем накапливается сухого вещества – 395 кг (БПК<sub>5</sub> – 3,8 кг), органических веществ (в пересчете на фосфор) – 0,28 кг, нитратов (в пересчете на азот) – 0,028 кг.

Для практических целей представляют интерес значения годового выноса загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод с селитебной территории.

Количество смываемых загрязнений, кг/га, зависит от продолжительности выпадения и средней интенсивности дождя и определяется по формуле

$$M_{\text{см}} = M_{\text{нач}} (1 - e^{-k_c q t}), \quad (4.1)$$

где  $M_{\text{нач}}$  – количество загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод, накопленных на единице площади за время, предшествующее дождю, кг;

$k_c$  – константа смыва, зависящая от характеристики бассейна водосбора, равная 0,003–0,008 (меньшие значения  $k_c$  соответствуют менее загрязненным территориям и равнинному рельефу);

$q$  – интенсивность осадков, л/с·га;

$t$  – продолжительность дождя, мин.

Количество загрязнений, кг/га, накопленных на единице площади за время  $T$ ,

$$M_{\text{нач}} = M_{\text{max}} (1 - e^{-k_3 T}), \quad (4.2)$$

где  $M_{\text{max}}$  – максимально возможное накапливаемых загрязнений, кг/га;

$k_3$  – коэффициент динамики накопления загрязнений, 1/сут;

$T$  – продолжительность периода без стока, сут.

Значения  $M_{\text{max}}$  и  $k_3$  ориентировочно принимаются:

– для районов современной застройки с высокой степенью благоустройства и малой транспортной нагрузкой  $M_{\text{max}} = 10 \dots 20$  кг/га,  $k_3 = 0,4 \dots 0,5$ ;

– административных центров с высокой транспортной нагрузкой  $M_{\text{max}} = 100 \dots 140$  кг/га,  $k_3 = 0,3 \dots 0,4$ ;

– промышленных районов и зон, прилегающих к крупным магистралям,  $M_{\text{max}} = 200 \dots 250$  кг/га,  $k_3 = 0,2 \dots 0,3$ .

Для укрупненных расчетов допускается принимать значения выноса загрязнений, кг/(г·га), с территорий крупных городов с плотностью населения 100 чел/га:

- взвешенные вещества – 2000–2500;
- органические вещества (по БПК<sub>5</sub>) – 140–200;
- нефтепродукты – 60–100;
- азот общий – 4–6;
- фосфор – 1–1,5;
- минеральные соли – 400–600.

Но необходимо учитывать, что приведенные значения являются укрупненными для селитебной территории и не характеризуют количество загрязняющих веществ, выносимых в составе поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий.

#### **4.1.3 Качественный состав поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий**

Качественный состав поверхностных сточных вод с территорий промышленных предприятий имеет, как правило, более сложный состав чем с селитебной территории, и определяется характером основных технологических процессов. Концентрации загрязняющих веществ в составе дождевых и талых сточных вод зависят:

- от периода формирования;
- вида поверхности водосбора;
- санитарно-технического состояния и режима уборки территории;
- эффективности работы систем газо- и пылеулавливания;
- организации складирования и транспортирования сырья, промежуточных и готовых продуктов, а также отходов производства.

На крупных предприятиях, включающих различные производства, поверхностные сточные воды с отдельных территорий по составу примесей заметно отличаются от стока с других участков и от общего стока.

Поверхностные сточные воды с территорий промышленных предприятий в значительной мере загрязнены взвешенными веществами, азотом аммонийным и тяжелыми металлами. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах характерны для площадок с интенсивным движением тяжелого грузового транспорта, гальваническим производством и открытым складированием материалов, продукции. Поэтому в «Рекомендациях по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» [12] промышленные предприятия и отдельные их территории разделены на две группы (таблица Б.1) в зависимости от состава примесей, накапливающихся на площадках и смываемых поверхностными сточными водами.

Для каждой группы установлены расчетные (близкие к средним), но изменяющиеся в достаточно больших пределах концентрации загрязняющих веществ в дождевых сточных водах (таблица Б.2).

Содержание специфических примесей в составе дождевых и талых сточных вод с площадок промышленных предприятий определяется характером производства.

Результаты отдельных исследований качественного состава поверхностных сточных вод на некоторых предприятиях Республики Беларусь и России представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристика состава поверхностных сточных вод с территорий различных предприятий

Предприятие	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		
	БПК <sub>5</sub>	взвешенные вещества	нефтепродукты
<i>Беларусь (Минск)</i>			
Завод автоматических линий	4,1–203	289–1310	2,2–26,2
Домостроительный комбинат	14,1–110	950–3220	1,4–5,4
Предприятия машиностроения	22–800	200–10956	20–688
<i>Россия</i>			
Ремонтные предприятия	17–80	73–220	15–313
Новосибирский оловозавод**	<u>6,8–63,4</u> (18,2)	<u>90–14146,4</u> 827–13820	<u>0,4–11,0</u> 1,5–27,5
Аэропорт Шереметьево	7,6–280*	1–129	0,6–9,75
Мебельная фабрика	2–10,2*	2–18	0,4–50
* БПК <sub>полн.</sub>			
** В числителе приведены концентрации в дождевых сточных водах, в знаменателе – в талых.			

Поверхностные сточные воды предприятий *цветной металлургии* могут содержать различные тяжелые металлы: медь – до 100 мг/дм<sup>3</sup>, цинк – до 15, кадмий – до 40, алюминий – до 5, титан – до 3, свинец – до 3, мышьяк – до 75, фтор – до 200 мг/дм<sup>3</sup> и другие примеси.

В поверхностных сточных водах *коксохимических заводов* присутствуют фенолы – до 3 мг/дм<sup>3</sup>, роданиды – до 5, аммиак – до 20, масла и смолы – до 200 мг/дм<sup>3</sup>. В сточных водах предприятий нефтехимии присутствуют ПАВ, продукты органического синтеза, могут быть тяжелые металлы.

В поверхностных сточных водах заводов фосфатных удобрений в значительных концентрациях могут присутствовать соединения азота – до 200 мг/дм<sup>3</sup> (в пересчете на азот аммонийный), фосфора – до 100 мг/дм<sup>3</sup> (в пересчете на фосфаты), фтора – до 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Сток *лесохимических производств* отличается высокими значениями ХПК (700–1400 мг/дм<sup>3</sup>), БПК<sub>20</sub> (150–400 мг/дм<sup>3</sup>), в нем могут присутствовать смолы – до 300 мг/дм<sup>3</sup>, фенолы – до 30, скипидар – до 3 мг/дм<sup>3</sup>.

Существенную загрязненность имеют поверхностные сточные воды с площадок машиностроительных предприятий. Концентрации загрязняющих веществ колеблются в больших пределах и зависят как от фазы стока, так и от режима выпадения осадков. Концентрации тяжелых металлов в составе дождевых и талых сточных вод с площадок предприятий данной отрасли могут достигать: меди – 18,0 мг/дм<sup>3</sup>, цинка – 4,7, никеля – 1,7 мг/дм<sup>3</sup>.

Исследования дождевых и талых сточных вод с территорий промышленных предприятий можно отнести к категории рекогносцировочных, не доведенных до стадии математической обработки и анализа, из-за недостаточного количества экспериментальных исследований. Из-за давности лет (большие изменения произошли в технологических процессах, значительно изменилась культура производства) ряд значений нельзя распространить на современное состояние поверхностного стока с территорий аналогичных водосборов.

## **4.2 Отведение поверхностных сточных вод на очистные сооружения**

Перед выпуском в водные объекты поверхностные сточные воды должны очищаться. На очистные сооружения должна отводиться наиболее загрязненная часть поверхностных сточных вод, которая образуется в периоды выпадения дождей, таяния снега и в результате мойки дорожных покрытий, в количестве не менее 70 % годового объема стока для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности (предприятия первой группы), и всего объема стока с площадок предприятий, территория которых может быть загрязнена специфическими веществами с токсичными свойствами или значительным количеством органических веществ (предприятия второй группы).

Пиковые расходы дождевых сточных вод образуются в период максимальной интенсивности дождя, и 100 % объема талых вод должны быть направлены в регулирующие или аккумулирующие резервуары с последующей самотечной или напорной подачей необходимого объема (расхода) сточных вод на очистные сооружения.

### **4.2.1 Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод**

Объемы поверхностных (дождевых и талых) сточных вод, формирующихся на водосборном бассейне системы дождевой канализации, определяются по данным ближайших метеорологических станций за различные периоды (декада, месяц, год, за теплый период года), а также за отдельные дожди и дождливые периоды.

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод  $W_r$ , м<sup>3</sup>, образующихся на селитебных территориях и площадках предприятий в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, определяется по формуле

$$W_r = W_d + W_t + W_m, \quad (4.3)$$

где  $W_d$ ,  $W_t$ ,  $W_m$  – среднегодовые объемы соответственно дождевых, талых и поливомоечных сточных вод, м<sup>3</sup>.

Среднегодовой объем дождевых  $W_d$  и талых  $W_t$  сточных вод, м<sup>3</sup>, отводимый с селитебных территорий и площадок промышленных предприятий,

$$W_d = 10h_d\Psi_d F, \quad (4.4)$$

$$W_t = 10h_t\Psi_t F, \quad (4.5)$$

где  $h_d$ ,  $h_t$  – слои осадков, мм, соответственно за теплый и холодный период года, принимаются по данным ближайшей метеорологической станции или по таблице А.1;

$\Psi_d$ ,  $\Psi_t$  – общие коэффициенты стока соответственно дождевых и талых сточных вод;

$F$  – общая площадь стока, га.

При определении среднегодового количества дождевых вод  $W_d$ , стекающих с селитебных территорий, общий коэффициент стока дождевых сточных вод  $\Psi_d$  для общей площади стока  $F$  рассчитывается как средневзвешенная величина из частных значений для площадей стока с разным видом поверхности, принимаемых по таблице 4.3.

Таблица 4.3 – **Общий коэффициент стока [13]**

Вид поверхности или площади стока	Общий коэффициент стока
Кровли и асфальтобетонные покрытия	0,6–0,8
Бульжные или щебеночные мостовые	0,4–0,6
Кварталы города без дорожных покрытий, небольшие скверы, бульвары	0,2–0,3
Грунтовые поверхности	0,2
Газоны	0,1
Кварталы с современной застройкой	0,4–0,5
Средние города	0,4–0,5
Небольшие города и поселки	0,3–0,4

При определении среднегодового объема дождевых вод  $W_d$ , стекающих с территорий промышленных предприятий и производств, значение общего

коэффициента стока дождевых сточных вод  $\Psi_d$  находится как средневзвешенная величина для всей площади стока с учётом средних значений коэффициентов стока для разного вида поверхностей, которые составляют:

- для водонепроницаемых покрытий – 0,6–0,8;
- грунтовых поверхностей – 0,2;
- газонов – 0,1.

Общий коэффициент стока талых сточных вод  $\Psi_T$  с застроенных территорий населенных пунктов и площадок предприятий с учетом уборки снега и потерь воды за счет частичного впитывания водопроницаемыми поверхностями в период оттепелей принимается равным 0,5–0,7 [13].

Годовой объем поливомоечных сточных вод,  $m^3$ , стекающих с площади стока,

$$W_m = 10mk\Psi_m F_m, \quad (4.6)$$

где  $m$  – удельный расход воды на одну мойку дорожных покрытий, л/м<sup>2</sup>;

$k$  – среднее количество моек в году;

$\Psi_m$  – коэффициент стока для поливомоечных вод, допускается принимать равным 0,5 [13];

$F_m$  – площадь твердых покрытий, подвергающихся мойке, га.

Удельный расход воды на мойку дорожных покрытий и среднее количество моек в году принимается на основании данных специализированных организаций, производящих мойку дорожных покрытий. При отсутствии данных среднее количество моек в году принимается равным 150 [13].

#### 4.2.2 Определение объемов поверхностных сточных вод, отводимых на очистные сооружения

**Объем дождевого стока** от расчетного дождя,  $m^3$ , отводимого на очистные сооружения с территорий застройки населенных пунктов и площадок предприятий, определяется по формуле

$$W_{оч} = 10h_a\Psi_{mid}F, \quad (4.7)$$

где  $h_a$  – максимальный слой осадков за дождь, мм, сток от которого подвергается очистке в полном объеме;

$\Psi_{mid}$  – средний коэффициент стока для расчетного дождя (определяется как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных значений коэффициента стока  $\Psi_i$  для разного вида поверхностей по таблице 3.1);

$F$  – общая площадь стока, га.

**Для территорий застройки населенных пунктов и промышленных предприятий первой группы** максимальный слой осадков за дождь  $h_a$ , сток от которого подвергается очистке в полном объеме, согласно [13] принимается равным суточному слою осадков от малоинтенсивных часто

повторяющихся дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности  $P$  от 0,05 до 0,10 года, что обеспечивает поступление на очистку не менее 70 % годового объема поверхностных сточных вод.

Методика расчета величины слоя осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме,  $h_a$  разработана НИИ ВОДГЕО [12] и основана на построении зависимости суммарного за год принимаемого на очистные сооружения слоя дождевых (жидких) осадков (в %) от величины максимального суточного слоя дождя (в мм), принимаемого на очистные сооружения в полном объеме. Область применения методики ограничивается площадью водосбора, не превышающей 1000 га.

В качестве исходных данных для расчета величины  $h_a$  используются статистически обработанные данные многолетних наблюдений метеостанций (не менее чем за 10–15 лет) за атмосферными осадками в конкретной местности или на ближайших репрезентативных метеостанциях. При отсутствии указанных данных могут применяться статистически обработанные данные многолетних наблюдений, приведенные в научно-прикладном справочнике по климату.

Метеорологическая станция считается репрезентативной относительно рассматриваемой площади стока, если выполняются следующие условия [12]:

- расстояние от станции до площади водосбора объекта менее 100 км;
- разница высотных отметок площади водосбора над уровнем моря и метеостанции не превышает 50 м.

В качестве примера приведен расчет максимального слоя осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме для г. Гомеля. Исходные данные для расчета приняты по справочнику по климату Беларуси [14] (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Число дней с различным количеством осадков (г. Гомель) [14]

Месяц	Осадки, мм						
	≥ 0,1	≥ 0,5	≥ 1	≥ 5	≥ 10	≥ 20	≥ 30
I	15,9	11,9	9,0	1,8	0,4	–	–
II	14,0	11,1	8,6	1,8	0,3	–	–
III	13,0	10,3	8,0	1,8	0,5	–	–
IV	10,2	8,7	7,3	2,8	1,0	0,2	0,1
V	12,1	10,3	8,5	3,5	1,5	0,3	0,1
VI	13,6	11,6	10,1	5,0	2,8	0,9	0,2
VII	12,2	10,9	9,6	4,9	3,0	1,1	0,6
VIII	10,5	9,1	7,5	3,8	1,9	0,7	0,2
IX	11,1	9,7	8,4	3,5	1,6	0,6	0,2
X	11,8	9,8	8,3	3,3	1,5	0,4	0,1
XI	14,2	11,3	9,2	3,2	1,1	0,2	–
XII	15,9	12,0	9,2	2,3	0,5	0,1	–
Год	154,5	126,7	103,7	37,7	16,1	4,5	1,5

Результаты расчета зависимости параметров принимаемой на очистку части дождевых осадков от величины суточного слоя дождя для г. Гомеля приведены в таблице 4.5. Среднесуточный слой осадков  $h_a$  (графа 3) определяется как среднее арифметическое суточных слоев осадков.

По данным граф 3 и 6 таблицы 4.5 строится график зависимости принимаемого на очистку суммарного за год слоя жидких осадков, %, от величины максимального суточного слоя дождя, мм, принимаемого на очистку в полном объеме (рисунок 4.3).

По графику определяется максимальный суточный слой осадков  $h_a$ , при котором обеспечивается прием на очистные сооружения 70 % суммарного количества осадков.

Для г. Гомеля величина  $h_a$  составляет 8 мм. Это означает, что очистке должны подвергаться:

– полный объем стока от всех дождей с суточным слоем осадков не более 8 мм;

– часть объема стока от дождей с суточным слоем осадков более 8 мм.

Для промышленных предприятий второй группы значение среднесуточного слоя осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме  $h_a$  принимается равным суточному слою атмосферных осадков  $H_p$  от дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности  $P$ , принятому при гидравлическом расчете дождевой сети конкретного объекта, но не менее 1 года.

Таблица 4.5 – Определение зависимости параметров принимаемой на очистку части дождевых осадков от величины суточного слоя дождя

Суточный слой осадков, мм	Число дней с суточным слоем осадков	Средний суточный слой осадков	Число дней с суточным слоем осадков	Суммарный слой дождевых осадков за теплый период года, принимаемый на очистные сооружения	
				$H_j$ , мм	$H_i$ , %
1	2	3	4	5	6
$\geq 0,1$	81,5	0,30	81,5 – 70,1 = 11,4	24,5	5,3
$\geq 0,5$	70,1				
$\geq 1$	59,7	0,75	70,1 – 59,7 = 10,4	56,0	12,2
$\geq 5$	26,8	3,00	59,7 – 26,8 = 32,9	190,3	41,4
$\geq 10$	13,3	7,50	26,8 – 13,3 = 13,5	310,9	67,6
$\geq 20$	4,2	15,00	13,3 – 4,2 = 9,1	410,7	89,2
$\geq 30$	1,5	25,00	4,2 – 1,0 = 2,7	452,7	98,4
–	–	30,00	1,5	460,2	100,0

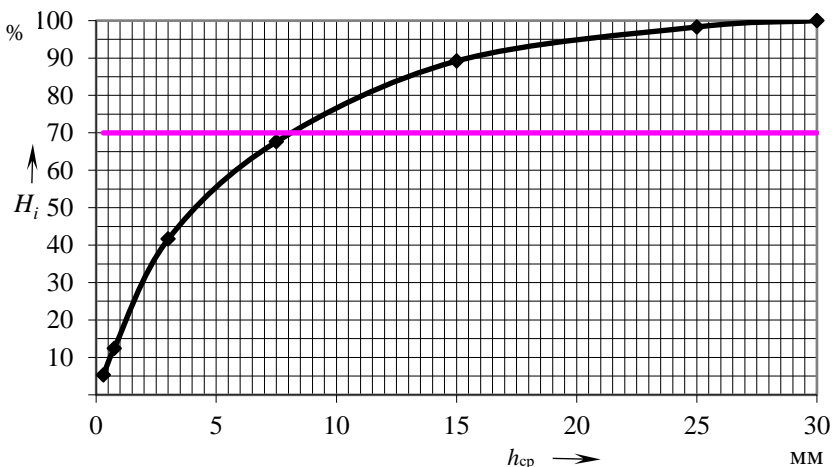


Рисунок 4.3 – Зависимость принимаемого на очистку суммарного за год слоя жидких осадков, %, от величины максимального суточного слоя дождя, мм, принимаемого на очистку в полном объеме, для г. Гомеля

Величина  $h_a$  при  $P = 1$  может быть определена двумя способами:

1) на основании данных многолетних (не менее чем за 10–15 лет) наблюдений метеостанций за атмосферными осадками в конкретной местности или на ближайших репрезентативных метеостанциях. При отсутствии таких данных величина  $h_a$  с обеспеченностью 63 % (а также, при необходимости, с иной обеспеченностью) определяется по справочнику [14];

2) расчетом по формуле

$$H_p = H_{cp}(1 + c_v\Phi), \quad (4.8)$$

где  $H_{cp}$  – значение среднего максимума суточного слоя осадков, мм;

$c_v$  – коэффициент вариации суточных осадков;

$\Phi$  – нормированные отклонения от среднего значения при разных значениях обеспеченности  $p_{об}$ , %, и коэффициента асимметрии  $c_s$ .

Средний максимум суточного слоя осадков – это среднее значение из наибольших суточных количеств осадков, зафиксированных за каждый год в течение многолетнего периода наблюдений.

Для Республики Беларусь величина  $h_a$  с обеспеченностью 63 % определяется по справочнику [14]. Для России параметры  $H_{cp}$ ,  $\Phi$ ,  $c_v$  и  $c_s$  определяются по справочным таблицам [12, приложения 9–11], составленным на основании справочных данных и литературных источников.

**Максимальный суточный объем талых вод**,  $m^3$ , в середине периода снеготаяния, отводимых на очистные сооружения с территорий застройки населенных пунктов и площадок предприятий,

$$W_{\text{т.сут}} = 10h_c K_y \Psi_T F, \quad (4.9)$$

где  $h_c$  – слой талых вод за 10 дневных часов, мм;

$K_y$  – коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега;

$\Psi_T$  – общий коэффициент стока талых вод, принимается 0,5–0,7;

$F$  – площадь стока, га.

Коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега,

$$K_y = 1 - \frac{F_y}{F}, \quad (4.10)$$

где  $F_y$  – площадь, очищаемая от снега, га.

При наличии данных многолетних наблюдений за атмосферными осадками на местных (ближайших) метеостанциях величина  $h_c$  определяется исходя из запаса воды, мм, в снежном покрове или средней высоты снежного покрова, см, на последний день декады перед весенним снеготаянием.

Суточный слой стока, мм, при известном запасе воды в снежном покрове на последний день декады перед весенним снеготаянием

$$h_c = \frac{H_c}{t_c k}, \quad (4.11)$$

где  $H_c$  – запас воды в снежном покрове по снегосъемкам на последний день декады перед весенним снеготаянием, мм, принимается по данным многолетних наблюдений (не менее чем за 10–15 лет) на ближайших метеостанциях или по таблицам справочника по климату [14];

$t_c$  – продолжительность снеготаяния, сут, принимается в зависимости от местных климатических условий по данным многолетних наблюдений за снежным покровом на ближайших метеостанциях;

$k$  – коэффициент, учитывающий продолжительность снеготаяния в течение суток; при снеготаянии в течение 10 дневных часов  $k = 0,417$ .

Суточный слой талого стока  $h_c$  при известной средней декадной высоте снежного покрова к началу снеготаяния определяется в зависимости от средней интенсивности процесса снеготаяния, л/с·га,

$$q_c = 1,16 \frac{\rho h}{t_c k}, \quad (4.12)$$

где  $\rho$  – плотность снежного покрова на последний день декады к началу снеготаяния, может приниматься в пределах 0,30–0,60 г/см<sup>3</sup> (уточняется по данным многолетних наблюдений);

$h$  – средняя декадная высота снежного покрова к началу снеготаяния, см, определяется на основании данных многолетних наблюдений за атмосферными осадками на ближайших метеостанциях или по таблицам климатических справочников [14].

При отсутствии данных по запасу воды в снежном покрове  $H_c$  или о средней высоте снежного покрова  $h$  на последний день декады перед весенним снеготаянием суточный объем талых вод  $W_{т.сут}$ ,  $M^3$ , отводимых на очистные сооружения, может рассчитываться исходя из значений суточных слоев талых вод  $h_c$  заданной обеспеченности.

При расчете суточного объема талых вод  $W_{т.сут}$ ,  $M^3$ , отводимых на очистные сооружения в период весеннего снеготаяния, значения суточных слоев талого стока  $h_c$  для Республики Беларусь допускается принимать равным 25 мм [13].

### 4.2.3 Определение производительности очистных сооружений

Производительность очистных сооружений поверхностных сточных вод накопительного типа принимается как большее из значений производительности, рассчитанных по дождевому  $Q_{оч.д}$  и талому  $Q_{оч.т}$  стоку.

Производительность очистных сооружений, л/с, рассчитываемая по дождевому стоку,

$$Q_{оч.д} = \frac{W_{оч} + W_{т.п}}{3,6(T_{оч} - T_{отст} - T_{т.п})}, \quad (4.13)$$

где  $W_{оч}$  – объем дождевых сточных вод от расчетного дождя, отводимого на очистные сооружения,  $M^3$ ;

$W_{т.п}$  – суммарный объем загрязненных вод, образующихся при обслуживании технологического оборудования очистных сооружений в течение периода переработки объема дождевых сточных вод от расчетного дождя,  $M^3$ ;

3,6 – переводной коэффициент;

$T_{оч}$  – период переработки объема дождевых сточных вод от расчетного дождя, отводимого на очистные сооружения с застроенных территорий населенных пунктов и территорий предприятий, ч;

$T_{отст}$  – минимальная продолжительность оттаивания поверхностных сточных вод в аккумулирующем резервуаре, ч;

$T_{т.п}$  – суммарная продолжительность технологических перерывов в работе очистных сооружений в течение нормативного периода переработки объема дождевых сточных вод от расчетного дождя, ч.

Загрязненные воды, образующиеся от операций обслуживания технологического оборудования очистных сооружений, представляют собой, главным образом, сточные воды от промывки механических фильтров (а также периодической промывки адсорбционных фильтров с фильтрующей загрузкой из гранулированного активированного угля).

Суммарный объем загрязненных вод, образующихся при обслуживании технологического оборудования очистных сооружений в течение периода переработки объема дождевых сточных вод от расчетного дождя  $W_{т.п}$  для стандартных зернистых загрузок, продолжительности фильтроцикла и параметров промывки составляет, как правило, не более 10–12 % от объема очищенных сточных вод [13].

Продолжительность выдерживания поверхностных сточных вод в аккумуляющей емкости и ее последующего опорожнения принимается из условия обеспечения приема расчетного объема дождевых сточных вод, достижения необходимой степени регулирования их расхода и требуемого эффекта задержания примесей.

Период переработки объема сточных вод от расчетного дождя  $T_{оч}$  (период опорожнения аккумуляющего резервуара) принимается в пределах 1–2 суток [13]. В отдельных случаях этот период может быть увеличен на основании достоверных статистически обработанных данных многолетних наблюдений за характером выпадающих дождей и продолжительностью интервалов сухой погоды в конкретной местности [12].

Продолжительность предварительного отстаивания  $T_{отст}$  принимается в пределах 2–4 ч, исходя из величины гидравлической крупности частиц, выделяемых в аккумуляющем резервуаре, и гидравлической глубины резервуара при его максимальном расчетном заполнении. При использовании аккумуляющего резервуара только для регулирования расхода отводимых на очистку сточных вод величина продолжительности предварительного отстаивания  $T_{отст}$  при расчете по формуле (4.13) исключается.

Производительность очистных сооружений, рассчитываемая по расходу талых сточных вод,  $м^3/ч$ ,

$$Q_{оч.т} = \frac{W_{т}^{макс.сут} + W_{т.п}}{T_{оч}^т - T_{отст} - T_{т.п}}, \quad (4.14)$$

где  $W_{т}^{макс.сут}$  – максимальный суточный объем талых вод в середине периода снеготаяния,  $м^3$ ;

$T_{оч}^т$  – период переработки суточного объема талого стока, отводимого на очистные сооружения с застроенных территорий населенных пунктов и территорий предприятий, ч, принимается не менее 14 ч. При наличии запаса рабочего объема аккумуляющего резервуара длительность переработки может быть увеличена.

При использовании аккумуляющего резервуара только для регулирования расхода отводимых на очистку сточных вод величина продолжительности предварительного отстаивания  $T_{отст}$  при расчете по формуле (4.14) исключается.

## **4.3 Очистка дождевых и талых сточных вод с урбанизированной территории**

### **4.3.1 Условия отведения поверхностных сточных вод**

С дождевыми и талыми сточными водами значительное количество загрязняющих веществ вносится в водные объекты, вызывая их загрязнение и заиление.

Донные отложения, формирующиеся в водоемах в дождливую погоду, нарушают жизнедеятельность микроорганизмов и отрицательно сказываются на биоценозе и процессах самоочищения. Поэтому необходима оценка различных мер, принимаемых для обеспечения нормативных санитарных условий водных объектов.

При разработке водоохраных мероприятий по предотвращению загрязнения водных объектов поверхностными сточными водами с селитебных территорий и площадок предприятий в первую очередь должны быть определены:

- территории, сток с которых необходимо подвергать очистке в полном объеме;

- период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, отвечающий характеру водосборного бассейна и условиям расположения коллекторной сети;

- требуемая степень очистки сточных вод в зависимости от условий их выпуска в водный объект или при повторном использовании.

В перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод, отводимых в водные объекты и сети городской канализации, включены:

- водородный показатель (рН), нефтепродукты, взвешенные вещества;
- специфические загрязняющие вещества в составе поверхностных сточных вод, отводимых с территорий промышленных предприятий (исходя из условий приема производственных сточных вод в систему канализации населенных пунктов; при совместном отведении поверхностных и производственных сточных вод).

При осуществлении сброса загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод допустимая концентрация устанавливается со значениями по взвешенным веществам не более 20 мг/дм<sup>3</sup> и нефтепродуктам не более 0,3 мг/дм<sup>3</sup>.

Перечень веществ и показателей, подлежащих контролю инструментальными методами при сбросе в поверхностные водные объекты данной категории вод приведен в приложении К [25, таблица К.3]. Сводные данные расчета допустимой концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, сводятся в табличную форму [25, таблица Д.1].

Максимально допустимая масса  $i$ -го загрязняющего вещества в составе поверхностных сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, т/год,

$$M_{дci} = 10^{-6} C_{дci} W_{г}, \quad (4.15)$$

где  $C_{дci}$  – допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, мг/дм<sup>3</sup>;

$W_{г}$  – средний расход (объем) сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, м<sup>3</sup>/год.

Объем поверхностных сточных вод, отводимых в водный объект, определяется по формуле (4.1).

На очистные сооружения необходимо предусматривать отведение поверхностных сточных вод с городских территорий, отличающихся значительной величиной нагрузки по загрязняющим веществам, т. е. от промышленных зон, районов многоэтажной жилой застройки с интенсивным движением автотранспорта и пешеходов, крупных транспортных магистралей, торгово-логистических центров, а также населенных пунктов с малоэтажной (коттеджной) застройкой. При этом отведение поверхностных сточных вод с промышленных площадок и жилых зон через дождевую канализацию должно исключать поступление в нее хозяйственно-бытовых сточных вод и промышленных отходов.

При раздельной системе канализации очистные сооружения дождевой канализации целесообразно размещать на устьевых участках главных коллекторов перед выпуском в водный объект. Места выпуска поверхностных сточных вод в водный объект необходимо согласовывать в установленном порядке согласно действующему законодательству.

При установлении условий организованного сброса поверхностных сточных вод в водные объекты необходимо учитывать общие **ограничения и требования к санитарной охране водных объектов, изложенные в Водном кодексе Республики Беларусь**. Выпуск поверхностных сточных вод не допускается:

- в пределах первого и второго поясов зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, в местах туризма, спорта и массового отдыха населения, в пределах первого и второго поясов санитарной охраны курортов, а также в водные объекты, обладающие природными лечебными свойствами;

- водные объекты, а также на поверхность ледяного покрова и водосборную территорию снега, бытового мусора и других отходов, формирующихся на территории населенных мест и промышленных площадок;

- непроточные водоемы, размываемые овраги, замкнутые ложбины и заболоченные территории;

– естественные понижения рельефа (ручьи, овраги) без надлежащей гидроизоляции (в целях защиты подземных вод), а также без мероприятий по предотвращению размыва грунта ниже выпуска.

При поступлении в дождевую канализацию производственных сточных вод или наличии в составе дождевых и талых сточных вод специфических примесей (сток с территории промышленных предприятий 2-й группы) к выпуску его в водный объект предъявляются такие же требования, как к выпуску производственных сточных вод. При этом необходимая степень очистки определяется исходя из условий соблюдения в контрольном створе водоприемника нормативных требований, предъявляемых к качеству воды водного объекта с учетом его целевого использования.

Условия отведения поверхностных сточных вод с территорий предприятий в дождевую или городскую канализацию населенного пункта, а также нормативы сброса загрязняющих веществ со сточными водами регламентируются действующими правилами приема поверхностных сточных вод в указанные системы канализации.

При наличии в системе дождевой канализации населенного пункта централизованных или локальных очистных сооружений поверхностные сточные воды с территории предприятий 1-й группы, при согласовании с организациями водопроводно-канализационного хозяйства, могут быть направлены в канализационную сеть без предварительной очистки.

Поверхностные сточные воды с территории предприятий 2-й группы перед отведением в дождевую канализацию населенного пункта, а также при их совместном отведении с производственными сточными водами должны подвергаться обязательной предварительной очистке от специфических загрязняющих веществ на самостоятельных (локальных) очистных сооружениях.

Возможность приема поверхностных сточных вод с территорий предприятий как первой, так и второй группы в систему городской канализации (для совместной очистки с хозяйственно-бытовыми сточными водами) определяется условиями приема сточных вод в эту систему и рассматривается в каждом конкретном случае при наличии резерва мощности очистных сооружений.

В системах отведения поверхностных сточных вод с территорий населенных пунктов и промышленных площадок необходимо учитывать возможность поступления в коллектор инфильтрационных и дренажных вод из сопутствующих дренажей, теплосетей, общих коллекторов подземных коммуникаций, а также незагрязненных сточных вод промышленных предприятий.

Для предотвращения загрязнения водных объектов талыми сточными водами с территорий населенных пунктов с развитой сетью автомобильных дорог и интенсивным движением транспорта в зимний период необходимо предусматривать организацию уборки и вывоз снега с депонированием его

на «сухих» снегосвалках или сброс в снеготопильные камеры с последующим отводом талых вод в канализационную сеть.

«Сухие» снегосвалки целесообразно размещать на свободных (резервных) городских территориях на железобетонном водонепроницаемом основании. Сброс талых сточных вод в канализацию или водный объект должен осуществляться после предварительной очистки на локальных очистных сооружениях.

В конструкциях снеготопильных камер необходимо предусматривать растапливание сбрасываемого снега в течение всего зимнего периода, а также задержание крупного мусора и песка. Наиболее приемлемым решением проблемы удаления снега, вывозимого с городских территорий, является сочетание «сухих» снегосвалок и снеготопильных камер, размещаемых с учетом наличия свободных площадей, а также пропускной способности городских канализационных коллекторов и мощности очистных сооружений.

При отсутствии вблизи малых населенных пунктов, коттеджных поселков и небольших предприятий первой группы (с площадью водосбора не более 3 га) водоемов и оврагов, пригодных для выпуска поверхностных сточных вод, сброс их после очистки может осуществляться в испарительные *бессточные пруды, поглощающие колодцы, траншеи* или *фильтрационные бассейны* (после согласования с местными органами санитарного надзора и охраны вод).

Также бессточные пруды и поглощающие колодцы (траншеи) могут использоваться для сброса дождевых сточных вод от внутренних водостоков зданий и отдельных водосборных площадей с водонепроницаемыми покрытиями при условии, что сброс сточных вод в другие места и присоединение к общей дождевой канализационной сети или открытым водостокам затруднены из-за рельефа местности (или вертикальной планировки).

При сооружении или использовании существующих бессточных прудов и поглощающих колодцев (траншей) необходимы благоприятные климатические, геологические и гидрогеологические условия.

При проектировании *бессточных прудов* необходимо выполнять расчет на соответствие притока сточных вод потерям на испарение и инфильтрацию в грунт.

*Поглощающие колодцы (траншеи)* целесообразно предусматривать при наличии хорошо фильтрующих грунтов (с коэффициентом фильтрации более 15 м/сут), низком уровне грунтовых вод и только в том случае, если на данном участке они не используются для хозяйственно-бытовых нужд.

Отведение дождевых и талых вод с кровель промышленных зданий и сооружений, оборудованных внутренними водостоками, может осуществляться в дождевую канализацию без очистки при соответствующем обосновании.

### 4.3.2 Типы очистных сооружений по принципу регулирования расхода сточных вод

Одним из основных условий эффективной работы очистных сооружений является равномерная подача сточных вод на очистку. Вероятностный характер выпадения атмосферных осадков и чрезвычайная нестационарность дождевых сточных вод требуют усреднения их расхода и состава перед подачей на очистные сооружения.

В зависимости от принципа регулирования сточных вод, подаваемых на очистку, очистные сооружения разделяются на два типа:

- *накопительные*, с регулированием стока по объему;
- *проточные*, с регулированием стока по расходу.

При проектировании систем отведения и очистки поверхностных сточных вод целесообразным является использование очистных сооружений **накопительного типа** (рисунок 4.4).

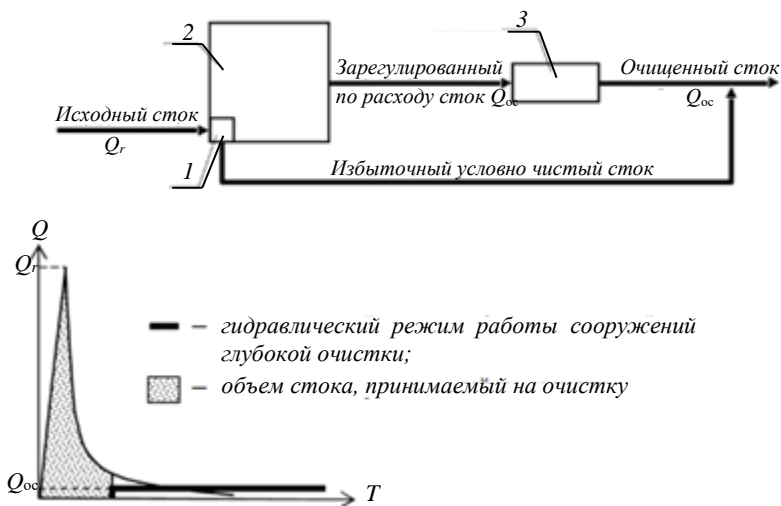


Рисунок 4.4 – Схема и гидрограф гидравлического режима работы очистных сооружений накопительного типа [12]:

1 – разделительная камера; 2 – аккумулирующий резервуар; 3 – сооружения глубокой очистки;  $Q_r$  – расход дождевых вод в расчетном створе подводящего коллектора;  $T$  – время от начала дождя;  $Q_{oc}$  – проектная производительность сооружений глубокой очистки

В них регулирование расхода и усреднение состава подаваемых на очистку сточных вод производится в *аккумулирующих резервуарах*, принцип работы которых заключается в приеме и последующем отведении на очистку объема дождевых сточных вод, поступающих от начала стока до момента накопления определенного объема  $W_{oc,д}$ , определяемого по формуле (4.7), в

зависимости от величины слоя осадков, сток от которого подвергается очистке в полном объеме. Подача сточных вод из аккумулирующего резервуара на очистку производится равномерно с постоянным расходом  $Q_{ос}$ , который определяется в соответствии с подразд. 4.3.3.

Для *селитебных территорий и промышленных предприятий первой группы* в очистных сооружениях накопительного типа обеспечивается прием в аккумулирующий резервуар и последующее отведение на глубокую очистку всего объема поверхностных сточных вод от часто повторяющихся малоинтенсивных дождей, а также наиболее концентрированной части стока от высокоинтенсивных (ливневых) дождей. При этом в водный объект без очистки сбрасывается наименее концентрированная условно чистая часть сточных вод, формирующихся в последней фазе высокоинтенсивных (ливневых) дождей.

Разделение стока на загрязненную и условно чистую части производится в разделительной камере, устраиваемой во входной части аккумулирующего резервуара или на самотечном трубопроводе непосредственно перед аккумулирующим резервуаром.

*Разделительная камера* выполняется в виде гидрозатвора с целью предотвращения возможного поступления плавающих загрязнений (в том числе нефтепродуктов) в водный объект без очистки.

При отведении на очистку поверхностных сточных вод с территорий *промышленных предприятий второй группы* предварительное разделение стока не допускается, поскольку требуется очистка всего объема сточных вод. В этом случае в очистных сооружениях накопительного типа предусматривается устройство аккумулирующих резервуаров, рассчитанных на прием стока от дождя с максимальным за год суточным слоем осадков требуемой обеспеченности (не менее 63%-й), что соответствует периоду однократного превышения не менее 1 года.

В отдельных случаях на предприятиях первой и второй групп с водоемкими производствами и системами оборотного водоснабжения аккумулирующие резервуары рассчитываются на прием поверхностных сточных вод в течение определенного периода времени (месяца, сезона, года) для последующего максимального использования очищенных сточных вод в системе водоснабжения предприятия.

Очистные сооружения **проточного типа** могут предусматриваться в следующих случаях:

- при очистке поверхностных сточных вод с парковых и садовых территорий, рекреационных зон;
- отведении локально очищенных дождевых и талых сточных вод в дождевую канализацию города при наличии централизованных очистных сооружений или в сеть хозяйственно-бытовой канализации (при полураздельной

системе) при соответствующем техническом обосновании целесообразности применения.

При проектировании очистных сооружений **проточного типа** для *сели-тебных территорий* и *промышленных предприятий первой группы* регулирование расхода сточных вод, подаваемых на очистку, производится с помощью установленной на подводящем коллекторе *разделительной камеры (ливнесброса)* (рисунок 4.5).

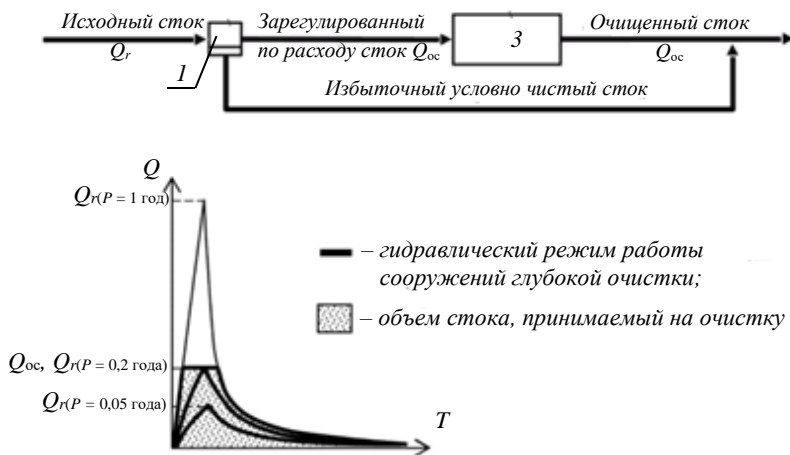


Рисунок 4.5 – Схема и гидрограф гидравлического режима работы очистных сооружений проточного типа

Для территорий промышленных предприятий второй группы очистные сооружения проточного типа не применяются.

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

### 4.3.3 Принципы очистки поверхностных сточных вод

При разработке **схемы очистных сооружений поверхностных сточных вод** необходимо учитывать:

- качественные и количественные характеристики дождевых и талых сточных вод;
- фазово-дисперсный состав примесей;

- требуемую степень очистки;
- принятую схему отведения и регулирования.

Поверхностные сточные воды содержат загрязняющие компоненты природного и антропогенного происхождения в различном фазово-дисперсном состоянии, поэтому для обеспечения требуемой эффективности очистки применяются многоступенчатые схемы очистки, включающие в себя различные методы их выделения и деструкции.

При разработке **систем очистки поверхностных сточных вод с сельтебных территорий и предприятий первой группы** необходимо предусматривать следующие технологические стадии:

- предварительную очистку от крупных механических примесей и мусора методами процеживания через ручные и автоматизированные решетки, барабанные процеживатели;
- разделение сточных вод на загрязненную и условно чистую части;
- очистку от тяжелых минеральных примесей в проточных песколовках или во входной секции аккумулирующего резервуара;
- аккумулярование и усреднение (для очистных систем небольшой производительности или с относительно малозагрязненных территорий допускается совмещение стадий аккумулярования и предварительной очистки от механических примесей и нефтепродуктов методом статического отстаивания в аккумулирующем резервуаре);
- выделение основной массы органических и минеральных загрязнений методами отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой сточных вод;
- доочистку от остаточных механических примесей с сорбированными на них нефтепродуктами и органическими веществами методом механического фильтрования на зернистых загрузках с обеспечением необходимой промывки фильтрующей загрузки;
- сорбционную доочистку от остаточных растворенных нефтепродуктов и других органических веществ;
- обеззараживание очищенных поверхностных сточных вод при их отведении в водные объекты или повторном использовании на технологические нужды предприятия.

В технологических схемах очистки дождевых и талых сточных вод на сооружениях любой производительности необходимо предусматривать технические решения по организации удаления осадков и всплывающих веществ. На очистных сооружениях большой производительности необходимо предусматривать систему обезвоживания и обезвреживания образующихся осадков.

Принципиальные схемы очистки поверхностных сточных вод с сельтебных территорий и предприятий первой группы приведены на рисунке 4.6.

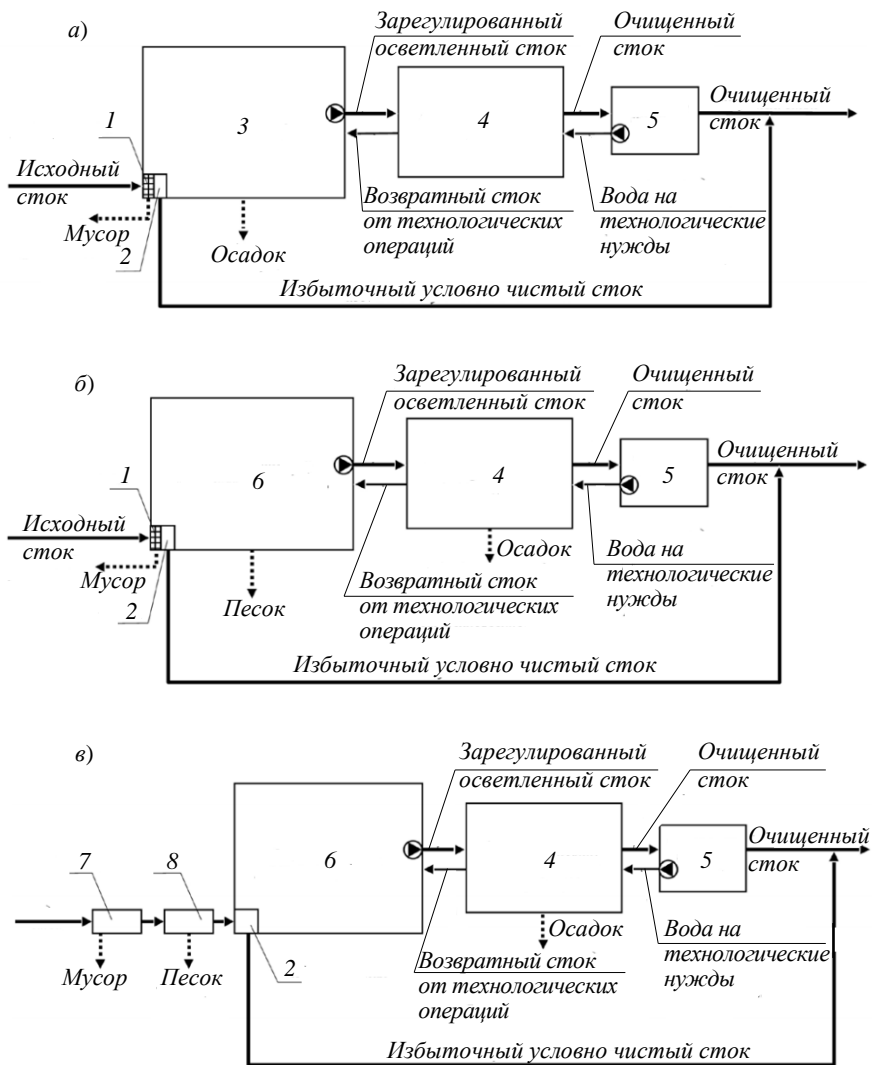


Рисунок 4.6 – Организация очистки поверхностных сточных вод [12]:  
 а – с предварительным осветлением стока в аккумулярующем резервуаре; б – с осаждением тяжелых механических примесей (песка) в аккумулярующем резервуаре; в – с осаждением тяжелых механических примесей (песка) перед разделением и аккумулярованием стока;  
 1 – мусоросборная корзина; 2 – разделительная камера; 3 – аккумулярующий резервуар-отстойник; 4 – сооружения глубокой очистки и обеззараживания стоков; 5 – резервуар чистой воды; 6 – аккумулярующий резервуар-усреднитель; 7 – решетки; 8 – песколовки

**В схемах очистки поверхностных сточных вод с территорий предприятий второй группы** помимо сооружений, обеспечивающих удаление приоритетных загрязняющих примесей, на завершающей стадии очистки должны быть предусмотрены методы для удаления специфических веществ (биогенных элементов, СПАВ, фторидов), в том числе, с токсическими свойствами (фенолов, формальдегида, ионов тяжелых металлов) и других органических и минеральных примесей. Для доочистки от фенолов, СПАВ, формальдегида и других органических веществ могут применяться установки озонирования, сорбции, биоокисления в сочетании с сорбцией (биосорбция).

При необходимости глубокого удаления из поверхностных сточных вод ионов тяжелых металлов, аммонийного азота, других минеральных растворенных веществ могут предусматриваться *ионообменные установки* с применением синтетических ионообменных смол или природных ионообменных материалов, *установки обратного осмоса*.

В настоящее время применяется большой спектр очистных сооружений. В таблице 4.6 приведена сравнительная характеристика очищающей способности очистных сооружений различного типа.

Периодический характер работы очистных сооружений дождевой канализации обуславливает целесообразность применения автоматизированных систем контроля и управления основными технологическими процессами, позволяющими исключить или минимизировать постоянное присутствие обслуживающего персонала.

**Таблица 4.6 – Средненные показатели эффективности очистки поверхностных сточных вод на сооружениях различного типа**

Тип сооружения	Плавающий мусор, %	Концентрация после очистки, мг/дм <sup>3</sup>		Эффективность удаления солей тяжелых металлов, %
		взвешенные вещества	нефтепродукты	
Пруды-отстойники	100	30–50	3–8	0
Сооружения камерного типа	100	20–30	3–8	0
Песколовки	70	50–100	10–20	0
Щитовые затворы	90	40–70	5–40	0
Тонкослойные сооружения	100	8–10	1–2	0,2
Тонкослойные сооружения с биотехнологией	100	8–10	0,1–1	0,4
Сооружения глубокой очистки	100	2–5	0,05–0,5	0,8
Габрионные сооружения	100	3–7	0,1–1,0	0,5

## 4.4 Методы очистки поверхностных сточных вод

### Методы очистки поверхностных сточных вод:

1) *механическая очистка* применяется для удаления загрязнений крупностью более 60 мкм (мусора, минеральных примесей, взвешенных веществ, нефтепродуктов);

2) *физико-химические методы* основаны на комбинации физических процессов и химических реакций, направленных на изменение свойств примесей;

3) *биологические методы*, основанные на способности микроорганизмов (бактерий, простейших, водорослей и грибов) разрушать и трансформировать органические загрязнения в процессе своей жизнедеятельности.

Механическая очистка применяется как предварительная ступень перед физико-химической или биологической очисткой.

В качестве сооружений и установок для механической очистки применяются *решетки, сетки* различных конструктивных решений, *песколовки*, безнапорные и напорные *гидроциклоны*, напорные и безнапорные *фильтры*.

### 4.4.1 Очистка от крупных механических примесей и мусора

Очистка поверхностных сточных вод от крупных механических примесей и мусора **производится** перед:

– сооружениями для аккумуляирования поверхностного стока (для очистных сооружений накопительного типа);

– разделительными камерами стока по расходу (для очистных сооружений проточного типа).

При применении *схем с аккумуляирующими резервуарами* для регулирования расхода сточных вод, поступающих на очистку, целесообразно предусматривать конструктивные решения, позволяющие объединять в них функции решеток, песколовок, сепараторов нефтепродуктов с их обезвоживанием и удалением в накопители, уплотнением минеральных осадков с последующим удалением спецавтотехникой на централизованные пункты переработки и утилизации или на песковые площадки с дренажом при возможности их размещения в составе очистных сооружений объекта.

Перед *сооружениями для регулирования и очистки* поверхностных сточных вод размещаются **решетки** и **сетки** для задержания мусора.

Ширина прозоров решетки принимается исходя из того, что она не должна превышать величины условного шарового прохода насосов.

На очистных сооружениях с благоустроенных территорий с площадью стока до 100 га допускается применение решеток с ручной очисткой; при площади стока более 100 га необходимо применять механизированные решетки.

Решетки для их очистки после каждого дождя оснащаются узлами сбора и удаления мусора.

Проектирование и расчет решеток выполняется согласно рекомендациям действующих СН [13]. Число установленных решеток определяется исходя из расхода сточных вод и по паспортным данным оборудования (не менее двух рабочих).

Гидравлическая производительность очистного оборудования принимается равной величине расчетного расхода незарегулированного стока в подводящем коллекторе на входе на очистные сооружения.

Скорость движения сточных вод в прозорах решеток при максимальном притоке принимается равной 0,8–1,0 м/с.

Количество плавающего мусора на 1000 га для дождевых и поливочных вод в среднем составляет 0,2 м<sup>3</sup>, а для талых – 0,3 м<sup>3</sup>.

#### 4.4.2 Очистка от тяжелых минеральных примесей

Содержание песка с гидравлической крупностью более 15 мм/с в составе дождевых сточных вод их составляет 10–15 %, в талых сточных водах – до 20 %.

Очистка поверхностных сточных вод от тяжелых минеральных примесей (песка) гидравлической крупностью более 15 мм/с может осуществляться:

– в *проточных песколовках* – на очистных сооружениях накопительного и проточного типа;

– *аккумулирующем резервуаре* – на очистных сооружениях накопительного типа.

Расчет песколовков выполняется с учетом рекомендаций СН [13]. Количество песколовков или их отдельных секций должно быть не менее двух (все рабочие).

Гидравлическая производительность песколовков проточного типа принимается:

– в *очистных сооружениях накопительного типа* – равной величине расчетного расхода незарегулированного стока в подводящем коллекторе;

– *проточного типа* – равной величине расчетного расхода зарегулированного стока в подводящем коллекторе после разделительной камеры.

Тип проточной песколовки принимается с учетом производительности очистных сооружений (рисунок 4.7), схемы очистки сточных вод и обработки их осадков, параметров очищаемой сточной воды.

Скорость горизонтального потока сточных вод в песколовках должна быть в определенных пределах (0,15–0,3 м/с), так как чем больше скорость течения воды, тем сильнее турбулентность потока, больше вертикальная составляющая скорости движения воды и тем более крупные частицы будут выноситься с водой; чем медленнее течение, тем более мелкие и легкие частицы будут выпадать в осадок (песколовки рассчитываются таким образом, чтобы выпадал осадок только минерального происхождения, но не органического).

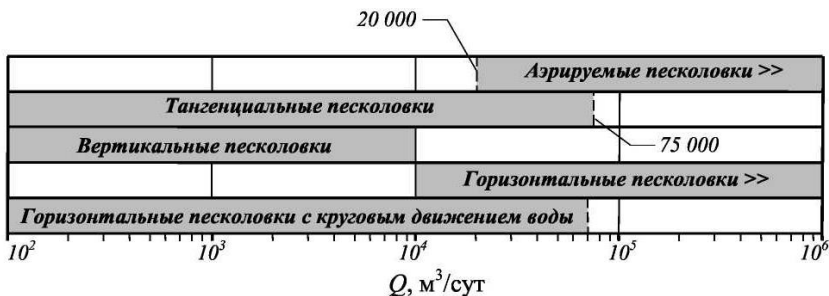


Рисунок 4.7 – Область применения различных типов песколовки в зависимости от производительности очистных сооружений

### Горизонтальные песколовки

Длина песколовки, м,

$$L_s = \frac{K_s H_s v_s}{u_0}, \quad (4.16)$$

где  $K_s$  – коэффициент;

$H_s$  – расчетная глубина песколовки, м, принимается по таблице 4.7;

$v_s$  – скорость движения сточных вод при максимальном притоке, м/с;

$u_0$  – гидравлическая крупность песка, м/с, принимается в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка по таблице 4.8.

Коэффициент  $K_s$  определяется по формуле

$$K_s = \frac{u_0}{\sqrt{u_0^2 - \omega^2}}, \quad (4.17)$$

где  $\omega$  – вертикальная турбулентная составляющая продольной скорости, м/с,

$$\omega = 0,05v_0, \quad (4.18)$$

$v_0$  – продольная скорость движения воды в песколовках, м/с, принимается по таблице 4.8.

Ширина отделения песколовки, м,

$$b_{p1} = \frac{\omega_{p1}}{H_s}, \quad (4.19)$$

где  $H_s$  – расчетная глубина песколовки, м;

$\omega_{p1}$  – площадь живого сечения одного отделения, м<sup>2</sup>.

Полученная ширина округляется до ближайшего стандартного значения (см. таблицу 4.7).

Таблица 4.7 – Технические характеристики горизонтальных песколовков с прямолинейным движением воды

Показатель	Пропускная способность очистной станции, тыс. м <sup>3</sup> /сут				
	70	100	140	200	280
Расчетный расход, м <sup>3</sup> /с	0,97	1,36	1,87	2,68	3,76
Число отделений	2	3	4	3	4
Размеры песколовки: – площадь сечения, м <sup>2</sup>	1,62	1,54	3,02	2,9	3,02
– длина, м, при гидравлической крупности частиц, мм/с:					
18,7	15,8	15,4	18,2	17,7	18,2
24,2	13,0	12,4	16,3	15,6	16,3
– глубина, м	0,58	0,55	0,67	0,65	0,67
– ширина, м	3	3	3	4,5	4,5

Таблица 4.8 – Продольная скорость движения воды в песколовках

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка $u_0$ , м/с	Продольная скорость движения воды в песколовках $v_0$ , м/с	
		горизонтальных	аэрируемых
0,05	0,0020	0,10–0,15	0,02–0,05
0,10	0,0059	0,10–0,15	0,02–0,05
0,15	0,0132	0,15–0,20	0,05–0,10
0,20	0,0187	0,15–0,20	0,05–0,10

Скорость движения сточных вод в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды, м/с, определяется по формулам:

– при максимальном притоке сточных вод

$$v_{s \max} = \frac{q_{w \max}}{b_{p1} n_p H_s}; \quad (4.20)$$

– при минимальном притоке сточных вод

$$v_{s \min} = \frac{q_{w \min}}{b_{p1} n_p H_s}. \quad (4.21)$$

Расчитанные скорости должны находиться в пределах 0,15–0,3 м/с.

Продолжительность пребывания сточных вод в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды, с, при максимальном притоке

$$t_{sm} = \frac{L_s}{v_{s \max}}. \quad (4.22)$$

Продолжительность пребывания должна быть не менее 30 с.  
 Объем бункера одного отделения горизонтальной песколовки, м<sup>3</sup>,

$$W_b = \frac{W_{\text{п}} T_{\text{ос}}}{n_p}, \quad (4.23)$$

где  $W_{\text{п}}$  – суточный объем песка, задерживаемого песколовкой, м<sup>3</sup>/сут;  
 $T_{\text{ос}}$  – интервал времени между выгрузками песка из песколовки, сут, принимается не реже одного раза в сутки.

Количество задержанного песка в среднем составляет 15 % от массы взвешенных веществ.

Глубина бункера, м,

$$h_b = \frac{W_b}{b_{\text{п1}}^2}. \quad (4.24)$$

Высота слоя осадка в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды, м,

$$h_{\text{ос}} = \frac{k_{\text{ос}} W_{\text{п}}}{n_p L_s b_{\text{п1}}}, \quad (4.25)$$

где  $k_{\text{ос}}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения осадка по площади песколовки, принимаемый равным 3.

Строительная высота горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды, м,

$$H_{\text{стр}} = H_s + h_{\text{ос}} + 0,5. \quad (4.26)$$

В соответствии с рассчитанными шириной, длиной и глубиной принимается типовая песколовка (см. таблицу 4.7) или проектируется индивидуально.

Расход производственной воды, дм<sup>3</sup>/с, при гидромеханическом удалении песка (гидросмывом с помощью трубопровода со spryskami, укладываемого в песковой лоток)

$$q_h = v_h l_{\text{sc}} b_{\text{sc}}, \quad (4.27)$$

где  $v_h$  – восходящая скорость смывной воды в лотке, принимаемая равной 0,0065 м/с;

$l_{\text{sc}}$  – длина пескового лотка, равная длине песколовки за вычетом длины пескового приямка, м;

$b_{\text{sc}}$  – ширина пескового лотка, равная 0,5 м.

Диаметр смывного трубопровода  $D_{str}$ , м, определяется исходя из скорости движения промывной воды в начале смывного трубопровода  $v_{str}$ , принимаемой в пределах от 2,5 до 3,5 м/с.

**Тангенциальные песколовки** применяются при расходах сточных вод до 75 000 м<sup>3</sup>/сут и обеспечивают более полное задержание песка с малым количеством органических соединений. Гидравлическая нагрузка составляет 110–130 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) при максимальном притоке. Глубина песколовки принимается равной половине диаметра.

Тангенциальные песколовки имеют круглую в плане форму. Подвод воды по касательной, что обеспечивает винтообразное движение: на периферии вода движется вниз, а в центре – вверх (рисунок 4.8).

Количество отделений песколовок  $n_{п}$  (не менее двух) назначается исходя из расхода на одно отделение не более 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

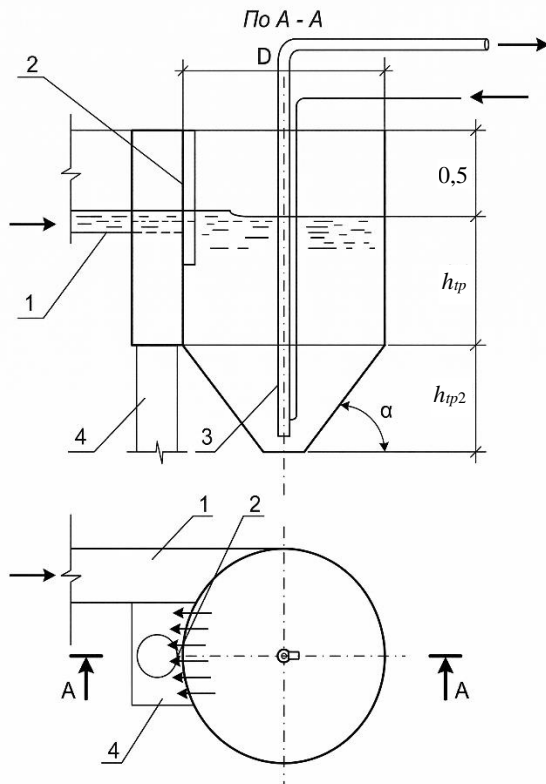


Рисунок 4.8 – Тангенциальная песколовка:

1 – подводящий лоток; 2 – водослив; 3 – эрлифт; 4 – отводящая труба

Площадь поверхности песколовки в плане, м<sup>2</sup>,

$$F_p = \frac{q_{w \max}}{u_0 n_{ip}}, \quad (4.28)$$

где  $u_0$  – гидравлическая нагрузка при максимальном притоке, м/с.

Диаметр одного отделения, м,

$$D_{ip} = \sqrt{\frac{4F_p}{\pi}}. \quad (4.29)$$

Диаметр песколовки округляется до стандартного значения и не должен превышать 6 м.

Глубина тангенциальной песколовки, м, принимается равной половине диаметра

$$h_{ip} = 0,5 D_{ip}. \quad (4.30)$$

Высота конусной части тангенциальной песколовки, м,

$$h_{ip2} = \sqrt{D_{ip}^2 - h_{ip1}^2}. \quad (4.31)$$

Полная строительная высота песколовки, м,

$$H_{str} = h_{ip} + h_{ip2} + 0,5. \quad (4.32)$$

Период между выгрузками осадка из тангенциальной песколовки, сут,

$$T_{ipos} = \frac{\pi n_{ip} D_{ip} h_{ip2}}{12W_{\Pi}}, \quad (4.33)$$

где  $n_{ip}$  – количество отделений тангенциальной песколовки;

$D_{ip}$  – диаметр отделения тангенциальной песколовки, м;

$h_{ip2}$  – высота конусной части тангенциальной песколовки, м;

$W_{\Pi}$  – суточный объем песка, задерживаемого песколовкой, м<sup>3</sup>/сут.

**Вертикальные песколовки** (рисунок 4.9) имеют цилиндрическую форму. Подвод воды осуществляется по касательной с двух сторон в основании, а отвод – кольцевым лотком. В конусной части собирается выпавший осадок.

При вертикальном движении воды вверх песок осаждается вниз. Поэтому скорость восходящего потока должна быть меньше гидравлической крупности улавливаемого песка ( $v < u_0$ ).

Количество отделений песколовки  $n_{ip}$  принимается не менее двух.

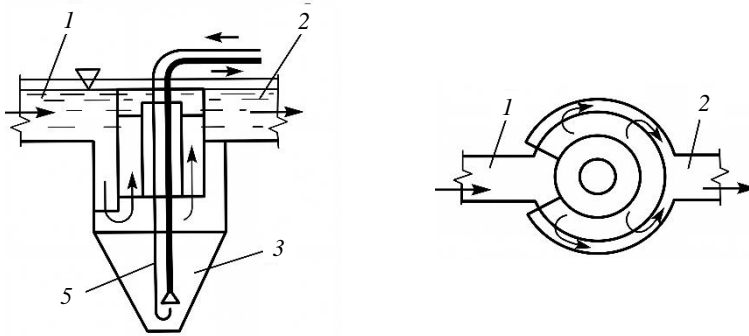


Рисунок 4.9 – Вертикальная песколовка:

1, 2 – подающий и отводящий каналы; 3 – песковый приямок; 4 – струенаправляющие щиты; 5 – гидроэлеватор

Площадь поверхности песколовки в плане, м<sup>2</sup>,

$$F_{vp} = \frac{q_{wmax}}{u_0 n_{vp}}, \quad (4.34)$$

где  $u_0$  – гидравлическая нагрузка, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

Диаметр одного отделения, м,

$$D_{vp} = \sqrt{\frac{4F_{vp}}{\pi}}. \quad (4.35)$$

Высота цилиндрической части песколовки, м,

$$h_p = t u_0, \quad (4.36)$$

где  $t$  – продолжительность пребывания сточных вод в песколовке, принимается в пределах от 120 до 180 с.

Высота конической части вертикальной песколовки, м, принимается равной 0,87 диаметра отделения песколовки

$$h_{kvp} = 0,87 D_{vp}. \quad (4.37)$$

Полная строительная высота песколовки, м,

$$H_{str} = h_p + h_{kvp} + 0,5. \quad (4.38)$$

Параметры песковой пульпы принимаются:

- влажность – до 70 %;
- плотность – 1,2–1,5 т/м<sup>3</sup>;
- содержание нефтепродуктов – не более 2 % в расчете на сухое вещество.

В очистных сооружениях большой производительности целесообразно использование песколовков со встроенными узлами отмывки и обезвреживания уловленного песка.

Параметры обезвоженной пескоульпы в этом случае принимаются:

- влажность – не более 40 %;
- плотность – 1,4–1,5 т/м<sup>3</sup>;
- содержание нефтепродуктов – не более 0,5 % в расчете на сухое вещество (уточняется по данным научно-исследовательских организаций и поставщиков оборудования).

Для улавливания и сбора песка, взвешенных, плавающих веществ, а также нефтепродуктов из поверхностных сточных вод при проектировании закрытых очистных сооружений могут использоваться комбинированные пескоуловители (рисунок 4.10). Эффективность осаждения по взвешенным веществам достигает 80 %. Во время отстаивания происходит частичное извлечение нефтепродуктов, которые собираются на поверхности. Коалесцентный модуль обеспечивает высокую степень удержания нефтепродуктов.

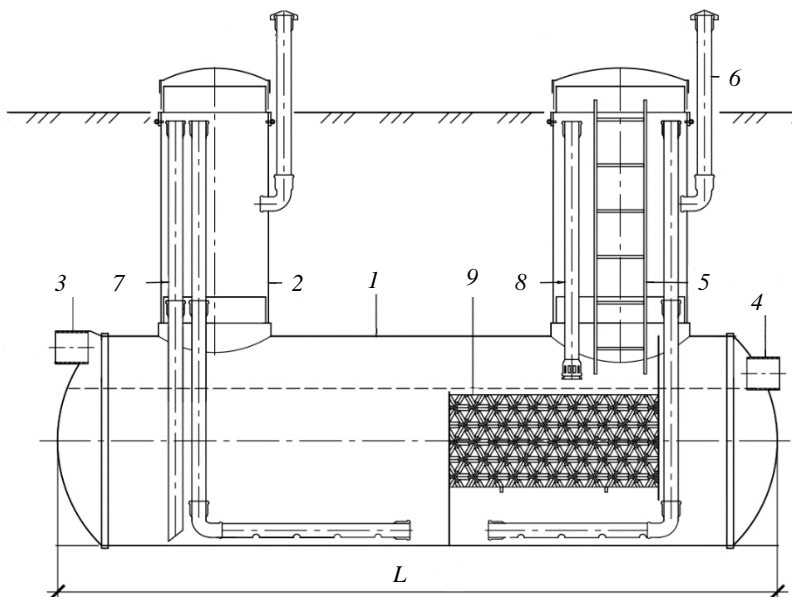


Рисунок 4.10 – Комбинированный пескоуловитель:

- 1 – корпус из стеклопластика; 2 – колодец; 3, 4 – подводящий и отводящий коллектор; 5 – съемная лестница из нержавеющей стали; 6 – вентиляционный стояк с дефлектором; 7 – трубопровод отведения осадка; 8 – трубопроводы отведения нефтепродуктов; 9 – коалесцентный загрузочный модуль

#### 4.4.3 Аккумулирование и предварительное осветление

В очистных сооружениях накопительного типа регулирование расхода и усреднение состава сточных вод, подаваемых на глубокую очистку, производится в *аккумулирующих резервуарах*.

На очистных сооружениях небольшой производительности или с относительно малозагрязненных территорий стадии аккумулирования и предварительной очистки (осветления) поверхностных сточных вод от механических примесей и нефтепродуктов методом статического отстаивания могут быть совмещены.

**Аккумулирующие резервуары** выполняются из монолитного железобетона. Для очистных сооружений малой производительности могут применяться серийно выпускаемые емкости из композитных полимерных материалов.

Конструкция и количество секций аккумулирующего резервуара принимаются с учетом его назначения и объема.

*При использовании аккумулирующего резервуара для регулирования расхода* отводимых на глубокую очистку сточных вод режим работы очистных сооружений предусматривает полное опорожнение (осушение) резервуара в конце периода очистки сточных вод от расчетного дождя или талого стока. В этом случае днище резервуара устраивается плоским с уклоном не менее 0,05 к водозаборному приямку. Для предотвращения отстаивания сточных вод в аккумулирующем резервуаре также может применяться гидравлическое или пневматическое взмучивание.

При отсутствии в схеме очистных сооружений проточных песколовков осаждение песка производится в аккумулирующем резервуаре (см. рисунок 4.6). Очистка днища резервуара от тяжелых минеральных примесей (песка) производится не менее 1–2 раза в год с применением средств механизации. Для этого в резервуаре устраивается проем в перекрытии и площадки перегрузки.

*При использовании аккумулирующего резервуара не только для регулирования расхода сточных вод, но и для их предварительного осветления* методом статического безреагентного отстаивания режим работы очистных сооружений предусматривает частичное опорожнение резервуара в конце периода очистки сточных вод от расчетного дождя или талого стока. В аккумулирующем резервуаре сохраняется придонный слой осадка и буферный слой осветленной воды.

Аккумулирующие резервуары необходимо оборудовать системами периодического сбора и удаления оседающих механических примесей и всплывающих веществ.

Для сбора и удаления всплывших нефтепродуктов применяются *нефтесборные устройства (скиммеры)*, обеспечивающие эффективную

эксплуатацию в условиях значительного колебания уровня заполнения аккумулялирующего резервуара.

В аккумулялирующих резервуарах небольшого объема днище целесообразно устраивать в виде ряда пирамидальных иловых приемков с уклоном стенок не менее  $45^\circ$ .

В резервуарах значительного объема иловые приемки необходимо устраивать в виде заглубленных относительно днища поперечных или продольных лотков с уклоном стенок не менее  $45^\circ$  и уклоном днища резервуара к лоткам не менее 0,05. Суммарный объем приемков определяется в зависимости от объема осадка при принятой периодичности его удаления.

Для удаления осадка с площади днища в лотки и приемки может применяться гидромеханическая система удаления осадка.

Основные параметры аккумулялирующих резервуаров:

- высота зоны отстаивания – 2–4 м;
- высота борта резервуара над максимальным уровнем воды – не менее 0,3 м;
- высота защитной зоны над максимальным уровнем осадка (буферный слой) – не менее 0,3–0,5 м.

При отстаивании поверхностных сточных вод в аккумулялирующем резервуаре в течение 1–3 суток *эффект снижения концентраций загрязняющих веществ составляет:*

- взвешенных веществ и нефтепродуктов – до 80–90 %;
- растворенных органических веществ по БПК<sub>5</sub> – 60–80 %, ХПК – 80–90 %.

Остаточная концентрация взвешенных веществ в отстаиванной воде может составлять 50–200 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов – 2–10 мг/дм<sup>3</sup> с селитяных территорий и до 10–50 мг/дм<sup>3</sup> с площадок предприятий.

Остаточное содержание растворенных органических соединений в пересчете на ХПК и БПК<sub>5</sub> может составлять 50–100 и 20–30 мг/дм<sup>3</sup> соответственно [12].

Для предварительных расчетов объема осадочной части аккумулялирующих резервуаров параметры осадка на дне аккумулялирующего резервуара (смесь песка, средне- и тонкодисперсной взвеси) к моменту его очистки ориентировочно принимаются:

- влажность – 98–99,5 % (с учетом буферного слоя);
- плотность – 1,05–1,15 т/м<sup>3</sup>;
- содержание нефтепродуктов – 3–5 % в расчете на сухое вещество (уточняется по данным научно-исследовательских организаций).

Удаление осадка из аккумулялирующего резервуара (с буферным слоем воды) осуществляется периодически (один раз в 3–6 месяцев) стандартной ассенизационной установкой на базе грузового автомобиля.

Полезный (рабочий) объем аккумулирующего резервуара для регулирования дождевого стока и последующего отведения его на сооружения глубокой очистки должен быть не менее объема дождевого стока от расчетного дождя  $W_{ос.д.}$ , рассчитанного по формуле (4.7). Также необходимо выполнять проверочный расчет на прием в аккумулирующий резервуар суточного объема талого стока в соответствии с подразд. 4.2. К проектированию принимается наибольшая величина.

Для накопления и временного хранения выделяемого из сточных вод осадка необходимо предусматривать дополнительный резерв объема аккумулирующего резервуара.

Полный гидравлический объем аккумулирующего резервуара увеличивается:

- на 5–10 % – при использовании преимущественно для регулирования расхода сточных вод;
- 35–45 % – используемого также для предварительного осветления сточных вод [12].

#### 4.4.4 Пруды-отстойники

На станциях большой производительности для отстаивания поверхностных сточных вод целесообразно устраивать **пруды-отстойники**.

*Основными элементами* прудов-отстойников являются:

- устройства (отсеки) для задержания нефтепродуктов;
- разделительные продольные и поперечные дамбы или стенки;
- водосбросные устройства, которые служат для сброса воды из верхних камер (секций) в нижние и сброса очищенной воды в водный объект или коллектор;
- устройства и оборудование для сбора нефтепродуктов, а также подземные емкости для них.

Пруды-отстойники устраиваются различных типов:

- изолированные от водного объекта, с водосбросными устройствами непосредственно в водный объект или коллектор дождевой канализации (рисунки 4.11, 4.12);
- каскадного типа с двумя последовательными секциями, расположенными в разных уровнях (рисунок 4.13);
- расположенные на сопряжении с водным объектом, с разделяющим устройством в виде сборно-разборной плотины (рисунок 4.14).

Односекционные пруды-отстойники устраиваются, когда площадь водосбросного бассейна не превышает 100 га. Секции в прудах-отстойниках создаются с помощью раздельных стенок (дамб), при этом в каждой верхней секции устраиваются отсеки для задержания нефтепродуктов, обычно ограждаемые полупогружными щитами.

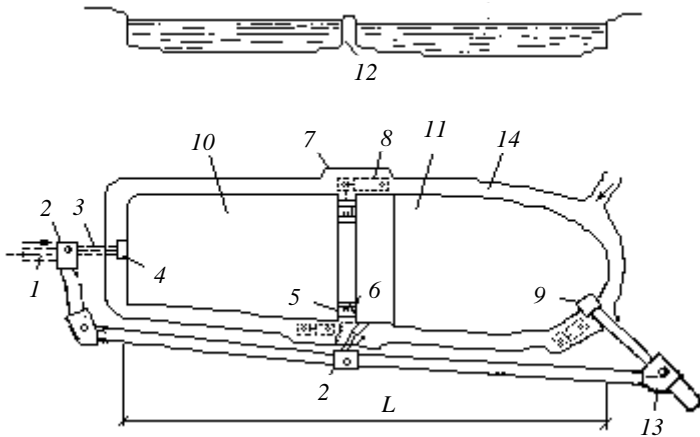


Рисунок 4.11 – Схема пруда-отстойника с секцией дополнительного отстаивания и с водосбросными устройствами в водный объект:

1 – коллектор дождевой канализации; 2 – распределительная камера; 3 – подводящий трубопровод; 4 – выпуск; 5 – поворотная щелевая труба; 6 – полупогружные щиты; 7 – емкость для отстаивания маслонефтепродуктов; 8 – водозаборный колодец; 9 – водосброс; 10 – секция отстойника; 11 – секция дополнительного отстаивания; 12 – разделительная дамба; 13 – камера сброса очищенной воды; 14 – подъездная дорога

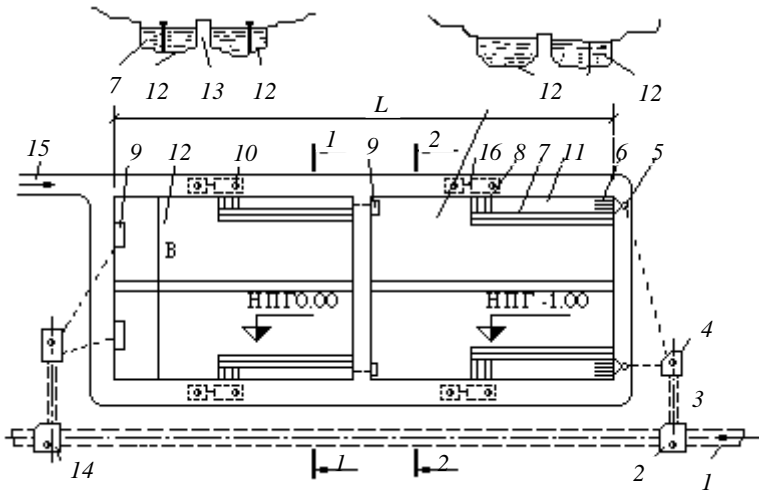


Рисунок 4.12 – Схема четырехсекционного пруда-отстойника:

1 – коллектор дождевой канализации; 2 – распределительная камера; 3 – подводящий трубопровод; 4 – камера переключения; 5 – рассеивающий выпуск; 6 – мусороулавливающая решетка; 7 – полупогружные щиты; 8 – емкость для отстаивания маслонефтепродуктов; 9 – водосброс; 10 – приемник маслонефтепродуктов; 11 – отсек для задержания маслонефтепродуктов; 12 – секция отстойника; 13 – разделительная дамба; 14 – камера сброса очищенной воды; 15 – подъездная дорога; 16 – водозаборные колодцы

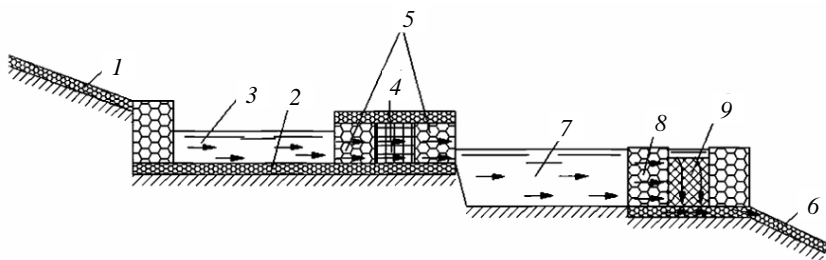


Рисунок 4.13 – Схема пруда-отстойника каскадного типа:

1 – водосточный коллектор; 2 – отстойная камера; 3 – секция грубой очистки; 4 – дополнительная фильтровальная камера; 5 – вертикальные стенки дополнительных фильтровальных камер; 6 – отводящий коллектор; 7 – глубоководный бассейн; 8 – фильтрующая дамба; 9 – фильтровальная

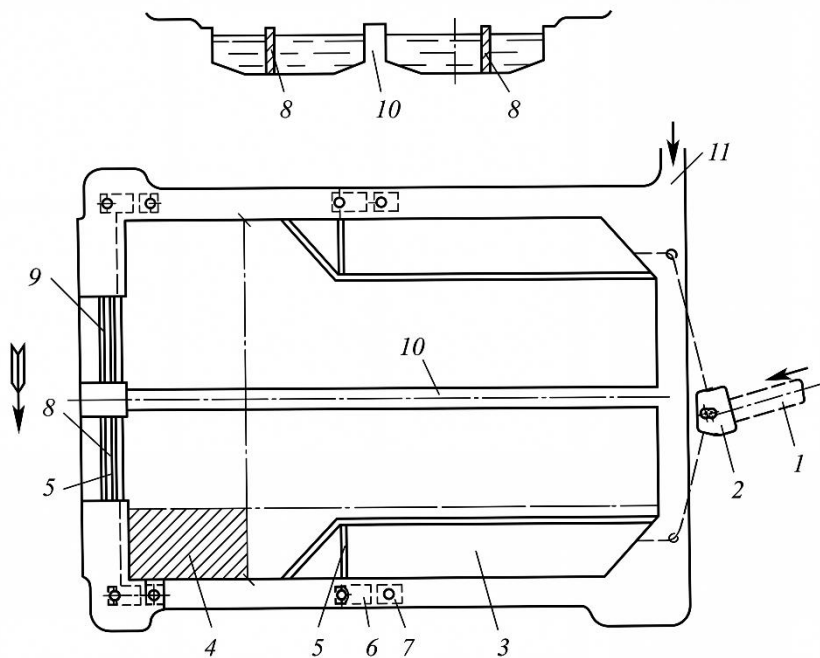


Рисунок 4.14 – Схема пруда-отстойника на сопряжении с водоемом:

1 – коллектор дождевой канализации; 2 – распределительная камера; 3 – отсек для задержания маслонефтепродуктов; 4 – секция отстойника; 5 – приемник маслонефтепродуктов; 6 – емкость для отстаивания маслонефтепродуктов; 7 – водозаборный колодец; 8 – полупогружные щиты; 9 – разборная плотина; 10 – разделительная дамба; 11 – подвездная дорога

Если пруд-отстойник разделен на поперечные секции, то отсеки для задержания нефтепродуктов устраиваются только в верхней секции пруда, а последующие используются для дополнительного отстаивания.

Длина отсека определяется расчетом, а ширина принимается конструктивно не менее 4–6 м. Во всех случаях соотношение ширины пруда-отстойника к его длине принимается не более 1:4.

При проектировании прудов-отстойников необходимо предусматривать возможность самостоятельной работы каждой секции и переключения их между собой.

Пруды-отстойники каскадного типа устраиваются на мостах автомобильных дорог I–IV технических категорий. На дорогах III–IV категорий целесообразно устраивать пруды-отстойники, состоящие из 1 или 2 каскадов, на дорогах I–II категорий – состоящие из 2 и более каскадов.

В случаях, когда по планировочным или другим местным условиям устройство прудов-отстойников или других очистных сооружений затруднено, предусматриваются стационарные щитовые заграждения в акватории водного объекта (рисунок 4.15). Такие заграждения могут устраиваться в русле реки (ниже существующих выпусков коллекторов).

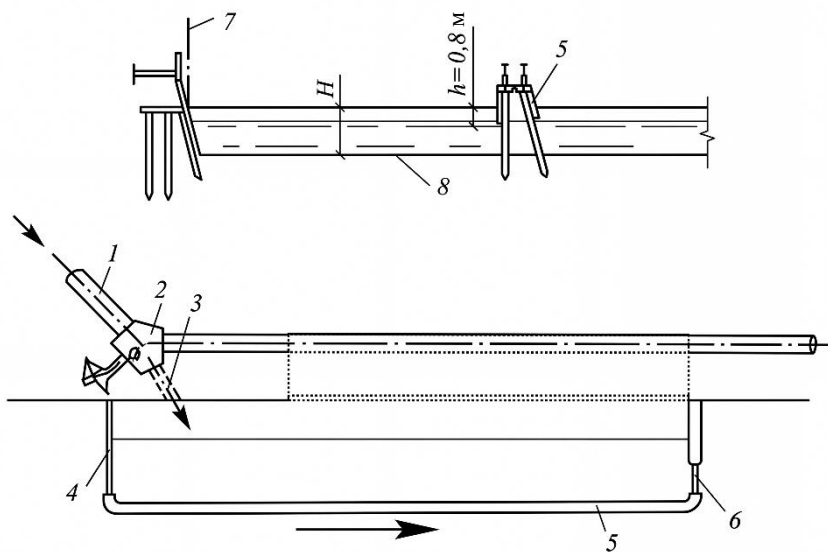


Рисунок 4.15 – Схема стационарного щитового сооружения:

- 1 – коллектор дождевой канализации; 2 – распределительная камера;
- 3 – подводный трубопровод; 4 – плавающее бонное заграждение;
- 5 – железобетонная навесная стенка; 6 – щитовой затвор; 7 – линия регулирования;
- 8 – линия расчистки дна

В этом случае в речное русло, перегороженное направляющей шпорной стенкой, поступает загрязненный поток от коллектора и смешивается с постоянным расходом реки.

Стационарные щиты заграждения погружаются на глубину 0,8 м от поверхности воды, при этом в них должен полностью задерживаться плавающий мусор, а также частично нефтепродукты и твердый сток. Размеры таких заграждений назначаются исходя из условия захода в акватории плавающих средств с механизмами для очистки от донных отложений и сбора плавающего мусора. Конструкции заграждений должны предусматривать устройства для швартовки плавсредств.

Сооружения закрытого типа обычно устраиваются на выпусках дождевой канализации в городские водные объекты или на устьевых участках притоков к главным коллекторам при площадях водосборного бассейна до 300 га.

Концентрация взвешенных веществ в воде, выходящей из прудов-отстойников, составляет 20–70 мг/л, а содержание нефтепродуктов – 3,0–7,0 мг/л. Эти сооружения громоздки, удаление осадков и всплывших нефтепродуктов из них вызывает большие трудности. Для создания прудов-отстойников обычно используют естественные понижения местности, овраги, карьеры, русла пересыхающих ручьев и другие, что также затрудняет повсеместное их применение.

#### 4.4.5 Реагентная обработка

Значительная часть загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод присутствует в тонкодисперсном, эмульгированном, коллоидном и растворенном состоянии. При подготовке стока к глубокой очистке целесообразным является использование *реагентной обработки* с применением коагулянтов и флокулянтов.

В качестве реагентов могут использоваться:

##### 1 Коагулянты

*Неорганические:*

- соли алюминия: сульфат алюминия ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), оксихлорид алюминия ( $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ ), алюминат натрия ( $\text{NaAlO}_2$ );
- соли железа: сульфат железа (III) ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), хлорид железа (III) ( $\text{FeCl}_3$ ), сульфат железа (II) ( $\text{FeSO}_4$ ).

*Органические (полимерные):*

- полиалюминий хлорид (ПАХ);
- полиалюминий гидроксихлорид (ПАХСл).

##### 2 Флокулянты

*Синтетические полимерные:*

- анионные (для отрицательно заряженных частиц): полиакриламид (ПАА), акриловые сополимеры;

– катионные (для органических загрязнений и эмульгированных нефтепродуктов): полидиаллилдиметиламмоний хлорид (полиDADMAC), полиамины, праестол;

– неионогенные (универсальные): полиакриламид без заряда.

*Природные и модифицированные:*

– крахмал и его производные;

– хитозан;

– альгинаты.

Минеральные коагулянты на основе *солей алюминия* или *железа* могут использоваться совместно со слабокатионными, слабоанионными, неионными *высокомолекулярными флокулянтами*. При экспериментальном обосновании может применяться обработка сточных вод сильноосновными катионными флокулянтами.

Выбор реагентов и их доз для каждого конкретного случая целесообразно производить экспериментально.

Обработка сточных вод реагентами производится в камерах смешения и хлопьеобразования (флокуляции), оснащенных электромеханическими перемешивающими устройствами, при соблюдении необходимого гидродинамического режима (интенсивность и продолжительность перемешивания), принятого на основании пробного коагулирования.

В отдельных случаях при реагентной обработке сточных вод перед стадией напорной контактной фильтрации процесс обработки коагулянтами или флокулянтами может производиться в специальном участке трубопровода – *статическом флокуляторе трубного типа* (рисунок 4.16) при обеспечении необходимого интервала времени между точками впуска коагулянта и флокулянта и общей продолжительностью контакта сточной воды с реагентами.



Рисунок 4.16 – Флокулятор трубного типа

Появление на рынке большого ассортимента органических коагулянтов и флокулянтов позволяет повысить эффективность очистки поверхностных сточных вод путем научно обоснованного выбора наиболее эффективных реагентов и оптимизации процесса флокуляции с учетом особенностей поверхностных сточных вод (минерализация, дисперстный состав и природа взвешенных веществ, наличие специфических загрязнений). При правильном выборе реагента эффективность очистки и производительность очистных сооружений могут быть увеличены в 2 раза и более. Это позволит отказаться от использования минеральных коагулянтов или уменьшить их расход и тем самым снизить солесодержание и коррозионную активность воды, улучшить обезвреживающие свойства осадка.

Основными критериями, определяющими выбор реагента для очистки поверхностных сточных вод, являются:

- температура сточных вод;
- концентрация и дисперсность взвешенных веществ;
- солесодержание;
- метод осветления воды после коагуляции;
- стоимость и товарный вид реагента.

Для очистки поверхностных сточных вод *отстаиванием* наиболее целесообразно применять *высокомолекулярные органические флокулянты* с молекулярной массой более 1 млн, которые эффективны при низких температурах, применяются в малых дозах, не изменяют солевой состав воды, ускоряют процесс осветления.

Органические коагулянты характеризуются низкой молекулярной массой (десятки или сотни тысяч) и высоким зарядом (содержание ионогенных групп – 100 %). Образующиеся хлопья загрязнений имеют значительно меньший размер, чем при использовании высокомолекулярных флокулянтов. Таким образом, последующее осветление воды отстаиванием будет менее эффективным, чем при использовании органических флокулянтов.

При использовании органических коагулянтов наиболее целесообразно для отделения частиц после коагуляции использовать фильтрацию и флотацию, которые эффективны для извлечения частиц с меньшей гидравлической крупностью.

Согласно исследованиям Л. В. Гандулиной при очистке поверхностных сточных вод отстаиванием наиболее эффективно применение высокомолекулярного катионного флокулянта «Праестол 853». При очистке воды фильтрованием в зависимости от требований к качеству очищенной воды и типа фильтрующей загрузки могут использоваться органический коагулянт «ВПК 402» и катионный высокомолекулярный флокулянт «Праестол 853» самостоятельно или совместно с минеральным коагулянтом. Высокая эффективность очистки поверхностных сточных вод высокомолекулярными

катионными флокулянтами и органическими коагулянтами обеспечивается при низких дозах реагента (0,5–1 мг/л).

Использование катионитового флокулянта «Праестол 852» в дозе 3 мг/л для очистки сточных вод объемом 800 м<sup>3</sup>/ч позволяет полностью отказаться от коагулянта сернокислого алюминия из-за высоких доз коагулянта, при которых достигается та же эффективность очистки, что и с одним флокулянтом.

#### 4.4.6 Реагентное отстаивание

Выделение основной массы органических и минеральных загрязнений из обработанных реагентами поверхностных сточных вод осуществляется в **отстойниках**. В зависимости от производительности очистных сооружений принимаются различные конструкции отстойников: *горизонтальные, вертикальные, радиальные, тонкослойные*.

Наиболее эффективными конструкциями являются объемно-тонкослойные отстойники комбинированного типа (рисунок 4.17), имеющие в едином корпусе секции безреагентного отстаивания, камеры смешения и хлопьеобразования, секции объемного и тонкослойного реагентного отстаивания, бункеры для накопления осадка. В них обеспечивается наиболее благоприятный гидродинамический режим течения очищаемых сточных вод, позволяющий достигнуть максимальной эффективности очистки.

Удаление всплывших нефтепродуктов в отстойниках может производиться нефтесборными *скиммерами*.

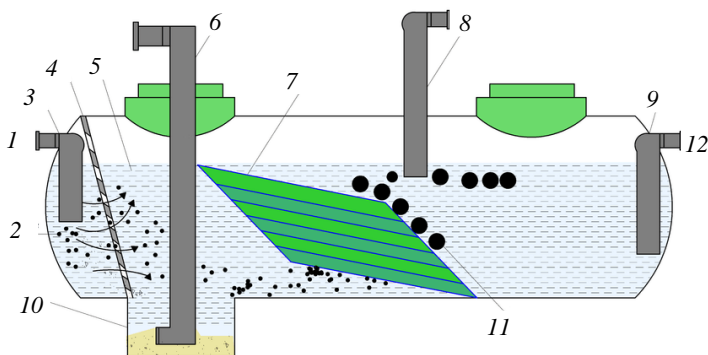


Рисунок 4.17 – Объемно-тонкослойный отстойник:

- 1 – трубопровод подачи исходной воды; 2 – нефтяные глобулы;
- 3 – распределительный лоток; 4 – решетка; 5 – камера предварительного отстаивания; 6 – гидроэлеватор для удаления осадка;
- 7 – тонкослойный блок; 8 – нефтесборная труба; 9 – водосборный лоток;
- 10 – бункер для сбора осадка; 11 – коалесценция глобул; 12 – трубопровод отвода очищенной воды

Расчет и проектирование отстойников осуществляется с учетом рекомендаций СН [12].

Расчетная гидравлическая крупность флокулированных загрязнений в поверхностных сточных водах принимается 0,25–0,4 мм/с или определяется экспериментально.

После реагентного отстаивания остаточная концентрация загрязнений в поверхностных сточных водах с селитебных территорий и предприятий первой группы для предварительных расчетов может быть принята:

- взвешенных веществ – 10–30 мг/дм<sup>3</sup>;
- нефтепродуктов – 1–2 мг/дм<sup>3</sup>;
- органических веществ, выраженных по ХПК, – 40–80 мг/дм<sup>3</sup> и БПК<sub>20</sub> – 10–15 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Параметры осадка в реагентных отстойниках зависят:

- от состава очищаемых сточных вод;
- конструкции отстойников;
- объема осадочных бункеров;
- способа и периодичности отведения осадка.

Они принимаются на основании технологических экспериментов или по данным научно-исследовательских организаций и разработчиков оборудования.

Для поверхностных сточных вод с территории предприятий второй группы эффективность реагентного отстаивания и параметры образующихся осадков необходимо определять на основании технологических экспериментов и испытаний.

#### 4.4.7 Реагентная флотация

**Метод реагентной флотации** применяется для очистки поверхностных сточных вод с территорий промышленных предприятий второй группы, характеризующихся повышенным содержанием нефтепродуктов (более 100 мг/дм<sup>3</sup>), ПАВ, жиров, масел и других эмульгированных жидкостей.

Для очистки данной категории вод применяются *напорная* (компрессионная) *флотация*, *импеллерная* и *электрофлотация*.

В **напорных флотационных установках рециркуляционного типа** для насыщения воздухом осветленных сточных вод в сатуратор подается 20–50 % общего расхода (рисунок 4.18). Давление насыщения воды воздухом в сатураторе должно быть не менее 0,4–0,5 МПа. Воздух в сатуратор подается от компрессора или через эжектор, установленный на обратном трубопроводе, соединяющем напорный и всасывающий трубопроводы насоса, подающего воду в сатуратор.

Наиболее эффективными конструкциями являются **напорные флотационные установки комбинированного типа**, включающие камеры смешения и хлопьеобразования, секции объемной и тонкослойной флотации, бункеры

для накопления осадка. В них обеспечивается наиболее благоприятный гидродинамический режим течения очищаемых сточных вод, позволяющий достигнуть максимальной эффективности очистки. Флотационная камера рассчитывается с коэффициентом использования объема  $K = 0,5$  на выделение флотокомплексов гидравлической крупностью 1,2–1,4 мм/с. Проектирование флотационных установок выполняется согласно рекомендациям действующего СН.

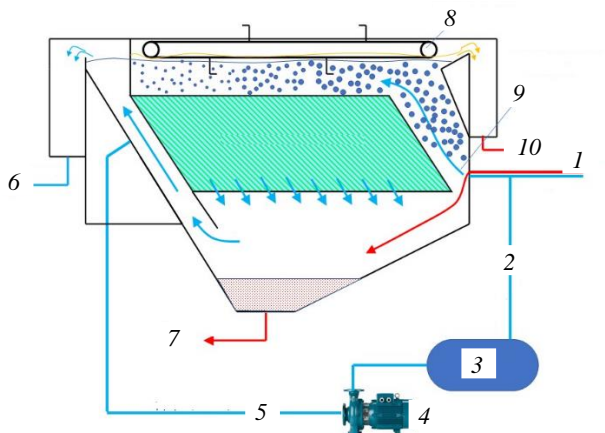


Рисунок 4.18 – Напорный флотатор:

- 1 – подача исходной воды; 2 – подача насыщенной кислородом воды; 3 – сатуратор; 4 – циркуляционный насос;
- 5 – циркуляция очищенной воды на линию сатурации;
- 6 – отвод очищенной воды; 7 – отвод осадка;
- 8 – скребковый механизм; 9 – зона формирования пены при десорбции газа; 10 – отвод флотопены

После реагентной напорной флотации остаточная концентрация загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод с селитебных территорий и предприятий первой группы для предварительных расчетов может быть принята:

- взвешенных веществ – 10–30 мг/дм<sup>3</sup>;
- органических примесей, оцениваемых по ХПК, – 40–80 мг/дм<sup>3</sup> и БПК<sub>5</sub> – 10–15 мг/дм<sup>3</sup>;
- нефтепродуктов – 0,7–1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Параметры смеси флотошлама и донного осадка в реагентных напорных флотаторах зависят от их конструкции, способа и периодичности отведения уловленных продуктов.

Эффективность реагентной напорной флотации и параметры образующихся флотошлама и осадков для поверхностных сточных вод с территории

промышленных предприятий второй группы целесообразно принимать на основании технологических экспериментов.

**Импеллерный флотатор** для очистки поверхностных сточных вод с территории предприятий второй группы должен иметь не менее трех последовательных камер, в которых устанавливаются импеллерные диспергаторы. За флотокамерами располагается зона отстаивания, которая рассчитывается на выделение флотокомплексов гидравлической крупностью 1,4 мм/с с коэффициентом использования объема  $K = 0,5$ . Установки импеллерной флотации могут работать с применением реагентов, раствор которых подается в аванкамеру, располагаемую в начале флотатора.

**Электрофлотационные установки** применяются при очистке небольших объемов поверхностных сточных вод с территорий промышленных предприятий второй группы с целью снижения концентрации эмульгированных нефтепродуктов и масел перед фильтрами.

Электрофлотаторы представляют собой отстойники со встроенной подвесной электрофлотационной камерой (рисунок 4.19). В качестве электродов может использоваться листовая алюминий толщиной 2–3 мм, нержавеющая сталь, а также титан и графит. Расстояние между электродами составляет 6–8 мм. Плотность тока может приниматься в пределах 250–400 А/м<sup>2</sup>.

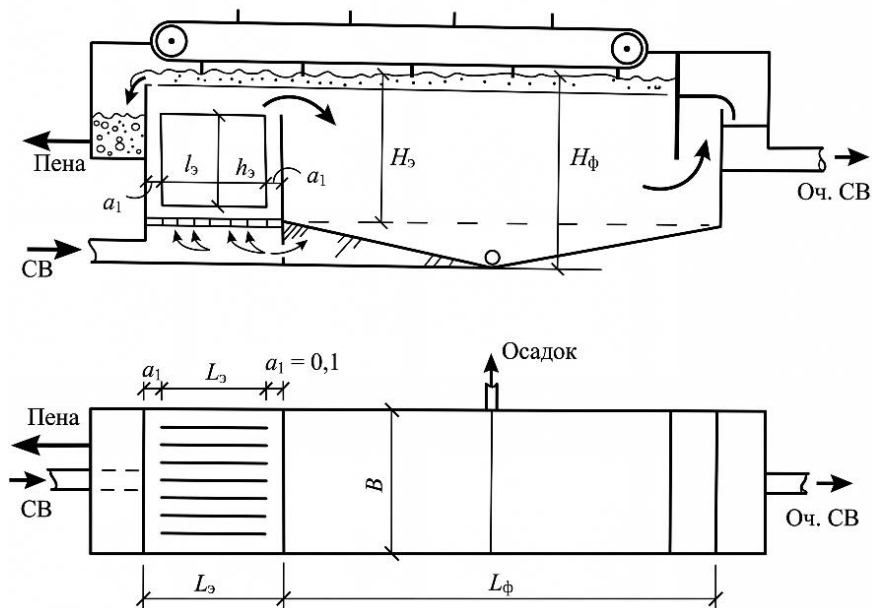


Рисунок 4.19 – Схема электрофлотационной установки

Флотокамера рассчитывается на выделение флотокомплексов гидравлической крупностью 1–1,2 мм/с при коэффициенте объемного использования  $K = 0,5$ . При электрофлотации может использоваться предварительная обработка воды реагентами. В этом случае раствор реагента подается в поток перед камерой хлопьеобразования, которая совмещается с камерой флотации. Продолжительность пребывания сточных вод в камере хлопьеобразования – около 10 мин.

#### 4.4.8 Фильтрование

В очистных сооружениях малой и средней производительности при очистке поверхностных сточных вод с относительно малозагрязненных территорий при применении предварительного осветления в аккумулялирующих резервуарах для выделения органических и минеральных загрязнений из обработанных реагентами сточных вод может применяться **метод контактной фильтрации**.

Доочистка поверхностных сточных вод с целью снижения концентрации взвешенных веществ до 1–3 мг/дм<sup>3</sup> осуществляется **фильтрованием** на напорных или открытых (безнапорных) фильтрах после стадии реагентного отстаивания/флотации/контактной фильтрации перед последующими стадиями глубокой доочистки от растворенных органических и минеральных загрязнений.

В качестве загрузки фильтров используются кварцевый песок, гидроантрацит, гранитная крошка. При обосновании могут использоваться новые (нестандартные) фильтровальные загрузки.

В настоящее время появляется много предложений по использованию как минеральных, так и синтетических фильтрующих материалов (сипрон, полиуретан, полистирол, капрон-щетина, синтетическая вата) для очистки поверхностных сточных вод.

Имеются предложения по применению обработанных природных материалов: торфа; алюмосиликата, приготовленного из синей глины.

Согласно исследованиям В. Г. Пономарева торфяная загрузка фильтра слоем 200 мм с пористостью 85–86 % при скорости фильтрации 4 м/ч позволяет обеспечить очистку воды по взвешенным веществам до 5–10 мг/л, по нефтепродуктам – до 0,4–0,5 мг/л. Фильтр, загруженный алюмосиликатом на высоту 1 м, обеспечивает очистку поверхностных сточных вод по взвешенным веществам до 4–5 мг/л (при исходном содержании до 30 мг/л) и по нефтепродуктам до 0,4–0,5 мг/л (при концентрации в сточной воде, поступающей на фильтры, до 2,0 мг/л).

Фильтры с торфяной загрузкой целесообразно применять при малых расходах, что обусловлено быстрым ростом потерь напора в загрузке и невозможностью ее регенерации. Торфяная загрузка подлежит замене и утилизации.

*При проектировании фильтров принимается:*

- направление фильтрования – сверху вниз;
- скорость фильтрования в контактных фильтрах – 8–10 м/ч, в фильтрах доочистки – 6–8 м/ч;
- продолжительность фильтроцикла – 8–24 ч в зависимости от степени загрязнения сточных вод, скорости фильтрования и характеристик фильтровальной загрузки.

Загрязненные воды от промывки фильтров отводятся в аккумулялирующий резервуар.

В качестве эффективного фильтровального оборудования могут применяться современные самопромывающиеся зернистые фильтры непрерывного действия.

В связи с периодичностью работы очистных сооружений дождевой канализации, включая длительные периоды простоя, предусматривается периодическая промывка фильтровальной загрузки контактных фильтров дезинфицирующими агентами.

Работу контактных фильтров целесообразно автоматизировать. В качестве технологических показателей для управления работой фильтров используются мутность фильтрованной воды, перепад давления на фильтрах (повышение напора перед фильтрами) сверх установленной предельной величины.

#### 4.4.9 Адсорбция

Глубокая доочистка поверхностных сточных вод от растворенных нефтепродуктов и ряда других органических веществ достигается на напорных или безнапорных **сорбционных фильтрах** с плотным слоем загрузки гранулированного активированного угля. Глубокой доочистке подвергаются сточные воды после механической и реагентной очисток и фильтрования через фильтры с инертной зернистой загрузкой.

Содержание взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на сорбционные фильтры, не должно превышать 2 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов – 0,5–1 мг/дм<sup>3</sup>.

В качестве загрузок сорбционных фильтров применяются сорбенты:

- *углеродные*: активированный уголь (гранулированный – ГАУ, порошок – ПАУ), древесный уголь (более дешевый, но менее эффективный);
- *минеральные*: цеолиты (природные и синтетические), глинистые сорбенты (бентонит, диатомит);
- *полимерные и синтетические*: полипропиленовые волокна («Петромат»), вспененные полимеры (полиуретан, полистирол);
- *природные органические*: торф, кокосовая стружка/волокно, хитозан.

Наибольшее распространение для доочистки поверхностных сточных вод получили гранулированные активированные угли с крупностью фракций не более 0,8–5 мм.

При проектировании сорбционных фильтров принимается:

- направление фильтрования – сверху вниз;
- скорость фильтрования – 6–10 м/ч;
- продолжительность работы фильтров до истощения сорбционной емкости – не менее 0,5 года.

Промывка сорбционных фильтров от взвешенных веществ осуществляется очищенной сточной водой. Периодичность промывки устанавливается по данным натурной эксплуатации. Загрязненные воды от промывки фильтров отводятся в аккумулирующий резервуар.

Отработанная сорбционная загрузка заменяется или подвергается термической регенерации.

В качестве эффективного фильтровального оборудования могут применяться современные самопромывающиеся адсорбционные фильтры непрерывного действия.

Для очистки поверхностных сточных вод также могут применяться сорбционные фильтры с фильтрующей загрузкой в виде *углеродных волоконистых сорбентов*.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ могут применяться безнапорные сорбционные фильтры (БСФ) (рисунок 4.20).

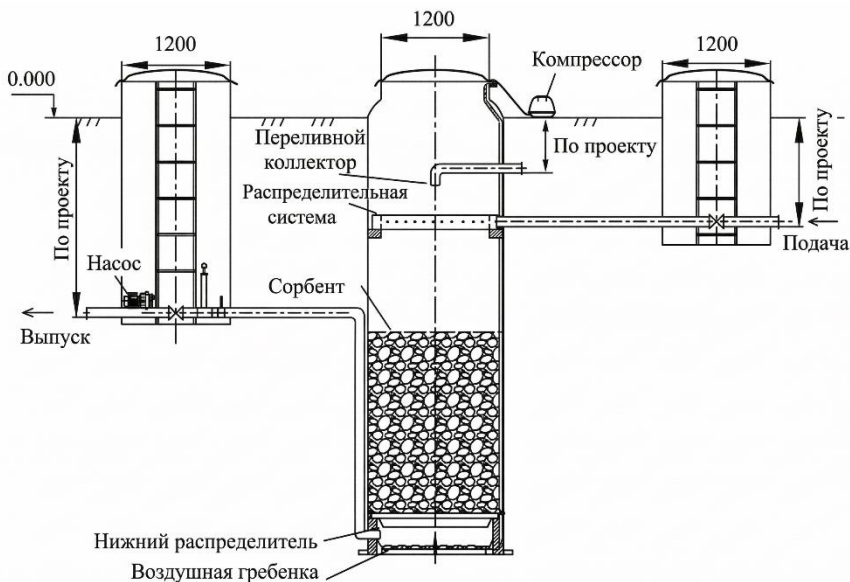


Рисунок 4.20 – Принципиальная схема безнапорного сорбционного фильтра

Безнапорный сорбционный фильтр имеет цилиндрический корпус, выполненный из армированного стеклопластика, в котором размещаются фильтрующий материал (сорбент) и вспомогательное оборудование – верхнее и нижнее распределительные устройства, арматура, воздухопровод и т.д. Емкости из армированного стеклопластика представляют собой основную строительную конструкцию, являются инженерными сооружениями, выдерживающими нагрузки от давления грунта и грунтовых вод, а также массы технологического оборудования.

Материалы, применяемые при изготовлении фильтра (армированный стеклопластик, ПВХ, нержавеющая сталь) не поддаются коррозии и гниению, устраняя тем самым необходимость профилактических работ по противокоррозионной защите корпуса и обеспечивая длительный срок службы сооружений.

Срок службы рабочей эксплуатации стеклопластиковой емкости фильтра не менее 50 лет.

Диаметр корпуса фильтра выбирается в зависимости от требуемой производительности, а его высота и масса изменяются в зависимости от глубины залегания подводящих коллекторов.

В таблице 4.9 представлена характеристика степени очистки поверхностных сточных вод в безнапорном сорбционном фильтре.

**Таблица 4.9 – Степень очистки поверхностных сточных вод в безнапорном сорбционном фильтре**

Вид загрязнений	Концентрация, мг/л	
	на входе	на выходе
Нефтепродукты	0,3–0,5	0,03–0,005
	3,0–5,0	0,3–0,5
Взвешенные вещества	До 10	1,0–3,0
	До 20	5,0–10,0

В технологической схеме очистки поверхностных сточных вод перед фильтром должен располагаться пескоилоуловитель и/или нефтеуловитель, обеспечивающие очистку воды до требуемой концентрации.

#### **4.4.10 Биологическая очистка**

Для удаления из поверхностных сточных вод растворенных органических соединений, характеризуемых показателями ХПК и БПК<sub>5</sub>, а также для снижения содержания СПАВ и других специфических загрязняющих компонентов техногенного происхождения (фенолов, формальдегида, этиленгликоля и т. д.), соединений азота (аммонийного, нитратного) и фосфора применяется **биологическая очистка**.

В технологической схеме очистных сооружений поверхностных сточных вод стадия биологической очистки применяется после механической. Содержание взвешенных веществ в составе сточных вод, поступающих на биологическую очистку, не должно превышать 25–50 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов – 5 мг/дм<sup>3</sup>, других специфических загрязнений – в концентрациях, не превышающих максимально допустимые для биологической очистки.

В зависимости от вида и концентрации загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод **биологическая очистка** (или доочистка) может осуществляться:

- в естественных условиях (на *почвенных фильтрах*, в *биологических прудах*, на *биологических плато*, *гидрботанических площадках*);
- *специальных сооружений с микрофлорой*, закрепленных на различных подвижных или стационарных носителях (активных или инертных).

Применение загрузочных материалов на стадии биологической очистки поверхностных сточных вод целесообразно:

- при необходимости увеличения производительности очистных сооружений;
- при обработке слабоконцентрированных дождевых сточных вод при БПК<sub>5</sub> ниже 50 мг/дм<sup>3</sup> и наличии в воде трудноокисляемых органических соединений, характеризующихся низким приростом активного ила.

В случае присутствия в поверхностных сточных водах трудноокисляемых органических загрязнений (СПАВ, нефтепродукты и др.) в качестве загрузочного материала применяется активированный уголь (гранулированный фракцией 1–3 мм или порошкообразный). Сочетание биологических и сорбционных процессов в одном сооружении позволяет максимально использовать преимущества каждого.

Совмещение биологических и сорбционных процессов с применением дробленых цеолитов (фракцией 1–3 мм) позволяет интенсифицировать процесс нитрификации и обеспечить глубокое удаление аммонийного азота из поверхностных сточных вод.

Применение активированного угля и цеолитов на стадии биологической очистки или доочистки не требует их замены за счет непрерывной биологической регенерации сорбента. Процессы нитрификации и окисления органических загрязнений в сооружениях с прикрепленным биоценозом протекают достаточно эффективно и при низких температурах (до 3 °С).

Для увеличения окислительной мощности и сокращения объемов сооружений биологической очистки могут использоваться технологии мембранного биореактора (МБР), сочетающие процессы биологической очистки и мембранного разделения иловодяной смеси.

При очистке поверхностных сточных вод на биосорберах содержание органических веществ по ХПК снижается с 100–140 до 20–30 мг/л, по БПК<sub>5</sub> – с 50–70 до 1–2 мг/л, концентрация азота аммонийного – с 6–12 до 0,39 мг/л, нефтепродуктов – с 1–2 до 0,05–0,06 мг/л.

Для удаления трудноокисляемых органических загрязнений целесообразно использовать активированные угли, а для нитрификации – клиноптиолит.

#### 4.4.11 Габионные очистные фильтрующие сооружения

**Габионы** – это специальные инженерные конструкции в виде ящиков, изготовленных из металлической сетки двойного кручения, с заполнителем (галька, щебень, булыжники, бутовый камень). Данный вид покрытия защищает проволоку, а также обеспечивает большую стабильность к химическим, механическим, коррозионным и другим воздействиям.

Они применяются для очистки поверхностных сточных вод, а также для ландшафтных работ, армирования грунта, облицовки каналов и дамб, укрепления берегов и склонов, стабилизации почвенной эрозии, консервации почвы и пр. Если габионные конструкции используются в агрессивной среде, проволока для их изготовления дополнительно покрывается оболочкой из полиэтилена низкого давления.



Для изготовления коробчатых габионов используется специальная сеть, переменная разрывная нагрузка которой равна 350–500 кг/м. Подобная разрывная нагрузка позволяет коробчатым габионам выдерживать значительные нагрузки долгое время без перерыва.

Благодаря тому, что сетчатые конструкции габионов способны поглощать любые осадки, при этом не повреждая само сооружение, габионы считаются достаточно устойчивыми к этим влияниям окружающей среды.

При монтаже габионы загружают каменным материалом и связывают между собой. После заполнения формируется строительный элемент – габион с пористостью около 30–40 %. По прошествии времени оставшийся свободным объем пор заполняется частицами почвы. Через определенный промежуток времени происходит полная консолидация габионного сооружения. И уже после этого оно остается неизменным и может служить достаточно долгое время. Каждый габион крепко связан с соседними оцинкованной проволокой, что делает конструкцию монолитной.

**Габионные очистные сооружения** (рисунок 4.21) представляют собой: габионные лотки – часть русла водотока, укрепленные габионами, небольшие каскадные водоемы, отделенные друг от друга плотинами, и биоплато – искусственный водоем, засаженный макрофитами (чаще всего рогозом широколистным).

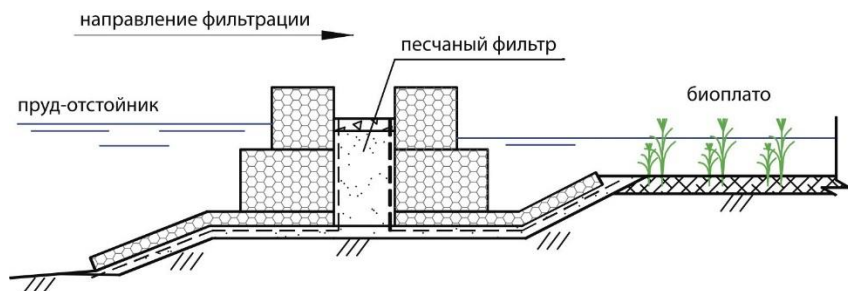


Рисунок 4.21 – Схема габионных очистных сооружений

Применение габионных конструкций вместо железобетонных в сочетании с биоплато, вписывание сооружений в естественные формы рельефа дает основание считать их природоподобными, а используемые технологии – относить к **бионженерным**.

Основными условиями работы габионных сооружений являются:

- наличие перепада высот не менее 1 м в абсолютных отметках лотков водоподводящей и водоотводящей труб;
- наличие участка, имеющего достаточную площадь для размещения сооружения соответствующей производительности.

Габионные водопропускные и очистные фильтрующие сооружения эстетически привлекательны, сочетают несколько функций (водоотведение, очистку стоков, защиту от эрозии прилегающей территории), быстро проектируются и строятся. Они безаварийны, так как основаны на постоянно действующих естественных процессах.

Габионы могут подвергаться различным модификациям, так как в них предусмотрены фильтрующие камеры для зернистой загрузки и сорбентов.

В отличие от промышленного сооружения, которое не может работать без регулярной эксплуатации, габионные сооружения продолжают очищать поверхностные сточные воды длительное время и без обслуживания, не снижая эффективность очистки.

#### 4.4.12 Озонирование

Для удаления из поверхностных сточных вод специфических примесей: фенолов, формальдегида, СПАВ и других органических веществ применяется **озонирование**.

Озонированию подвергаются сточные воды после предварительной механической и реагентной обработки.

Проектирование и расчет озонаторных установок производится с учетом:

- состава обрабатываемой воды;
- удельного расхода озона на единицу окисляемых веществ (1,5–5 мг/мг фенола, формальдегида, СПАВ) и его содержания в озоновоздушной смеси генераторов озона 15–25 мг/дм<sup>3</sup>;
- технологических испытаний для каждого конкретного случая.

#### 4.4.13 Ионный обмен

Доочистка поверхностных сточных вод от соединений тяжелых металлов и аммонийного азота может осуществляться ионным обменом с использованием **ионообменных материалов**:

- природных минеральных (*клиноптилолит, шабазит, хизатон*);
- синтетических (*пуrolит, амберлит, Dowex*) – выпускаемых в виде гранул диаметром 0,2–2,0 мм.

На ионообменную установку необходимо подавать поверхностные сточные воды после глубокой доочистки от механических примесей и органических загрязнений с содержанием взвешенных веществ не более  $5 \text{ мг/дм}^3$ , величиной ХПК не более  $8 \text{ мг/дм}^3$  и общей жесткостью не более  $4 \text{ мг-экв/дм}^3$ .

При проектировании ионообменных фильтров для очистки поверхностных сточных вод принимается:

- скорость фильтрования при нормальном режиме эксплуатации – 12–15 м/ч;
- высота слоя загрузки – 1,0–2,5 м.
- соотношение диаметра к высоте – 1:1,5–1:2,5.

#### 4.4.14 Баромембранные процессы

В составе технологических схем очистки поверхностных сточных вод могут применяться **баромембранные процессы**:

- микро- и ультрафильтрации для удаления загрязняющих веществ, находящихся во взвешенном, коллоидном и эмульгированном состоянии;
- нанофильтрации и обратного осмоса для удаления загрязняющих веществ, находящихся в растворенном состоянии.

Режимы работы мембранных аппаратов, а также состав сточных вод, подаваемых на стадии мембранной очистки, регламентируются рекомендациями компаний – производителей мембранной техники. Промывные воды и концентрат отводятся в аккумулирующий резервуар.

*Преимущество* применения метода обратного осмоса для очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов, СПАВ и других загрязнений заключается в экономии расходных материалов (сорбентов) и реагентов (для очистной станции производительностью  $2 \text{ м}^3/\text{ч}$  годовые затраты на замену сорбционных загрузок в 8–9 раз превышают затраты на химическую регенерацию мембран), а утилизация концентрата обратноосмотических установок может быть достигнута за счет многократного уменьшения его объема в процессе концентрирования.

#### 4.4.15 Обеззараживание

Дождевые и талые сточные воды с селитебных территорий и площадок предприятий перед сбросом в водные объекты или повторным использованием в системах производственного водоснабжения подлежат обеззараживанию.

Перед отведением поверхностных сточных вод в централизованную сеть городской канализации населенных пунктов для совместной очистки с бытовыми сточными водами их обеззараживание может не производиться, за исключением сточных вод, содержащих возбудители инфекционных заболеваний.

Обеззараживание осуществляется на заключительном этапе очистки сточных вод, поскольку эффект существенно зависит от качества поступающих на обеззараживание сточных вод.

На выбор метода обеззараживания (хлорирование, озонирование, УФ-облучение) влияет:

- расход поверхностных сточных вод;
- качественный состав поступающих сточных вод;
- условия поставки, транспортировки и хранения реагентов;
- возможности автоматизации процессов и условий отведения очищенных сточных вод в водный объект или использования в системах производственного водоснабжения.

В качестве обеззараживающего реагента может применяться флокулянт, обладающий флокулирующим и биоцидным действием, – *полигексаметиленгуанидин*, позволяющий:

- снизить содержание нефтепродуктов, мелкодисперсной взвеси, органических веществ, тяжелых металлов;
- предотвратить развитие биологических обрастаний на фильтрующих загрузках, заиливание воды и осадков.

#### **4.5 Принципиальные схемы очистных сооружений поверхностных сточных вод**

Очистка поверхностных сточных вод с городской территории может производиться как самостоятельно, так и совместно с очисткой городских сточных вод.

При **совместной очистке** поверхностных и городских сточных вод технологическая схема дополняется регулирующей емкостью, а в ряде случаев применяется контактно-стабилизационный метод (рисунок 4.22). Схема совместной очистки зависит от способа подачи сточных вод на очистные сооружения. При подаче городских и поверхностных сточных вод по единому коллектору разделительная камера устанавливается после песколовок.

Время пребывания смеси сточных вод в первичных отстойниках принимается не менее 60 мин. В качестве регулирующей емкости применяются горизонтальные или радиальные первичные отстойники. Объем регулирующей емкости определяется исходя из условия опорожнения ее в течение 24 ч с момента начала дождя.

Из регулирующей емкости сточная вода после отстаивания подается в аэротенки в количестве не более 50 % от расхода, на который они рассчитаны. Суммарный расход обрабатываемой в аэротенках сточной воды не должен превышать 150 % от расхода в сухую погоду.

Контактно-стабилизационный метод применяется при наличии на станции аэрации аэробных стабилизаторов для обработки избыточного активного ила.

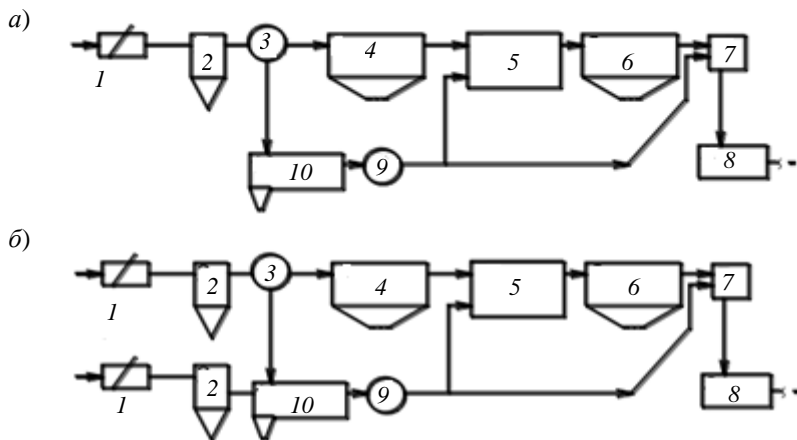


Рисунок 4.22 – Принципиальные схемы совместной очистки поверхностных и городских сточных вод:

- а* – подача сточных вод по одному коллектору;  
*б* – подача сточных вод по отдельным коллекторам;  
 1 – решетки; 2 – песколовки; 3 – разделительная камера; 4 – первичные отстойники;  
 5 – аэротенки; 6 – вторичные отстойники; 7 – узел обеззараживания; 8 – контактный резервуар; 9 – насосная станция; 10 – регулирующий резервуар

Время контакта при очистке смеси городских и поверхностных сточных вод при дозе ила в контактном резервуаре 3 г/л должно составлять 30 мин, а при самостоятельной очистке поверхностных сточных вод и дозе ила 4 г/л – 35 мин.

Если очистить весь объем поверхностных сточных вод за счет форсированной работы аэротенков или контактно-стабилизационным методом невозможно, то дополнительно предусматривается устройство накопительного резервуара. Из этого резервуара в период снижения поступления общего расхода на очистные сооружения сточные воды попадают в аэротенк.

Сооружения по первичной очистке поверхностных сточных вод необходимы для защиты емкостных сооружений от нефти и других плавающих примесей, крупных тяжелых предметов, уплотняющихся и цементирующихся материалов. В качестве сооружений первичной очистки могут применяться песколовки или нефтеловушки, рассчитанные на краткосрочное отстаивание воды. Аккумуляция и осветление поверхностных сточных вод целесообразно совмещать.

В настоящее время для очистки поверхностных сточных вод наиболее распространены схемы, включающие аккумуляцию, отстаивание и фильтрацию. Для интенсификации очистки в данных схемах обычно применяются наиболее известные и дешевые реагенты (сернокислый алюминий и

полиакриламид). В последнее время внедряются схемы, включающие аккумулярование поверхностных сточных вод, обработку воды оксихлоридом алюминия и катионитовым флокулянт «Праестол 650», фильтрование на фильтрах из вспененного полистирола.

Для небольшого объекта может быть использована схема отведения и очистки дождевых сточных вод, приведенная на рисунке 4.23.

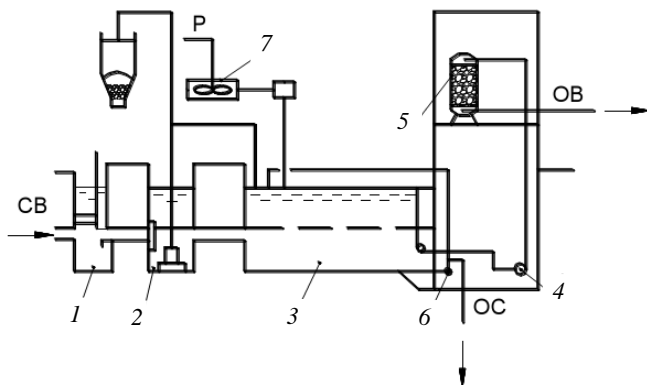


Рисунок 4.23 – Схема узла очистки поверхностных сточных вод малой производительности:

- 1 – камера улавливания нефти; 2 – камера для насоса и решетки;
- 3 – отстойник-аккумулятор; 4 – насос для осветленной воды;
- 5 – фильтры механические и сорбционные; 6 – насос для осадка и перемешивания; 7 – реакгентное хозяйство; СВ – сточные воды;
- ОВ – очищенная вода; P – реагент; ОС – осадок

Поступление сточных вод самотечное. По ходу движения сточные воды проходят нефтеуловительную камеру 1 с гидрозатвором, камеру 2 для погружного насоса (в камере установлена решетка корзиночного типа) и поступают в отстойник-аккумулятор 3.

Коагуляция воды осуществляется в контактном режиме (разовая подача реагента, перемешивание воды с насосом и затем отстаивание). Осветленная вода подается на фильтры с загрузкой, позволяющей очищать воду механически и извлекать нефть сорбцией.

Возможна безреагентная схема очистки слабоконцентрированных сточных вод. Для очистки поверхностных сточных вод относительно большой промзоны (более 50 га) с глубоко уложенной сетью может применяться схема, приведенная на рисунке 4.24.

Сточные воды поступают в камеру 1 для улавливания нефти и песка, далее – в насосную станцию 2, а затем – в отстойник-аккумулятор 3. Реагентное (либо безреагентное) осветление и фильтрование воды осуществляется аналогично схеме, приведенной на рисунке 4.22.

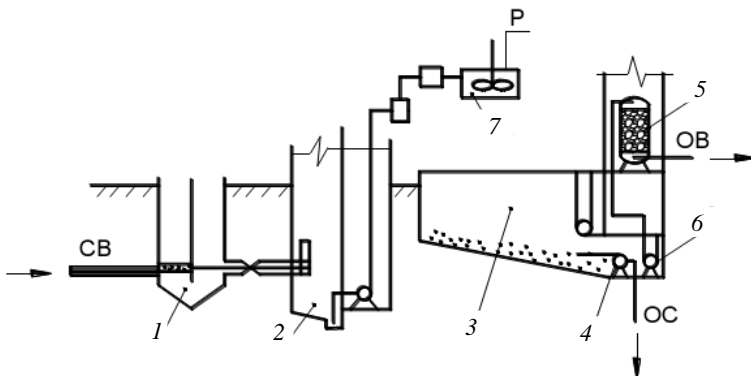


Рисунок 4.24 – Схема узла очистки поверхностных сточных вод большой и средней производительности:

- 1 – камера улавливания нефти; 2 – насосная станция; 3 – отстойник-аккумулятор;  
 4 – насос для осадка; 5 – фильтры механические и сорбционные;  
 6 – насос для осветленной воды; 7 – реагентное хозяйство; СВ – сточные воды;  
 ОВ – очищенная вода; Р – реагент; ОС – осадок

СПБГАСУ разработана принципиальная схема очистки поверхностных сточных вод (рисунок 4.25). При исходных концентрациях загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод, близких к средним значениям, из состава очистных сооружений может быть исключена ступень сорбции 5. При более низких значениях исходной загрязненности могут исключаться ступени 5 и 3 или 4 (в зависимости от конкретных значений загрязнений). Кроме того, предлагаемая схема очистки позволяет исключать ступени глубокой обработки воды при снижении требований к качеству очищенных вод и компоновать состав очистных сооружений из отдельных модулей.

Для очистки поверхностных сточных вод с городской территории институтом МосводоканалНИИпроект, по рекомендациям ВНИИ ВОДГЕО, была разработана технологическая схема, приведенная на рисунке 4.26.

Технология очистки предполагает сбор всего объема выпавшего дождя в аккумулирующей емкости (обеспечивается удаление взвешенных веществ до 100 мг/л и нефтепродуктов – до 30 мг/л), а также фильтрацию через две и более ступени пористых материалов. При необходимости более глубокой очистки на последней ступени могут применяться материалы, обладающие высокой сорбционной способностью. При высоких исходных концентрациях нефтепродуктов возможна пятиступенчатая фильтрация.

Основными недостатками последних двух схем являются высокая стоимость сорбционных материалов и угольных загрузок, а также практическая невозможность регенерации последних в производственных условиях и, следовательно, необходимость периодической их замены.

Для очистки дождевого стока с территории г. Самары разработана технологическая схема, приведенная на рисунке 4.27 [1].

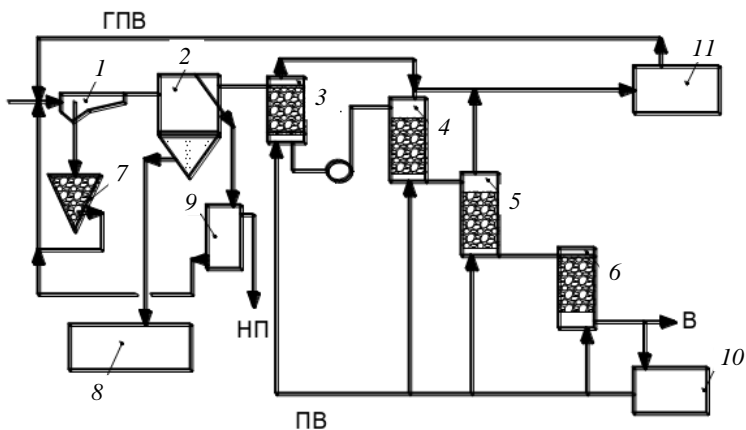


Рисунок 4.25 – Схема очистки дождевых сточных вод:

1 – песколовка; 2 – отстойник; 3, 4, 5 – фильтры соответственно с песчаной, керамзитовой, пенополиуретановой загрузкой; 6 – фильтры с углеродсодержащим волокном; 7 – песчаный бункер; 8 – узел обезвоживания осадка; 9 – сборник нефтепродуктов; 10 – резервуар промывных вод; 11 – резервуар грязных промывных вод; ПС – поверхностный сток; В – выпуск очищенных вод; ПВ – вода на промывку фильтров; ГПВ – вода после промывки фильтров; НП – отвод нефтепродуктов

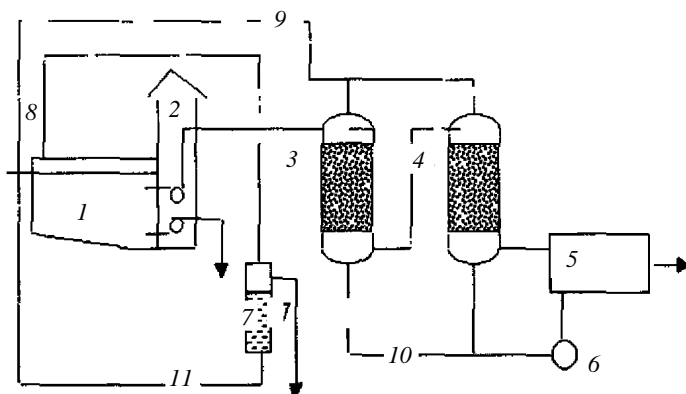


Рисунок 4.26 – Технологическая схема очистки поверхностных стоков:

1 – аккумулирующая емкость; 2 – насосная станция; 3, 4 – механический и сорбционный фильтры; 5 – емкость для сбора очищенных вод; 6 – насос; 7 – нефтеразделитель; 8, 9 – трубопроводы нефтепродуктов и грязных промывных вод; 10 – трубопровод чистой воды на промывку фильтров; 11 – трубопровод возвратных вод

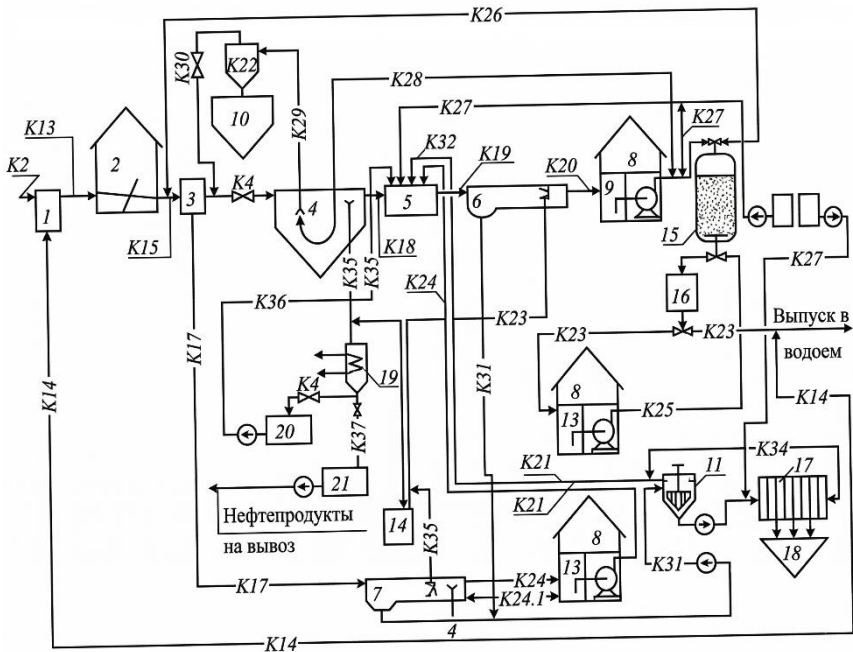


Рисунок 4.27 – Технологическая схема очистки поверхностных сточных вод г. Самары:

1, 3 – разделительные камеры № 1, 2; 2 – здание решеток; 4 – песколовка; 5 – смеситель; 6 – отстойник; 7 – аккумулирующий резервуар-отстойник; 8 – насосная станция; 9 – приемный резервуар осветленной воды; 10 – бункер для песка; 11 – уплотнитель осадка; 12 – приемный резервуар сточных вод из аккумулирующих резервуаров-отстойников; 13 – резервуар фильтрованной сточной воды для промывки фильтров; 14 – камера насосов перекачки плавающих веществ; 15 – напорный зернистый фильтр; 16 – установка УФ-обеззараживания; 17 – фильтр-пресс; 18 – бункер для обезвоженного осадка; 19 – разделочный бак; 20 – приемный бак подтоварной воды; 21 – бак обезвоженных нефтепродуктов; 22 – гидроциклон.

Трубопроводы: K2 – городской коллектор дождевой канализации; K13 – дождевая вода, поступающая на очистные сооружения; K14 – сброс дождевой воды без очистки в водоем; K15 – сточная вода решеток; K16 – сточная вода, поступающая по дождевой сети на очистные сооружения в сухой период; K17 – сточная вода, направляемая в аккумулирующий резервуар-отстойник; K18 – сточная вода после песколовки; K19 – сточная вода после смесителя; K20 – сточная вода после отстойника; K21 – подача сточной воды на доочистку фильтрованием;

K22 – фильтрованная вода; K23 – очищенная вода; K24 – подача сточной воды из аккумулирующего резервуара накопителя на доочистку; K24.1 – то же при опорожнении; K25 – подача очищенной воды на промывку фильтров; K26 – загрязненная промывная вода; K27 – подача коагулянта (флокулянта); K28 – подача рабочей жидкости к гидроэлеватору песка; K29 – пескопровод; K30 – возврат воды от установки обезвоживания песка; K31 – влажный осадок; K32 – надосадочная вода; K33 – сгущенный осадок; K34 – фильтрат; K35 – обводненные нефтепродукты; K36 – подтоварная вода; K37 – нефтепродукты; K38 – аварийный перелив

В ее основу положены современные физико-химические методы очистки сточных вод и учтено непрерывное поступление сосредоточенных расходов сточных вод (дренажных вод, теплосетей, грунтовых вод и условно чистых производственных сточных вод).

Очистные сооружения располагаются на четырех площадках, будут работать круглосуточно на пропуск расхода сточных вод в «сухой» период, а в «мокрый» – и на расход от выпадения атмосферных осадков и таяния снега.

Сооружения закрытого типа для очистки поверхностных сточных вод целесообразно применять в следующих случаях:

- при отсутствии возможности разместить открытые очистные сооружения (например, пруды-отстойники);
- в условиях плотной городской застройки, промышленных зон, логистических комплексов;
- при необходимости предотвращения испарения или утечки загрязнённых сточных вод (например, при наличии нефтепродуктов, тяжёлых металлов, химических примесей);
- в регионах с холодным климатом, где открытые системы могут замерзать, что затрудняет их эксплуатацию;
- если необходимо предотвратить попадание мусора, листьев, песка в систему (например, на автомойках, АЗС, промышленных площадках);
- когда требуется высокая степень автоматизации и мониторинга.

В состав очистных сооружений накопительного типа входят аккумулирующий резервуар отстойник, сепаратор нефтеловушка (рисунок 4.28)

Эффект осветления воды при скорости фильтрования 5–7 м/ч через загрузку из синтетических или нетканых материалов кассетных фильтров высотой 0,5 м составляет 60–80 % в зависимости от исходной концентрации.

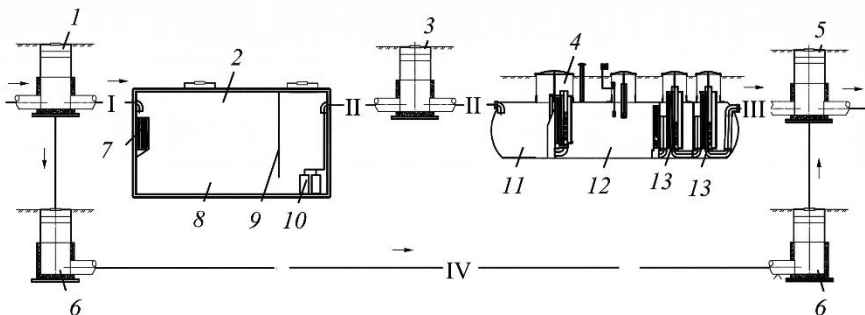


Рисунок 4.28 – Очистные сооружения накопительного типа:

- 1 – распределительный колодец; 2 – аккумулирующий резервуар-отстойник; 3 – колодец гашения напора; 4 – сепаратор-нефтеловушка; 5, 6 – контрольный и поворотный колодец; 7 – корзина-решетка; 8 – отстойник; 9 – полупогружная перегородка; 10 – насос; 11 – отстойник; 12 – сепаратор нефтепродуктов; 13 – фильтр доочистки  
Трубопроводы: I – самотёчной дождевой канализации; II – осветленных сточных вод; III – очищенных сточных вод; IV – обводной

Для очистки поверхностных сточных вод в основном используются сооружения механической и физико-химической очистки, а для доочистки – сорбция на синтетических или природных сорбентах.

Основным *недостатком* этой технологии является высокая стоимость сорбционных материалов и сложность регенерации сорбентов.

Другие известные физико-химические способы (коагуляция, отдувка аммиака воздухом, ионный обмен, электродиализ, деминерализация) сложны в эксплуатации, требуют дорогостоящих реагентов и оборудования и неприменимы по технико-экономическим показателям для больших объемов сточных вод.

Использование на очистных сооружениях дождевой канализации технологических методов, позволяющих извлекать соли тяжелых металлов и уменьшать общее солесодержание, считается нецелесообразным и не применяется в мировой практике.

## **4.6 Использование сетей дождевой канализации для удаления снега**

### **4.6.1 Технологии переработки убираемого снега**

В последние годы особую актуальность приобрела проблема уборки и удаления снега с городских улиц и проездов. Из-за значительной загрязненности снега, выпадающего на городских территориях, сброс его в водные объекты запрещен по экологическим требованиям.

**Технологии переработки убираемого снега** определяются способом таяния снега:

- *естественным* – в период оттепелей и весной;
- *принудительным* – за счет использования энергии различных теплоносителей:
  - теплых вод городской канализации;
  - сбросных вод ТЭЦ;
  - продуктов сгорания газа и других видов топлива.

При выборе технологий индустриальной утилизации снежной массы в городе целесообразно отдать предпочтение использованию теплового ресурса сточных вод хозяйственно-бытовой канализации и сбросных вод ТЭЦ. Канализационная сеть обладает резервом тепловой мощности и использование городских сточных вод для таяния снега, собираемого с дорог, целесообразно и может быть ограничено лишь местными конкретными особенностями, затрудняющими реализацию этого решения.

К объектам промышленности и энергетики как потенциальным источникам тепла для их использования в схеме снегоудаления в городе можно отнести производственные предприятия и ТЭЦ. Значительными резервами неиспользуемой тепловой мощности обладают сбросные воды ТЭЦ.

Для конкретных местных условий существуют возможности по *использованию газа или дизельного топлива* для непосредственного растапливания собираемого с дорог снега.

*Преимуществом* конструкций снегоплавильных пунктов такого рода является автономность и компактность, *недостатком* – высокие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью оплаты применяемого газа, дизельного топлива, и экологические нагрузки на окружающую среду.

*Второй определяющий момент* при разработке технологии утилизации снега – условия отведения талых сточных вод, которые диктуются экологическими и техническими требованиями к приему сбросных вод в системы водоотведения или водные объекты. Соблюдение этих требований возможно при условии очистки талых вод от загрязнений, превышающих нормативы сброса.

Основными загрязняющими веществами в составе талых сточных вод, подлежащими удалению в процессе очистки, являются *взвешенные вещества и нефтепродукты*, схема удаления которых зависит от величины сбрасываемых расходов и типа приемника сточных вод.

Для естественного таяния на «сухих» снеготаялках характерен постоянный отток талых вод небольшими расходами, что позволяет эффективно применять в схеме очистки, кроме отстаивания, дополнительную стадию фильтрования.

При плавлении снега теплыми водами городской канализации или ТЭЦ, требуемыми в значительных количествах, эффект очистки может быть достигнут только путем отстаивания и дальнейшей очистки на городских очистных сооружениях канализации или разбавления относительно чистыми водами ТЭЦ.

На основе опыта эксплуатации систем снеготаяния оптимальным соотношением объемов снега и плавящей воды является 1:6 при времени таяния в среднем 2,5 ч.

При разработке генеральной схемы снегоудаления в городе целесообразно рассматривать следующие **технологические схемы переработки и утилизации собираемого с дорог снега**:

- естественное таяние снега с очисткой талых вод отстаиванием в месте таяния и фильтрованием в очистных сооружениях;
- расплавление снега в сбросных водах хозяйственно-бытовой канализации с первоначальной очисткой в отстойниках при снегосплавных камерах и окончательной очисткой на городских очистных сооружениях;
- расплавление снега в водах, сбрасываемых с ТЭЦ, с очисткой в отстойниках при снегосплавных камерах и на флотационных установках;
- расплавление снега на газовых или дизельных снеготаялках с очисткой талых вод в фильтрующих очистных сооружениях;
- расплавление снега на мобильных снеготаялках.

#### 4.6.2 Классификация снегоплавильных пунктов

Типы снегоплавильных пунктов *по применяемым технологическим схемам утилизации снега*:

– «сухие» снегосвалки – специально обустроенная территория, на которой происходит складирование снега, его естественное таяние весной и очистка талых вод;

– снегосплавные пункты на коллекторах хозяйственно-бытовой канализации, на которых производится расплавление снега теплыми водами канализации и первичная очистка смеси талых и хозяйственно-бытовых сточных вод до нормативов сброса в канализацию;

– снегосплавные пункты на сбросных водах ТЭЦ, на которых производится расплавление снега теплыми сбросными водами ТЭЦ, очистка и разбавление смеси талых и сбросных вод до нормативов сброса в водоотводящую сеть ;

– снегосплавные пункты на газовом или дизельном топливе, расплавляющие снег и обеспечивающие очистку талых вод до нормативов сброса в водоотводящую сеть;

– мобильные снеготаялки.

Для каждого вида сооружений оптимальная мощность определяется исходя из особенностей принятой технологической схемы. Общими для всех схем являются закономерности, связанные с затратами на уборку и транспортирование снега. Эти затраты значительны и в большинстве случаев превосходят затраты на переработку собранного снега.

**Снегоплавильные пункты** классифицируются:

– по *конструктивным решениям*:

- стационарные – привязанные к обслуживанию конкретных территорий;

- передвижные прицепные с собственной снегоплавильной камерой или полуподвижные только с силовым агрегатом и несколькими сменными снегоплавильными камерами, а также на автоходу или на шасси;

– *способу загрузки снега*:

- с механической загрузкой;

- встроенным или навесным снегопогрузчиком (передвижные);

- самосвальной или бульдозерной загрузкой (стационарные);

– *типу теплоносителя*:

- тепловодяные – использующие в качестве теплоносителя горячую воду;

- газообразные – использующие продукты сгорания топлива или нагретый воздух;

– *назначению*:

- дворовые;

- магистральные;

- аэропортовые;

- способу плавления снега:
- с пассивным плавлением в снегоплавильной камере;
- активным плавлением – с применением механического перемешивания, барботажа и струйных систем.

#### 4.6.3 Область применения снегосплавных камер

Снегосплавные камеры на коллекторах канализации должны сооружаться на магистральных коллекторах, как напорных, так и безнапорных, с расходом не менее 220 л/с, с наполнением в зимний период не ниже проектного значения. Применение других способов утилизации снега оправдано, когда по конкретным местным условиям затруднена организация снегосплавных пунктов на канализационных коллекторах:

- отсутствуют сети с требуемыми параметрами;
- отсутствуют свободные площади для размещения камер и удобный подъезд транспорта.

В качестве альтернативных вариантов выступают снегосплавные камеры на сбросных теплых водах ТЭЦ, являющиеся более дорогими сооружениями, однако необходимыми при отсутствии возможности устройства снегоприемных пунктов на канализации. Преимуществом снегосплавных камер на сбросных водах ТЭЦ является возможность снижения теплового загрязнения поверхностных вод сбрасываемых в них термальными водами.

Существующие «сухие» снеготаялки могут применяться в условиях поэтапного строительства снегоприемных пунктов на канализации. Ввиду того что «сухие» снегосвалки характеризуются более низкими технико-экономическими показателями, целесообразно перепрофилирование отведенных под них территорий для возведения снегоплавильных пунктов. Данная модернизация эффективна при условии наличия технической возможности подключения проектируемых объектов к городской канализационной сети.

Вероятность применения снегоплавильных пунктов на природном топливе невелика из-за высоких эксплуатационных расходов, обусловленных затратами на приобретение топлива. Они могут быть использованы только для локального применения.

К *преимуществам* локальных устройств утилизации снега относятся:

- возможность сезонного размещения без получения землеотводов, сложных согласований и постоянного подключения к инженерным сетям;
- сохранение дорогих городских земель для пользования.

Диапазон их производительности составляет 20–500 тонн снега в час. Особую эффективность они показали в условиях отсутствия достаточного времени для вывоза снега и свободных мест для длительного его хранения.

Их недостатки:

- необходимость дозаправки топливом передвижных установок;

- частая очистка бункера от мусора и осадка;
- необходимость наличия мест приема талых вод;
- необходимость соблюдения зон санитарной охраны.

Мобильные снегосплавные установки – объекты, оказывающие воздействие на компоненты окружающей среды, поэтому при их использовании требуется организация санитарно-защитной зоны, которая составляет 100 м.

#### 4.6.4 «Сухие» снегосвалки

Размещение «сухих» снегосвалок возможно на свободных или резервных городских территориях. «Сухая» снегосвалка (рисунок 4.29) располагается на железобетонном водонепроницаемом основании, исключающим попадание талой воды в грунт.

При весеннем таянии накопленного за зимний период снега талая вода по сборному каналу отводится на очистные сооружения.

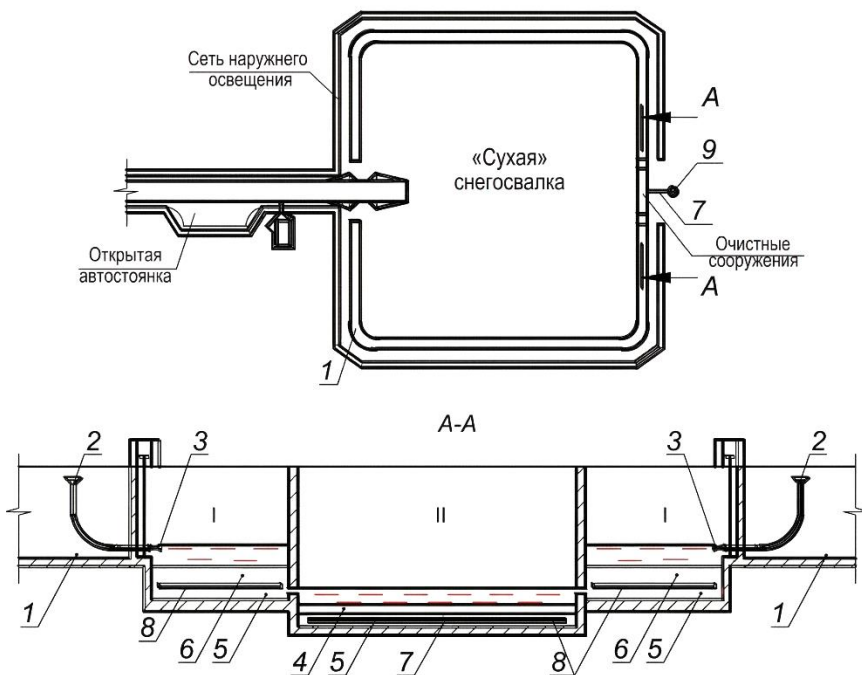


Рисунок 4.29 – «Сухая» снегосвалка:

- I* – фильтр первой ступени; *II* – фильтр второй ступени; *1* – сборный канал; *2* – плавающий водослив; *3* – задвижка; *4* – антрацит; *5* – гравий; *6* – щебень; *7* – стальная труба; *8* – перфорированные стальные трубы; *9* – колодец городской сети

После локальной очистки талые воды сбрасываются в городскую канализацию и поступают на городские очистные сооружения.

С экологической точки зрения данная схема удаления снега наиболее предпочтительна (вариант полураздельной системы водоотведения), однако ее реализация обусловлена наличием достаточного количества свободных городских территорий для размещения «сухих» снегосвалок.

Оценка качества талой воды, образующейся при таянии снега на «сухих» снегосвалках, показывает, что прием талых вод может осуществляться только после их предварительной очистки. Степень очистки определяется условиями приема талой воды в системы водоотведения – водосточную или канализационную.

«Сухие» снегосвалки на территории города должны, как правило, размещаться в промышленных и складских зонах вблизи сетей дождевой или хозяйственно-бытовой канализации.

Снегосвалки не должны располагаться в водоохраных зонах водных объектов города и не должны размещаться над подземными инженерными коммуникациями.

Участок, отведенный под «сухую» снегосвалку, должен иметь:

- водонепроницаемое дно у борта;
- обваловку по всему периметру, исключающую попадание талых вод на рельеф;
- систему очистки талой воды, покрытие, допускающее движение транспорта;
- ограждение по всему периметру;
- контрольно-пропускной пункт, оборудованный телефонной связью для оперативного информирования служб милиции по предупреждению экологических правонарушений, о фактах ввоза загрязненного снега.

Отвод талых вод со снегосвалок должен производиться в дождевую или хозяйственно-бытовую канализацию города. Все «сухие» снегосвалки должны обеспечивать очистку воды до уровня требований приема сточных вод в систему канализацию.

Снегосвалки должны эксплуатировать организации, имеющие квалифицированный персонал и необходимую технику для осуществления комплекса работ, связанных с приемом и складированием снега, а также обслуживанием очистных сооружений. При размещении снегосвалок на территории промышленных предприятий, их эксплуатацию может осуществлять персонал предприятий.

В проекте «сухой» снегосвалки должны предусматриваться очистные сооружения, отвечающие требованиям приема талых вод в городскую канализацию по взвешенным веществам и нефтепродуктам. Превышение концентрации хлоридов над нормативными неизбежно при применяемых противогололедных реагентах, однако, с учетом разбавления городскими сточными водами, концентрация указанных загрязнений будет в пределах нормативов.

Очистные сооружения необходимо проектировать на равномерную подачу талых сточных вод, для этого предусматривается плавающий водоприемник, забирающий воду на 20 см ниже верхнего уровня и на 20 см выше дна.

#### **4.6.5 Снегосплавные пункты на коллекторах канализации**

Наибольшим резервом тепловой мощности для таяния снега обладает сеть хозяйственно-бытовой канализации.

Потенциальная возможность устройства снегосплавных пунктов на коллекторах канализации определяется исходя из того, что имеющиеся резервы мощности городских очистных сооружений заведомо достаточны для приема сточных вод от растаявшего в снегосплавных пунктах снега. В связи со снижением водопотребления в настоящее время в большинстве городов имеется резерв по производительности канализационных очистных сооружений.

Процесс переработки снежной массы на снегосплавных пунктах заключается в ее приеме и плавлении за счет тепла сточных вод (15–17 °С), подаваемых в снегоприемные сооружения с последующим отделением песка и мусора.

Возможны три варианта технологии переработки снега на снегосплавных пунктах, в зависимости от глубины заложения канализационных каналов и коллекторов, а также расстояния до напорных трубопроводов канализационных насосных станций:

- незаглубленные (подповерхностные) сооружения с напорной подачей сточной воды из самотечного коллектора с помощью специальной насосной станции;

- незаглубленные (подповерхностные) сооружения с подачей сточной воды от напорного канализационного трубопровода и сбросом воды в самотечный коллектор;

- среднезаглубленные сооружения (глубиной не более 6 м до днища, позволяющей осуществлять очистку с поверхности) на байпасной линии самотечного коллектора, с регулированием подачи сточных вод с помощью затворов, или непосредственно на коллекторе.

По этим вариантам подача сточной воды осуществляется одним из способов:

- с помощью погружных насосов, забирающих воду из канализационных каналов и коллекторов;

- из напорных водоводов от канализационных насосных станций.

В среднем на один снегосплавной пункт приходится 0,32 га площади, а максимальный размер площадки – 0,51 га.

В состав снегосплавного пункта входят:

- снегоплавильные камеры (одна или более);

- устройства и механизмы для подачи и измельчения снега;

- площадка для промежуточного складирования снега;

- площадка для временного складирования извлеченного мусора;
- производственно-бытовые помещения.

Принципиальное устройство типового снегосплавного пункта заключается в том, что снег, убираемый с проезжей части городских дорог, завозится автомашинами на снегосплавный пункт и выгружается в приемные бункеры, оснащенные сепараторами-дробилками (рисунок 4.30).

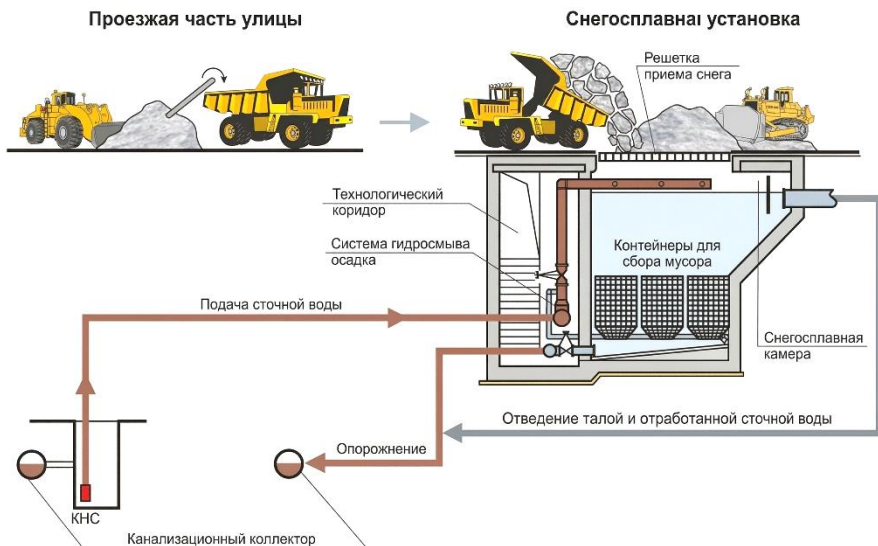


Рисунок 4.30 – Схема удаления снега с использованием снегосплавной установки на канализационном коллекторе

Смешение снега с плавящей сточной водой осуществляется в первом, приемном отделении – снеготопильной камере, куда поступает сточная вода от погружных насосов через систему подающих трубопроводов. Там же начинается процесс плавления снега, продолжающийся в следующем, основном по объему отделении, в песколовке, в которой отделяются оседающие и всплывающие примеси. Количество подаваемой (поступающей) плавящей сточной воды определяется теплотехническим расчетом и составляет около  $6 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  снега.

Растаявший на снегосплавных пунктах снег разбавляется сточными водами и оттаивается, в результате чего в значительной степени освобождается от взвесей. Кроме того, с оттаивающейся воды удаляется плавающий мусор и нефтяная пленка. Эти процессы значительно меняют первоначальную концентрацию загрязняющих веществ в растаявшем снеге и в канализацию поступает вода с сильно изменившимися показателями загрязнения. Образовавшаяся смесь талых и сточных вод отводится в самотечном режиме по

отводящему трубопроводу в коллекторы и далее по системе городской канализации поступает на городские очистные сооружения, где проходит полный комплекс механической и биологической очистки.

Для размещения снегосплавных камер на канализационных сетях требуется значительно меньшая свободная городская территория; одно из возможных конструктивных решений таких камер приведено на рисунке 4.31.

Конструкция снегосплавной камеры предусматривает растапливание сточной воды сбрасываемого снега в течение всего зимнего периода его уборки и вывоза. Выделяющиеся из снега мусор и песок предусматривается улавливать в специальных отделениях. Отвод талой воды осуществляется через городскую канализационную сеть на очистные сооружения.

Очистка снегосплавных пунктов от накопившихся в них грубодисперсных примесей осуществляется с помощью грейферов. Удаленный осадок (загрязненный замусоренный песок) вывозится на полигоны.

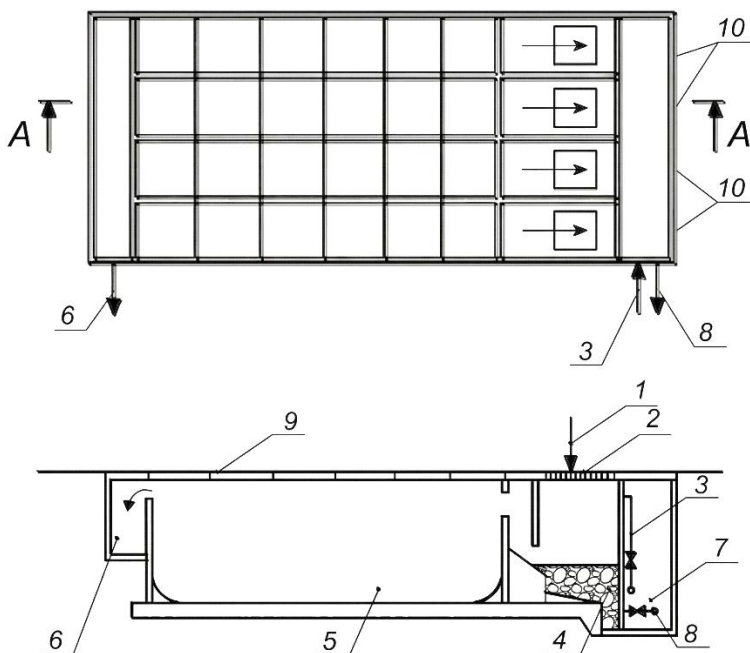


Рисунок 4.31 – Снегосплавная камера с улавливанием песка и крупных включений:

- 1 – загрузка снега; 2 – съемная решетка; 3 – трубопровод подачи сточной воды;  
 4 – отделение по сбору мусора; 5 – отделение улавливания песка; 6 – отводной канал талой воды; 7 – проходной канал; 8 – трубопровод опорожнения; 9 – съемное перекрытие;  
 10 – подъезд транспорта

При отборе сточной воды из самотечной системы канализации следует проводить расчет на минимальный часовой приток сточных вод, с учетом расхода (не более 50 %) на нужды снегоплавного пункта. После точки отбора из напорного канализационного трубопровода следует поддерживать в трубопроводах скорость, обеспечивающую самоочищающий режим движения сточной воды.

Одна из проблем эксплуатации снегоплавного пункта в части насосного оборудования – снижение объемов водоотведения в ночные часы, что приводит к снижению уровня сточных вод в канализационных коллекторах и, как следствие, в насосных станциях. Отсутствие охлаждения электродвигателя насосного агрегата влечет за собой его перегрев и автоматическое отключение, нарушая тем самым непрерывность работы снегоплавного пункта. Решение этого вопроса – применение на насосном оборудовании рубашек охлаждения, позволяющих насосу длительное время работать при низких уровнях перекачиваемой жидкости.

#### 4.6.6 Снегоплавные пункты на дизельном топливе

Сооружение снегоплавных пунктов на дизельном топливе эффективно в местах, где отсутствуют источники тепла (крупные канализационные коллекторы, сбросные воды ТЭЦ), так как дополнительные затраты на топливо практически полностью компенсируются уменьшением протяженности маршрута перевозки снега.

Принципиальная схема снегоплавного пункта на дизельном топливе представлена на рисунке 4.32.

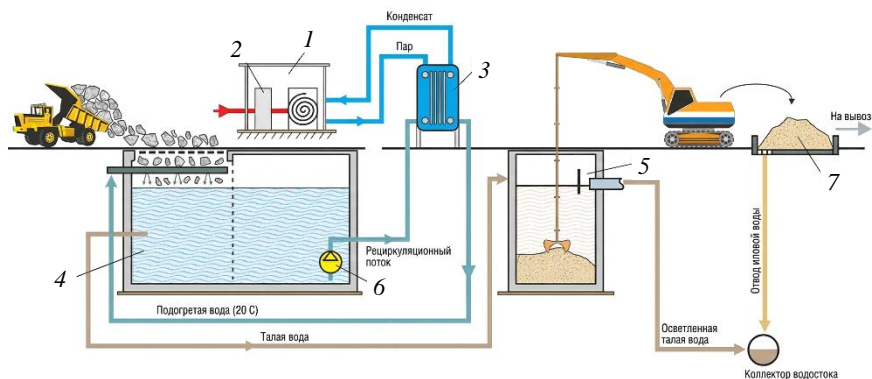


Рисунок 4.32 – Принципиальная схема снегоплавного пункта на дизельном топливе:

- 1 – мобильная котельная установка; 2 – топливный бак; 3 – теплообменник;
- 4 – камера плавления снега; 5 – песколовка; 6 – циркуляционный насос;
- 7 – площадка обезвоживания осадка и мусора

На этом пункте принят метод утилизации снега за счет контакта его с горячей водой, нагретой в теплообменнике.

К преимуществам снегосплавных пунктов на дизельном топливе относятся:

- автономность (не требуют наличия крупных коммуникаций);
- небольшой размер занимаемого участка.

Снегосплавная камера служит для растапливания снега и сбора крупнодисперсных примесей, извлекаемых из снега, и представляет собой железобетонную емкость. Для достижения эффективного улавливания песка в талой воде предусмотрена песколовка.

Рециркуляционный поток талой воды подается в теплообменники погружными насосами. Для нагрева рабочей воды в теплообменник подается насыщенный пар, генерация которого осуществляется в трехмодульной котельной установке (максимальная тепловая мощность одного модуля 1050 кВт), работающей на дизельном топливе.

После нагрева в теплообменнике вода поступает в снегосплавную камеру через распределительный трубопровод, который установлен по периметру камеры. Исходя из местных условий может быть рассмотрена возможность замены дизельного топлива на сжиженный газ, что эффективно при расположении установки на территории автотранспортных предприятий, использующих сжиженный газ в качестве автомобильного топлива.

Снегосплавной пункт с установкой принудительного таяния снега на дизельном топливе может быть построен на площадке очистных сооружений поверхностного стока (рисунок 4.33).

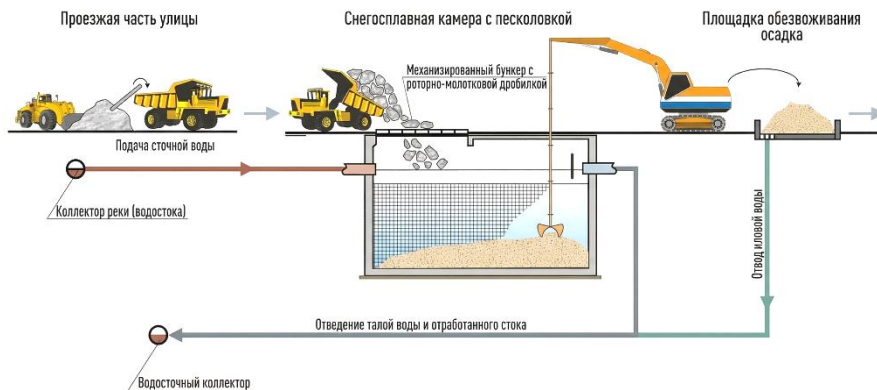


Рисунок 4.33 – Снегосплавной пункт с установкой принудительного таяния снега на дизельном топливе на площадке очистных сооружений поверхностного стока

В состав снегосплавного пункта входят следующие сооружения:

- снегосплавная камера (две секции);

- котельная установка (трехмодульная);
- площадка теплообменника (две секции);
- инвентарно-бытовое здание снегосплавного пункта.

#### 4.6.7 Снегосплавные пункты на сбросных водах теплоэлектроцентрали

Значительными резервами тепловой мощности обладают сбросные воды ТЭЦ. Устройство снегосплавных пунктов на сбросных водах ТЭЦ (рисунок 4.34) аналогично устройству снегосплавных пунктов на канализации.

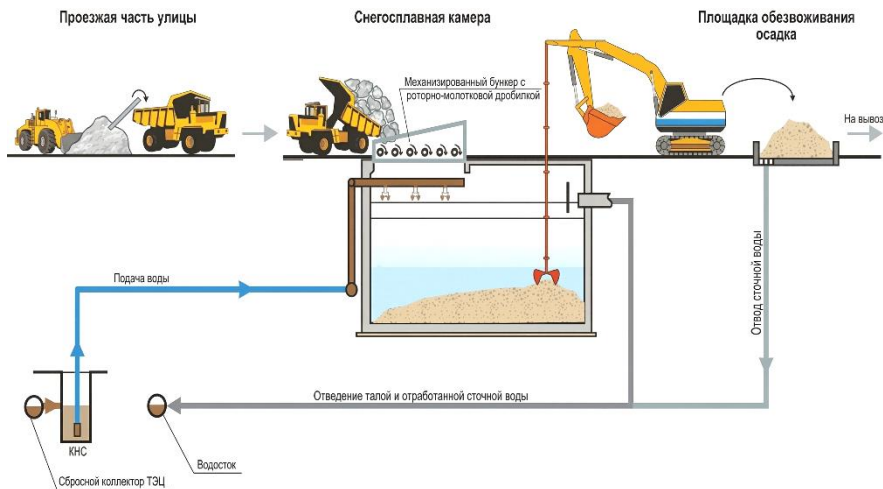


Рисунок 4.34 – Схема снегосплавного пункта на сбросных водах ТЭЦ

Их особенности:

- вода после снегосплавных пунктов сбрасывается непосредственно в сеть канализации или в водные объекты. Поэтому степень очистки воды должна быть более высокой и соответствовать предъявляемым в этих случаях требованиям;
- температура сбросных вод значительно колеблется для разных ТЭЦ и в некоторых случаях может быть невысокой (10 °С);
- применяемая для плавления снега вода ТЭЦ достаточно чистая и, в некоторых случаях, может быть использована для разбавления загрязнений талого снега для снижения их концентрации до допустимого уровня;

- канализационные сточные воды и продувочные воды оборотной системы охлаждения ТЭЦ, сбрасываемые в системы канализации, – источник тепла, который может быть использован для растаивания снега;
- температура сбрасываемых вод колеблется от 7,7 до 30,5 °С.

Для получения минимального объема загрязненных вод необходимо рассматривать растапливание снега в теплообменнике. В качестве теплоносителя могут быть использованы сбросные воды ТЭЦ, обладающие невысокой (18–20 °С) или достаточно низкой (10 °С) температурой. Поэтому такого рода сооружения оказываются недостаточно эффективными. Единственным целесообразным вариантом является растапливание снега непосредственно в сбросных водах с получением после растапливания смеси сбросных вод и талого снега. Исходя из этого, конструкция снегосплавного пункта принимается аналогичной той, которая разработана для канализации. Однако при этом требуется более высокая степень очистки.

Для реализации возможности разбавления талой воды дополнительным расходом относительно чистой воды сбросов ТЭЦ за отстойником устраивается смесительная камера.

При низкой температуре расплавляющей снег воды можно снизить производительность по снегу, сохранив скорость воды, или сохранить производительность, увеличив скорость в отстойнике и снизив соответственно его очищающую способность. Для компенсации снижения очищающей способности предусматривается разбавление сбрасываемой воды более чистыми водами.

Система водоотведения с ТЭЦ и городская канализационная сеть обладают большим резервом тепловой мощности и применение этих вод для таяния снега, собираемого с дорог, вполне оправдано.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Алексеев, М. И.** Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированной территории : учеб. пособие для вузов / М. И. Алексеев, А. М. Курганов. – М. ; СПб. : АСВ, 2000. – 352 с.
- 2 Водный кодекс Республики Беларусь : 30 апр. 2014 г. № 149 : принят Палатой представителей 2 апр. 2014 г. : одоб. Советом Респ. 11 апр. 2014 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2023 г. № 296-3 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 28.08.2025).
- 3 ГОСТ 26819-86 Трубы железобетонные напорные со стальным сердечником. Технические условия. – Введ. 01.01.1989. – М., 1989. – 23 с.
- 4 ГОСТ 31416-2009 Трубы хризотилцементные. Технические условия. – Введ. 01.01.2012. – Минск : ОАО «НИИПроктасбест», 2012. – 23 с.
- 5 ГОСТ 3634-2019 Люки смотровых колодцев и дождеприемники ливневочных колодцев. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2020. – 20 с.
- 6 ГОСТ 18599-2001 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. — Введ. 01.01.2003. – Минск, 2003. – 70 с.
- 7 ГОСТ 9583-75\* Трубы чугунные трубы напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. Технические условия. – Введ. 01.01.1977. – М., 1977. – 6 с.
- 8 **Лукиных, А. А.** Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского : справ. пособие / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. – 7-е изд. – М. : БАСТЕТ, 2012. – 380 с.
- 9 Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь от 26 нояб. 1992 г. № 1982-ХІІ; с изм. и доп. – Минск, 2009. – 40 с.
- 10 О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 26.05.2017 № 16. : в ред. от 29.01.2024 № 1. – Минск : Минприроды, 2017. – 15 с.
- 11 Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М. : НИИ ВОДГЕО, 2015. – 88 с.
- 12 Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М. : НИИ ВОДГЕО, 2016. – 88 с.
- 13 СН 4.01.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 18.11.2024. – Минск : Минстройархитектуры, 2024. – 79 с.
- 14 Справочник по климату Беларуси. Ч. 2: Осадки (Государственный климатический кадастр) / Гос. учреждение «Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». – Минск, 2017. – 73 с.
- 15 СТБ 1163-2012 Трубы бетонные и железобетонные безнапорные. Технические условия. – Введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – 20 с.
- 16 СТБ 1883-2008 Строительство. Канализация. Термины и определения. – Введ. 01.03.2009. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2008. – 19 с.
- 17 СТБ ЕН 1401-1-2012 Системы пластмассовых трубопроводов для безнапорного подземного дренажа и канализации. Поливинилхлорид непластифицированный. – Введ. 01.07.2012. – Минск, 2012. – 34 с.

18 СТБ 1986-2009 Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. Технические условия. – Введ. 01.07.2010. – Минск : Госстандарт, 2010. – 19 с.

19 СТБ 1418-2003 Трубы керамические канализационные. Технические условия. – Введ. 01.07.2004. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2004. – 14 с.

20 СТБ 1497-2004 Трубы стальные с внутренним цементно-песчаным покрытием. Технические условия. – Введ. 01.01.2005. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2004. – 8 с.

21 СТБ EN 13476-3-2012 Системы пластмассовых трубопроводов для безнапорного подземного дренажа и канализации. Трубопроводы из непластифицированного поливинилхлорида (PVC-U), полипропилена (PP) и полиэтилена (PE) со структурированной стенкой. Часть 3. Технические условия на трубы и фасонные части с гладкой внутренней и профилированной наружной поверхностями, требования к системе, тип В. – Введ. 01.07.2012. – Минск, 2012. – 45 с.

22 ТУ 2248-050-00284581-2002 Трубы и фасонные части из блоксополимера пропилен для систем наружной канализации. – Введ. 01.03.2002. – Минск, 2002. – 45 с.

23 ТУ 2248-058-00284581-2003 Трубы и фасонные части из полиэтилена для систем наружной канализации. – Введ. 01.03.2003. – Минск, 2003. – 24 с.

24 ТУ 101475891.385-2004 Трубы из непластифицированного поливинилхлорида и фасонные части к ним для наружных систем канализации. – Введ. 01.03.2004. – Минск, 2004. – 28 с.

25 ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 Экологические нормы и правила Республики Беларусь «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности» : утв. постановлением М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-Т. – Минск, 2017. – 244 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(справочное)

**Значения параметров осадков для населенных пунктов  
Республики Беларусь**

*Таблица А.1 – Значения интенсивности дождя двадцатиминутной продолжительности  $q_{20}$  при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равном одному году, и слоя среднегоголетних осадков [13]*

Область, населенный пункт	Интенсивность дождя $q_{20}$ , л/с·га	Среднегоголетние осадки, мм	За теплый период, мм	За холодный период, мм
<i>Брестская область</i>				
Брест	93	605	420	185
Барановичи	104	626	432	194
Береза	98	634	439	195
Ганцевичи	103	665	448	217
Дрогичин	95	623	425	198
Жабинка	94	589	419	170
Иваново	94	650	456	194
Ивацевичи	100	625	429	196
Каменец	92	576	408	168
Кобрин	94	610	425	185
Лунинец	96	626	414	212
Ляховичи	102	626	432	194
Малорита	92	601	180	421
Пинск	95	605	419	186
Пружаны	98	611	427	184
Столин	95	627	446	182
<i>Витебская область</i>				
Бешенковичи	102	613	437	176
Браслав	96	593	417	176
Верхнедвинск	97	623	433	190
Витебск	102	654	452	202
Глубокое	102	632	442	190
Городок	102	654	452	202
Докшицы	104	632	442	190
Дубровно	103	636	448	188
Лепель	104	660	448	212
Лиозно	101	654	452	202
Миоры	97	693	417	176
Орша	103	636	448	188
Полоцк	101	663	461	202
Поставы	104	643	460	183
Россоны	96	673	475	198

Продолжение таблицы А.1

Область, населенный пункт	Интенсивность дождя $q_{20}$ , л/с·га	Среднегоголетние осадки, мм	За теплый период, мм	За холодный период, мм
Сенно	100	624	442	182
Толочин	105	687	477	810
Ушачи	103	660	448	212
Чашники	102	613	437	176
Шарковщина	96	607	426	181
Шумилино	102	654	452	202
<i>Гомельская область</i>				
Брагин	87	545	375	170
Буда-Кошелево	100	603	422	181
Ветка	96	618	424	194
Гомель	96	618	424	194
Добруш	96	624	427	197
Ельск	93	629	438	191
Житковичи	99	618	427	191
Жлобин	99	618	427	191
Калинковичи	99	638	446	192
Корма	98	634	420	214
Лельчицы	94	632	451	181
Лоев	89	631	428	203
Мозырь	100	638	446	192
Наровля	95	610	425	185
Октябрьский	104	640	450	190
Петриков	99	620	428	192
Речица	103	652	451	198
Рогачев	99	606	412	194
Светлогорск	97	655	453	200
Хойники	90	610	425	185
Чечерск	102	634	420	214
<i>Гродненская область</i>				
Гродно	90	578	392	186
Дятлово	110	643	435	206
Берестовица	100	612	426	186
Волковыск	98	612	426	186
Вороново	101	653	446	207
Зельва	99	612	426	186
Ивье	104	653	446	207
Кореличи	105	751	501	250
Лида	100	653	446	207
Мосты	102	592	397	195
Новогрудок	114	751	501	250
Островец	105	641	449	192

Продолжение таблицы А.1

Область, населенный пункт	Интенсивность дождя $q_{20}$ , л/с·га	Среднегоголетние осадки, мм	За теплый период, мм	За холодный период, мм
Ошмяны	103	625	437	188
Свислочь	99	612	426	186
Слоним	105	651	448	203
Сморгонь	105	625	437	188
Щучин	99	563	391	172
<i>Минская область</i>				
Березино	103	647	432	215
Борисов	104	679	460	219
Вилейка	102	624	431	193
Воложин	106	668	447	221
Дзержинск	102	683	455	228
Клецк	105	692	467	225
Копыль	105	692	467	225
Крупки	105	650	453	197
Логойск	105	669	451	218
Любань	100	635	438	197
<b>Минск</b>	<b>103</b>	<b>683</b>	<b>455</b>	<b>228</b>
Молодечно	100	625	451	184
Мядель	104	643	460	183
Несвиж	105	692	467	225
Пуховичи	98	602	417	185
Слуцк	94	608	411	197
Смолевичи	103	683	455	228
Солигорск	96	635	438	197
Ст. Дороги	95	681	464	217
Столбцы	102	601	400	201
Узда	102	601	400	201
Червень	102	691	464	227
<i>Могилевская область</i>				
Могилев	101	634	417	217
Бельниччи	102	634	417	217
Бобруйск	98	619	434	185
Быхов	100	367	430	207
Глуск	100	641	448	193
Горки	102	629	424	205
Дрибин	101	629	424	205
Кировск	95	619	434	185
Климовичи	98	637	439	198
Кличев	100	613	414	199
Костюковичи	97	611	417	194
Краснополье	96	637	429	198

Окончание таблицы А.1

Область, населенный пункт	Интенсивность дождя $q_{20}$ , л/с·га	Среднегоголетние осадки, мм	За теплый период, мм	За холодный период, мм
Кричев	97	637	439	190
Круглое	105	687	477	210
Мстиславль	103	637	439	198
Осиповичи	100	655	445	210
Славгород	96	637	429	208
Хотимск	97	647	431	216
Чаусы	95	679	465	214
Чериков	96	673	435	238
Шклов	104	650	450	200

Таблица А.2 – Значения параметра  $n$  для населенных пунктов Республики Беларусь [13]

Населенный пункт	$n$
Жлобин, Полоцк	0,60
Волковыск	0,63
Высокое, Бобруйск, Наровля, Старые Дороги	0,64
Брагин, Брест, Гродно, Лельчицы, Слуцк	0,65
Радошковичи, Пинск	0,66
Лида, Пружаны, Славгород, Шарковщина	0,67
Гомель, Житковичи, Костюковичи, Речица	0,68
Василевичи, Верхнедвинск, Витебск, Ивацевичи, Марьина Горка, Мозырь, Сенно	0,69
Молодечно, Червень	0,70
Березино, Ганцевичи, Езерище, Могилев, Чечерск	0,71
Барановичи, Борисов, Горки, Лепель, Минск, Негорелое, Орша, Славное	0,72
Лынтупы, Новгородок	0,74

Таблица А.3 – Значения параметра  $m_r$  для населенных пунктов Республики Беларусь [13]

Населенный пункт	$m_r$
Лельчицы, Тартак	83
Мозырь	85
Болин	90
Андреевка, Лучицы	97
Брест	101
Бирчуки, Славгород	103

Продолжение таблицы А.3

Населенный пункт	$m_r$
Сенно	104
Бобруйск	108
Минск	109
Борисов	112
Волковыск, Свислочь	120
Калинковичи, Негорелое	121
Барановичи, Березки	129
Бенякони	134
Березино, Молодечно, Радошковичи	135
Дерновичи, Наровля	140
Жерновка	144
Витебск	147
Червень	148
Борисовщина, Малорита, Мокраны	149
Новогрудок	152
Могилев	154
Чериков	155
Горки	156
Новое Королево	159
Рассоны	163
Казяны, Шарковщина	164
Слоним	165
Марьино, Морочь, Пинск, Старая Березина	166
Ерши, Наднеман	178
Кузьмичи	179
Верхнедвинск	184
Горынь, Костюковичи, Ново-Бережное,	185
Загатье, Славное, Смоляны	187
Лида	188
Путьки, Сухари	189
Гродно	191
Пружаны	192
Притыка, Солоное	194
Журавичи, Петриков, Турск	197
Орша	198
Б. Литвиновичи	199
Жлобин, Ивацевичи	200
Речица	204
Ганусовщина, Марьино Горка	207
Лепель	208
Чечерск	209
Житковичи	212

Окончание таблицы А.3

Населенный пункт	$m_r$
Гомель	213
Горки, Слуцк	217
Лускинополь	222
Василевичи	225
Полоцк	226
Дрогичин, Мотоль	238

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**Загрязненность поверхностных сточных вод**

Таблица Б.1 – Классификация загрязненности поверхностных сточных вод в зависимости от вида предприятий [12]

Характеристика поверхностного стока	Предприятия
<i>Первая группа предприятий</i>	
<p>Предприятия и производства, сток с территории которых по составу примесей близок к поверхностному стоку с селитебных территорий и не содержит специфических веществ с токсичными свойствами. Основными примесями, содержащимися в стоке являются грубодисперсные примеси, нефтепродукты, сорбированные главным образом на взвешенных веществах, минеральные соли и органические примеси естественного происхождения</p>	<p>Предприятия черной металлургии (за исключением коксохимического производства), машино- и приборостроительной, электротехнической, угольной, нефтяной, легкой, хлебопекарной, молочной, пищевой промышленности, серной и содовой подотраслей химической промышленности, энергетики, автотранспортные предприятия, речные порты, ремонтные заводы, а также отдельные производства нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических и других предприятий, на территорию которых не попадают специфические загрязняющие вещества</p>
<i>Вторая группа предприятий</i>	
<p>Предприятия, на которых по условиям производства не представляется возможным в полной мере исключить поступление в поверхностный сток специфических веществ с токсичными свойствами или значительных количеств органических веществ, обуславливающих высокие значения показателей ХПК и БПК<sub>5</sub> стока</p>	<p>Предприятия цветной металлургии, обработки цветных металлов, коксохимического производства, бытовой химии, химической, лесохимической, целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и микробиологической промышленности, кожевенно-сырьевые и кожевенные заводы, мясокомбинаты, шпалопропиточные заводы, аэропорты, производства химической и электрохимической обработки поверхностей металлов (гальванические производства), окрасочные производства, производства синтетических моющих средств (СМС)</p>

**Таблица Б.2 – Характеристика дождевых сточных вод предприятий первой и второй групп [12]**

Показатель	Значения расчетных показателей загрязнения поверхностных сточных вод, мг/дм <sup>3</sup>	
	первая группа предприятий	вторая группа предприятий
Взвешенные вещества	400–2000*	500–2000
Солесодержание	200–300	50–3000
Нефтепродукты	10–30 (70*)	До 500
ХПК фильтрованной пробы	100–150**	До 1400
БПК <sub>20</sub> фильтрованной пробы	20–30**	До 400
Специфические компоненты	Отсутствуют	В зависимости от профиля производства содержат тяжелые металлы, фенолы, СПАВ, мышьяк, роданиды, фосфор, аммиак, фтор, жиры, масла, белки, углеводороды и т. д.
* Высокие значения для предприятий с интенсивным движением транспорта и значительным потреблением горюче-смазочных материалов, а также АЭС.		
** С учетом диспергируемых примесей указанные показатели увеличиваются в 2–3 раза.		

Учебное издание

*НОВИКОВА Ольга Константиновна*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Учебное пособие

Редактор *Е. Г. Привалова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 09.04.2026 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л 10,81. Уч.-изд. л. 11,23. Тираж 100 экз.  
Зак. № 514. Изд. № 7.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель