МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.Б. Адельшин, Н.С. Урмитова, А.С. Селюгин, А.В. Бусарев, Л.Р. Хисамеева

ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Учебное пособие

Казань
2012

УДК 628.31
ББК 38.761
В62

Адельшин А.Б., Урмитова Н.С., Селюгин А.С.,
Бусарев А.В., Хисамеева Л.Р.
В62 Водоотводящие сети поверхностных сточных вод: учебное пособие. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2012. – 67 с.

ISBN 978-5-7829-0371-8

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Учебное пособие содержит материалы по формированию поверхностного стока на территории населенных мест и промышленных предприятий; устройству и расчету водоотводящих сетей и сооружений для отвода и очистки поверхностных стоков.

В пособии приведены методики расчета и проектирования водоотводящих сетей поверхностных сточных вод и примеры их расчетов.

Пособие предназначено для студентов направления 270806.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение».

Табл. 13, ил. 30, библ. 17 наимен.

Рецензенты:
Кандидат технических наук,
доцент кафедры водоснабжения и водоотведения КГАСУ
И.А. Каюмов
Заместитель главного инженера
ОАО «Институт «Казанский Промстройпроект»
В.Н. Бомонин

УДК 628.31
ББК 38.761

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2012

ISBN 978-5-7829-0371-8

© Адельшин А.Б., Урмитова Н.С., Селюгин А.С., Бусарев А.В. Хисамеева Л.Р., 2012

Содержание

Введение…….…….. 4
1. Краткая история развития дождевой водоотводящей сети……. 4
2. Поверхностные сточные воды…….. 6
2.1. Сток поливомоечных вод……. 7
2.2. Приток инфильтрационных вод……... 7
2.3. Отведение воды с крыши…….. 8
2.3.1. Способы отвода воды с кровли... …… 8
3. Системы отвода поверхностных сточных вод с селитебных территорий……..... 10
4. Схемы водоотводящих сетей поверхностных сточных вод ……. 12
5. Сооружения на водоотводящей сети поверхностных сточных вод……... 14
5.1. Дождеприемники……... 15
5.2. Разделительные камеры…… 18
5.3. Регулирующие резервуары……... 20
5.4. Очистные сооружения очистки поверхностных сточных вод…….. 24
5.4.1. Загрязнения, содержащиеся в поверхностных сточных водах…. 24
5.4.2. Принципиальные схемы очистных сооружений поверхностного стока…… 27
5.5. Использование водоотводящих сетей для удаления снега…….. 31
5.6. Выпуск поверхностных сточных вод в водоемы…….. 36
6. Расчет водоотводящей сети для отвода поверхностных сточных вод…… 41
6.1. Трассировка водоотводящих сетей поверхностных сточных вод…….. 42
6.1.1. Разбивка территории населенного пункта (города) на зоны канализования……..…….. 43
6.1.2. Начальная и минимальная глубина заложения сети…….. 44
6.1.3. Нормы проектирования дождевой водоотводящей сети……... 44
6.2. Определение расчетных расходов поверхностных сточных вод…… 46
6.3. Гидравлический расчет дождевой водоотводящей сети……..... 55
7. Пример расчета дождевых водоотводящих сетей…….. 59
Список литературы……. 66

Введение

Данное учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Водоотведение и очистка сточных вод» и предназначено для проведения практических занятий по расчету и проектированию водоотводящей сети для отвода поверхностных (дождевых и талых) вод, а также для курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение».

В учебном пособии даны рекомендации по расчету и проектированию водоотводящих сетей поверхностных сточных вод с соблюдением всех нормативных документов, СНиПов и существующей литературы в области водоснабжения и водоотведения.

1.Краткая история развития дождевой водоотводящей сети

Сооружения для отвода атмосферных осадков известны с глубокой древности. Археологические исследования показывают, что в Индии за 5000-6000 лет, а в Египте более чем за 2500 лет до нашей эры имелись выложенные из кирпича и камня каналы, по которым вода отводилась во рвы, обычно окружавшие города. Уже в этот период отдельные дворцы и храмы устраивались с плоскими крышами и замощенными дворами, оборудованными внутренними водостоками. Атмосферные осадки отводились по скату к сборным лоткам, выдолбленным в кровле, а дождевые воды с замощенных дворов удалялись по каменным желобам, лоткам и даже гончарным трубопроводам [2].

Системы водостоков и водосточные каналы существовали в Древней Греции и в Древнем Риме. Характерным примером служит главный водосточный канал "клоака максима", построенный в Риме в IV в. до н.э. и частично сохранившийся до настоящего времени.

В России дренажные трубы впервые были проложены в Новгороде Великом еще в XI в. В XIV в. там же были применены круглые деревянные водосточные трубы. Новгород Великий - первый город в Европе, в котором в XI в. были замощены все улицы. Начало работ по устройству водосточной

сети в Москве относится к середине XIV в., к моменту сооружения на территории Кремля закрытого деревянного канала для отвода ливневых вод в р. Москву. В XVII в. в Москве прокладываются водосточные каналы из камня по Тверской улице, уже в то время замощенной твердым белым камнем.

В XVIII в. в связи со значительным масштабом работ по замощению улиц строительство водостоков в России получает широкое для того времени развитие. В отдельных владениях устраиваются внутренние водостоки. 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 отвода дождевых вод. Трубы укладывали из кирпича или устраивали из деревянных щитов, собранных из пластин. В определенных местах над трубами устраивались колодцы, перекрытые сверху металлическими решетками, через которые поверхностная вода попадала в трубы и по ним стекала в реки и каналы. Эти приемные колодцы представляли собой первый тип дождеприемников отечественной конструкции. Вода из приемных колодцев поступала в кирпичные каналы (высотой до 1,2 м и шириной 0,9 м и более), по которым отводилась в р. Неву; сечение отдельных кирпичных каналов достигало 14 м^2. Уже в 1832 г. общая длина подземных водостоков в Петербурге составляла 95 км, в то время как длина парижских водостоков в этот период не превышала 50 км. К концу XVIII в. замощенные улицы имелись и в других городах России.

В начале XIX в. (1812-1817 гг.) в Москве ведутся работы по заключению р. Неглинки в закрытый канал, предназначенный для отвода ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод в р. Москву. Во второй половине XIX в. начинается строительство подземных сетей дождевой канализации по схеме, близкой к современной. В течение XIX и начале XX в. водостоки 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.

Ранее дождевые воды относили к условно-чистым, и их без ограничения можно было отводить в водоемы. Исследованиями установлено, что в дождевых и талых водах содержится значительное количество загрязнений (нерастворенных примесей, нефтепродуктов, солей тяжелых металлов и др.), поэтому в последние десятилетия уделяется большое

внимание очистке дождевых и талых вод, особенно с территорий промышленных предприятий, автозаправочных станций и других объектов. Исследования по отведению и очистке дождевых и талых вод (с учетом возросших требований к степени их очистки) проводились и проводятся в ряде НИИ и на кафедрах строительных вузов (ГНЦ ВОДГЕО, НИИ КВОВ, СПбНИИ АКХ, МГСУ, СПбГАСУ, ННГАСУ, Волг.ГАСА и др.) [2].

2. Поверхностные сточные воды

К поверхностным сточным водам относятся атмосферные (дождевые и талые), а также сток поливомоечных вод. Кроме того, в сетях, уложенных ниже уровня грунтовых вод, практически непрерывно в течение года имеет место приток инфильтрационных вод. Часто эти сточные воды называют дождевыми или ливневыми, так как в большинстве случаев максимальные (расчетные) расходы образуются в результате выпадения дождей [1].

Перед сбросом в водные объекты дождевые и талые воды, как правило, должны быть очищены до такой степени, чтобы не вызвать сверхнормативного загрязнения воды в водоемах. Иногда экономически оправдано накопление поверхностного стока с целью его использования для водоснабжения или орошения [2].

Системы отведения атмосферных осадков с городских территорий призваны обеспечить нормальные условия жизнедеятельности в населенных пунктах во время выпадения дождей и снеготаяния. Недостаточное внимание к своевременному отведению атмосферных осадков нередко приводит к затоплению территорий, перерывам в работе предприятий и транспорта, порче оборудования и материалов, размещенных на складах и в нижних этажах зданий, и другим чрезвычайным ситуациям. Ущерб, вызванный сильными ливнями, в некоторых случаях можно сравнивать с уроном, нанесенным крупными пожарами [2].

2.1. Сток поливомоечных вод

Сток поливомоечных вод с застроенных территорий незначителен по сравнению со стоком дождевых и талых вод. Его расходы, как правило, не учитываются при гидравлическом расчете сетей водоотведения. В то же время ввиду большой загрязненности этих вод его следует учитывать при водохозяйственных расчетах. Как правило, на мойку (I раз в сутки) покрытий проездов и площадей расходуется 1,2-1,5 л воды на 1 $м^2$ площади. Коэффициент стока при механизированной мойке может быть принят равным 0,6. В таком случае объем стока моечных вод с 1 га покрытий за сутки составит 9 $м^3$. Объем поливомоечного стока за год $Q_{год}$,$м^3$,будет [2]:

$$Q_{год}=0,09\cdot k_{дор}\cdot F\cdot a_n, \qquad (2.1)$$

где F - общая площадь бассейна, га;
$k_{дор}$ - относительная величина площади дорожных покрытий, % (обычно около 20 %);
a_n- количество дней, в течение которых производится мойка (для средней полосы России около 150).

Удельный среднесуточный за поливочный сезон расход воды на поливку в расчете на одного жителя можно принимать 50-90 л/сут. [2].

2.2.Приток инфильтрационных вод

Эксплуатационные наблюдения показывают, что в сетях дождевой канализации, уложенной ниже уровня грунтовых вод, практически непрерывно в течение года имеет место приток инфильтрационных вод. Поэтому дождевой и талый стоки всегда разбавлены инфильтрационными водами, что существенно влияет на их состав. Величину расхода инфильтрационных вод в сети дождевой канализации следует определять на основе специальных исследований. В настоящее время эти данные отсутствуют, и расходы притока инфильтрационных вод предлагается принимать по литературным данным, согласно которым их значения

колеблются от 0,05 до 0,15 л/с с 1 га, причем 0,15 л/с с 1 га - для стран Европы, где промерзание грунтов, препятствующее просачиванию в грунт, практически отсутствует. С учетом промерзания грунтов в наших условиях указанная величина может быть уменьшена до 0,085 (иногда до 0,13) л/с с 1 га. Тогда в среднем можно принять:

$$H_{инф}=0,085\cdot3,6\cdot24\cdot365 = 268 \text{ мм/год}= 2680 \text{ м}^3\text{/г с 1 га.}$$

Из этого количества на дождевую сеть рекомендуется принимать 2010 $м^3$/год на 1 га, на бытовую - 670 $м^3$/год на 1 га [2].

Максимальный расчетный расход $Q_{инф.макс}$, л/с, притока инфильтрационных вод в сухую погоду в коллекторе, составляет [2]:

$$Q_{инф.макс}=0,13\cdot F\ , \qquad (2.2)$$

где F –площадь водосбора данного коллектора, га.

Трубопроводы могут быть расположены в зонах аэрации, капиллярной, грунтовых вод и в зоне межпластовых безнапорных вод. В зонах аэрации и капиллярной может иметь место только эксфильтрация сточных вод из трубопровода в грунт. При расположении сети в зонах грунтовых вод, а также межпластовых безнапорных грунтовых вод возможна инфильтрация этих вод внутрь трубопровода через стенки трубопроводов, стыки труб, стенки и днища смотровых колодцев.

2.3. Отведение воды с крыши

2.3.1. Способы отвода воды с кровли

Атмосферные воды с кровли можно отвести тремя основными способами:

- неорганизованным или свободным сбросом воды по свесам карниза;
- наружными водосточными трубами и желобами;
- внутренними водостоками.

При неорганизованном и свободном сбросе дождевых и талых вод с плоских или двускатных кровель жилых и промышленных зданий свесы карниза должны быть достаточно большими, чтобы предохранить плоскости стен, углы и цоколь здания от увлажнения. Вследствие увлажнения стен и цоколей здания ухудшаются эксплуатационные качества ограждающих конструкций, снижается долговечность здания в целом и происходит обмерзание карнизов здания, в особенности при совмещенных покрытиях. На свесах крыши образуются наледи и сосульки (толщиной 10-15 см), что приводит к интенсивному разрушению кровли [2].

При отводе атмосферных вод через наружные водосточные трубы и лотки (чаще всего при скатных кровлях) в осенний, и особенно весенний, периоды вода в желобах, трубах и воронках замерзает, что приводит к быстрому разрушению всей системы водоотвода. Увеличение диаметра водосточных труб до 200-250 мм несколько снижает, но не исключает возможность разрушения водосточных систем при оттепелях и заморозках. Вторым недостатком этой системы является то, что на тротуар во время дождей и оттепелей поступают большие сосредоточенные потоки воды, создающие неудобства для пешеходов. Поэтому в ряде стран Европы воду по наружным водостокам отводят в системы дождевой канализации, но такой водосток не гарантирует от обмерзания желобов и труб в осенние и весенние периоды.

Наиболее совершенным и надежным средством отвода воды с кровли зданий являются внутренние водостоки. Вода с кровли собирается в водосточные воронки и направляется в водосточные трубы (стояки), соединяющие воронки с подпольными или подвесными трубопроводами, откуда вода через выпуски сбрасывается в наружные трубопроводы дождевой или общесплавной канализации, либо на отмостку или в лотки у здания.

Внутренние водостоки однопролетных промышленных зданий устраиваются обычно по схеме с одной воронкой на стояке. Внутренние водостоки многопролетных зданий устраивают по схемам с подпольными или подвесными трубопроводами. В каждом ряду колонн, на которые опираются фермы плоской кровли, необходимо устанавливать хотя бы одну воронку. В эксплуатируемых кровлях (на которых размещены, например, солярий, кафе и т.п.), как правило, устраивают большое число водосточных воронок, которые как бы дренируют кровлю. Воронки с плоской крышкой

(решеткой) заделывают в одном уровне с поверхностью защитного слоя из гравия, бетонных или асфальтобетонных плит.

Водосточные воронки размещают на кровле, исходя из ориентировочных норм предельно допустимых величин водосборной площади на одну воронку и расстояния между воронками (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Максимально допустимые площади водосбора ($м^2$)
на одну водосточную воронку

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

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

3. Системы отвода поверхностных сточных вод с селитебных территорий

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

Отвод дождевых и талых вод в городских условиях может производиться:

- самостоятельно - по открытым лоткам и каналам или подземными трубопроводами (раздельная система водоотведения);

- совместно с бытовыми и производственными сточными водами (общесплавная система водоотведения);

- 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 водами на очистные сооружения, а при сильных ливнях вода из уличных дождевых коллекторов через разделительные камеры полностью или частичносбрасывается в водный объект без очистки (полураздельная система водоотведения) [2].

В дождевую сеть водоотведения наряду с дождевыми, талыми и поливомоечными водами разрешается сбрасывать дренажные воды, стоки после охлаждения производственных установок и некоторые другие производственные стоки (при нецелесообразности использования их для оборотного водоснабжения) после соответствующей очистки, а также по согласованию с органами Госкомитета по охране природы, санитарно-эпидемиологической службы и рыбоохраны [2].

В соответствии с "Техническими указаниями" [3] поверхностный сток перед сбросом в водные объекты должен очищаться. При этом рекомендуется подвергать очистке полностью поливомоечный и талый стоки, а также значительную часть годового объема дождевых вод. Количество дождевого стока, направляемого на очистные сооружения, и степень его очистки назначают исходя из местных условий на основе нормативных документов с учетом требований природоохранных органов и санэпидслужбы. По согласованию с этими организациями разрешается сбрасывать поверхностный сток в водные объекты без очистки только с небольших застроенных территорий площадью до 0,2 $м^2$ и с городских лесопарков.

Поскольку расход стока дождевых вод быстро нарастает и достигает максимума, а затем снижается до полного прекращения стока и продолжительность максимального расхода сравнительно мала, а на очистные сооружения целесообразно подавать воду с мало изменяющимися расходами, для уменьшения размеров очистных сооружений и мощности установленного там оборудования рекомендуется устраивать перед очистными сооружениями регулирующие резервуары.

Сеть водоотвода может быть закрытого, открытого и смешанного типа.

Водоотвод закрытого типа состоит из лотков, входящих в нормальную конструкцию улиц, тротуаров и благоустроенных дворовых территорий, дождеприемных колодцев, принимающих воду из лотков в закрытую сеть, трубопроводов диаметром 0,2-0,4 м, отводящих воду от дождеприемных колодцев к сети трубопроводов, отводящих сток. Закрытая система водоотвода наиболее совершенна и отвечает всем требованиям благоустройства городской территории [2].

Водоотвод открытого типа состоит из лотков и кюветов, входящих в нормальную конструкцию улиц и тротуаров, водоотводящих канав, русел ручьев и малых речек, мостиков и труб в местах пересечения с улицами, тротуарами и въездами в кварталы. Водоотводы этого типа являются наиболее простыми и экономичными.

Водоотвод смешанного типа состоит из элементов закрытой и открытой сети.

Выпуск поверхностного стока в водоемы (пруды и водохранилища) не разрешается в пределах населенного пункта, а в водотоки, протекающие в пределах населенного пункта, возможен только при скорости течения воды в них более 0,05 м/с и расходах более 1 $м^3$/с. Запрещен сброс поверхностных вод в границах первого пояса зоны санитарной охраны водопровода, в местах, отведенных под пляжи, и в размываемые овраги, если не проведены мероприятия по их укреплению [2].

4. Схемы водоотводящих сетей поверхностных сточных вод

При образовании и последующем развитии городов коренным образом меняются условия отвода поверхностного и грунтового стока с водосборных территорий. В естественных условиях дождевые и талые воды стекают по склонам, образуя «ручьи» и «речки», которые впадают в более крупные реки. Одновременно тальвеги и долины ручьев и рек дренируют окружающую территорию, принимая грунтовый сток. В пониженных местах рельефа с затрудненным естественным отводом воды образуются водоемы в виде прудов и заболоченных участков земли, играющие роль регулирующих резервуаров [4].

При развитии города происходит трансформация рельефа, которая может существенно изменить естественные условия приема и отвода атмосферных осадков [4]:

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

Проектируемые городские водоотводящие сети поверхностного стока предназначены для отвода выпадающих атмосферных осадков и части грунтовых вод с целью предотвращения подтопления и затопления городских территорий, подземных коммуникаций и сооружений города.Сеть проектируется как система самотечных трубопроводов, прокладываемых с максимальным использованием существующего уклона поверхности городских территорий.

Схема водоотводящей сети поверхностного стока выбирается с учетом следующих основных факторов.

1. Учет очередности строительства, возможность поэтапного ввода в эксплуатацию водоотводящей сети.

2. 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.

3. Обеспечение территориального расположения проектируемых (одновременно или позднее) очистных сооружений и регулирующих резервуаров атмосферных осадков.

4. Нежелательность использования дюкеров на водосточной сети.

5. Трассирование водосточной сети с учетом существующей и особенно перспективной планировки улиц, дорог и автострад города, исключающее дорогостоящую перекладку коллекторов при строительстве подземных переходов, развязок и других заглубленных транспортных сооружений.

6. Необходимость размещения мест депонирования снега, убираемого с городских улиц, с последующей очисткой стока талых вод перед их сбросом в реки и водоемы.

7.Исключение устройства (или минимизация количества) насосных станций для перекачки воды, отводимой водосточной сетью.

8.Минимизация количества выпусков водостоков в водоемы для обеспечения мониторинга качества сбрасываемых стоков в режиме реального времени и сокращения затрат на сооружение этих дорогостоящих гидротехнических сооружений [4].

С учетом вышеизложенного при проектировании водоотводящей сети поверхностного стока наиболее предпочтительной становится децентрализованная схема трассировки сети с прокладкой перехватывающих водосточных коллекторов по тальвегам и забором ручьев и малых рек в коллекторы.

Фактически при проектировании водоотводящей сети поверхностного стока города происходит целенаправленная трансформация естественной гидрографической сети города в коллекторно-речную систему, обеспечивающую, наряду с отводом поверхностного стока от выпадающих атмосферных осадков, дренаж и отвод грунтовых вод с городских территорий.

Конкретный выбор схемы водоотводящей сети поверхностного стока 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 схемы водоотведения.

Разработка схемы ведется на плане города (масштаб от 1:2000 до 1:10000). На схему наносят границы бассейнов водоотведения, трассируют коллекторы и водоотводящую сеть. Намечают места расположения регулирующих резервуаров, очистных сооружений и выпусков в реки и водоемы. На схеме фиксируют границы и длины расчетных участков.

Разработанная и согласованная схема водоотведения является основой для гидравлического расчета водоотводящей сети поверхностного стока.

5. Сооружения на водоотводящей сети поверхностных сточных вод

В состав сооружений водоотводящих сетей поверхностных сточных вод входят: дождеприемники, регулирующие резервуары, разделительные камеры, «сухие» снегосвалки, очистные сооружения очистки поверхностных сточных вод, выпуски, трубопроводы, канавы, лотки.

5.1. Дождеприемники

Дождевые воды поступают в закрытую водосточную сеть через дождеприемники (рис.5.1). Дождеприемник имеет лоток со съемной решеткой, перепадную часть, выложенную из бетонных колец, и днище. Из дождеприемника дождевая вода поступает в закрытый водосток по соединительной ветке диаметром не менее 200 мм, закладываемой в низовой части дождеприемника. Приемные решетки обычно делают прямоугольными или круглыми и устанавливают в проезжей части на 2-3 см ниже поверхности лотка, длинной стороной вдоль лотка.

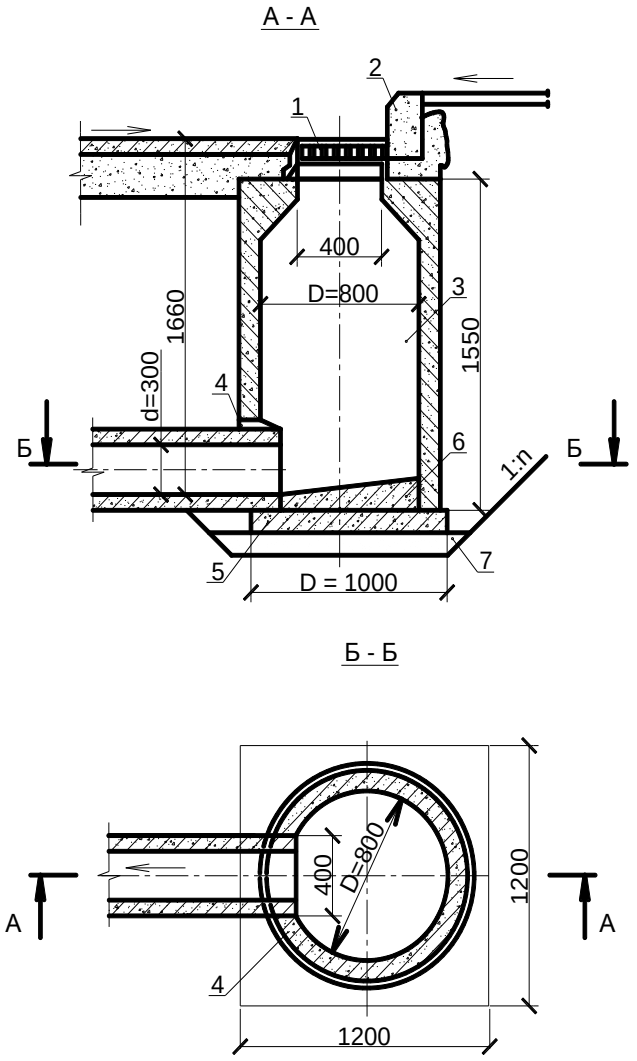


Рис. 5.1. **Дождеприемник из сборных железобетонных элементов:**
1 – дождеприемная решетка; 2 – бетонный борт; 3 – колодец;
4 – заделка отверстий бетоном; 5 – основание;
6 – бетонный набивной лоток; 7 – песчаная подушка

Глубина заложения основания дождеприемника должна быть, как правило, не менее 0,8 м. Расстояние между дождеприемниками зависит от уклонов улицы, высоты бордюрного камня, площади стока кварталов и характера застройки. Если в уличные лотки поступает вода с внутренней части квартала, расстояние между дождеприемниками определяют расчетом. Сброс дождевых вод в водоем осуществляют через выпуски [5].

Из дождеприемника дождевая вода поступает в закрытый водосток по соединительной ветке диаметром 200-300 мм, укладываемой в низовой части дождеприемника. Длина присоединения (ветка) от дождеприемника до первого смотрового колодца на коллекторе должна быть не более 40 м.

Дождеприемники следует размещать так, чтобы при расчетной интенсивности дождя тротуары не заливались водой.

Практикой эксплуатации городских дождевых сетей установлены следующие рекомендации для размещения дождеприемников в зависимости от уклона улиц и при отсутствии поступления дождевых вод с внутренней части кварталов (таблица 5.1).

Таблица 5.1

Расстояние между дождеприемниками в лотках проезжей части улиц [7]

Уклоны улиц	Расстояние между дождеприемниками, м
1	2
До 0,004	50
Более 0,004 до 0,006	60
Более 0,006 до 0,01	70
Более 0,01 до 0,03	80

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 решетки. 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 рекомендуется устанавливать дождеприемники с двумя решетками.

На рис. 5.2 представлены типы расположения дождеприемных решеток [6].

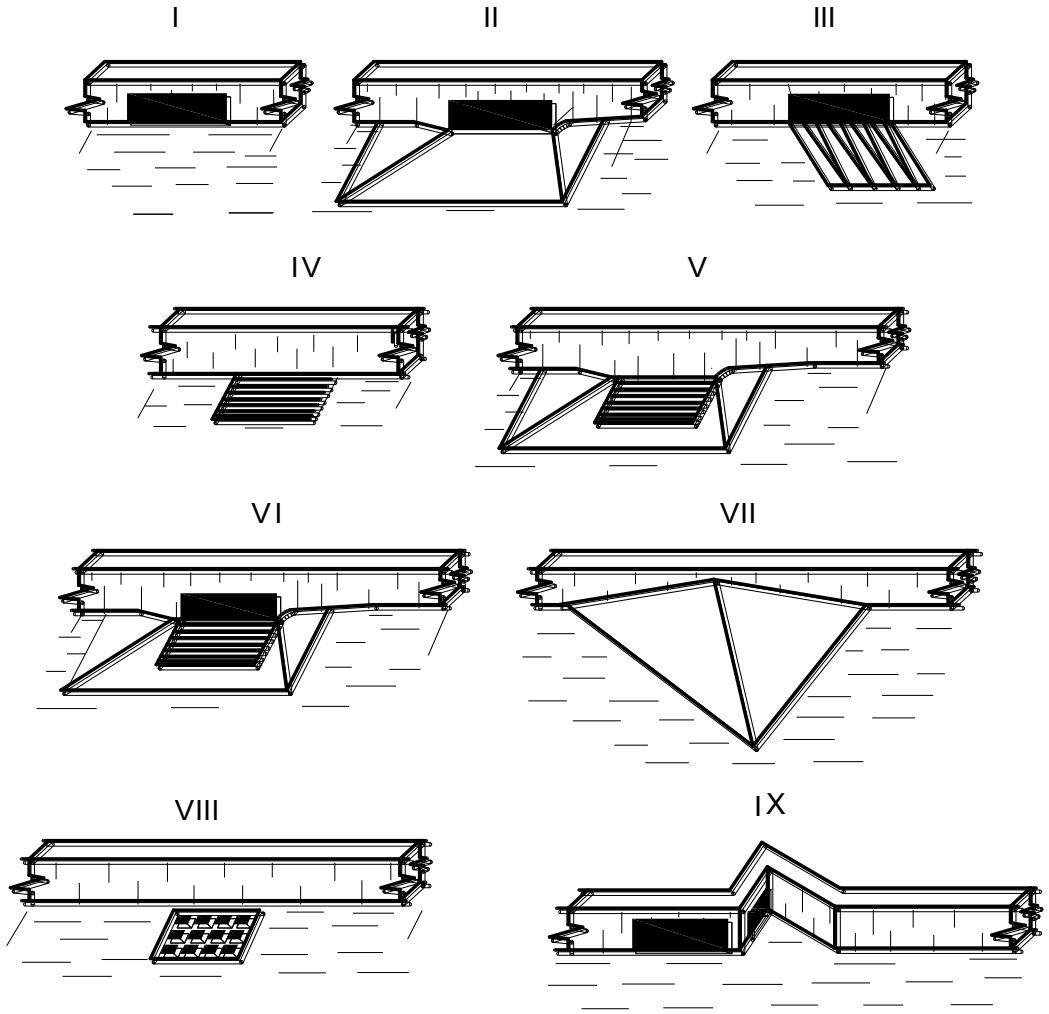


Рис. 5.2. **Расположение бордюрных и кюветных дождеприемных выпусков:**

I – бордюрный впуск, расположенный вровень с поверхностью дороги; II – бордюрный впуск, расположенный, ниже поверхности дороги; III – бордюрный впуск, расположенный вровень с поверхностью дороги, отклоняющийся или комбинированный; IV – кюветный впуск, расположенный вровень с поверхностью дороги; V – кюветный впуск, расположенный ниже поверхности дороги; VI –кюветный впуск, расположенный ниже поверхности дороги; VII – банкетный впуск; VIII– впуск с перфорированной решеткой; IX– бордюрный впуск с отступом

При поступлении дождевых вод поверхностным стоком с внутренней части кварталов расстояние между проектируемыми на улице дождеприемниками определяется гидравлическим расчетом уличных лотков.

При этом заполнение лотков проезжей части допускается на высоту, обеспечивающую незатопление подвальных этажей и входов зданий. Ширина потока определяется в зависимости от поперечного профиля проезда [6].

На рис. 5.3 представлены схемы размещения дождеприемников у перекрестков улиц [6].

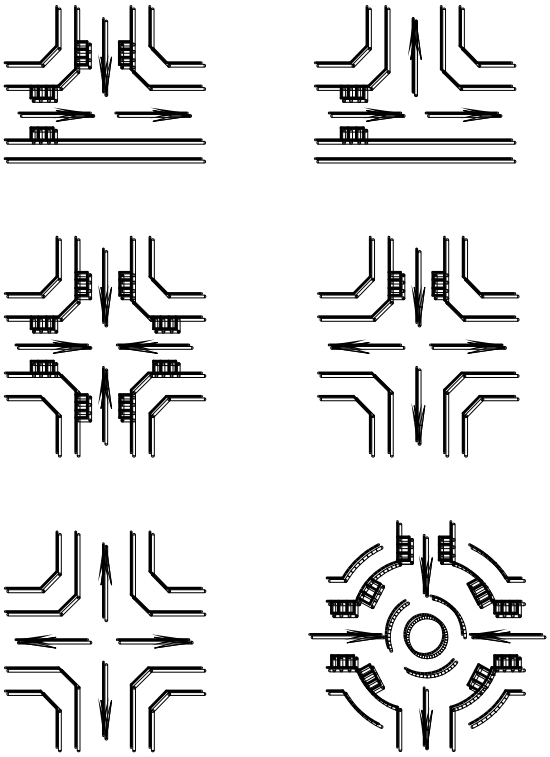


Рис. 5.3. **Схемы размещения дождеприемников у перекрестков улиц**

5.2. Разделительные камеры

Разделительные камеры устраивают на дождевой сети полуразделительной системы канализации для сброса во время сильных дождей части стока в водоемы или регулирующие резервуары. По конструкции разделительные камеры аналогичны ливнеспускам

общесплавной системы канализации, поэтому их можно объединить названием ливнекамеры. Схемы наиболее простых и удобных в строительстве и эксплуатации ливнекамер представлены на рис. 5.4.

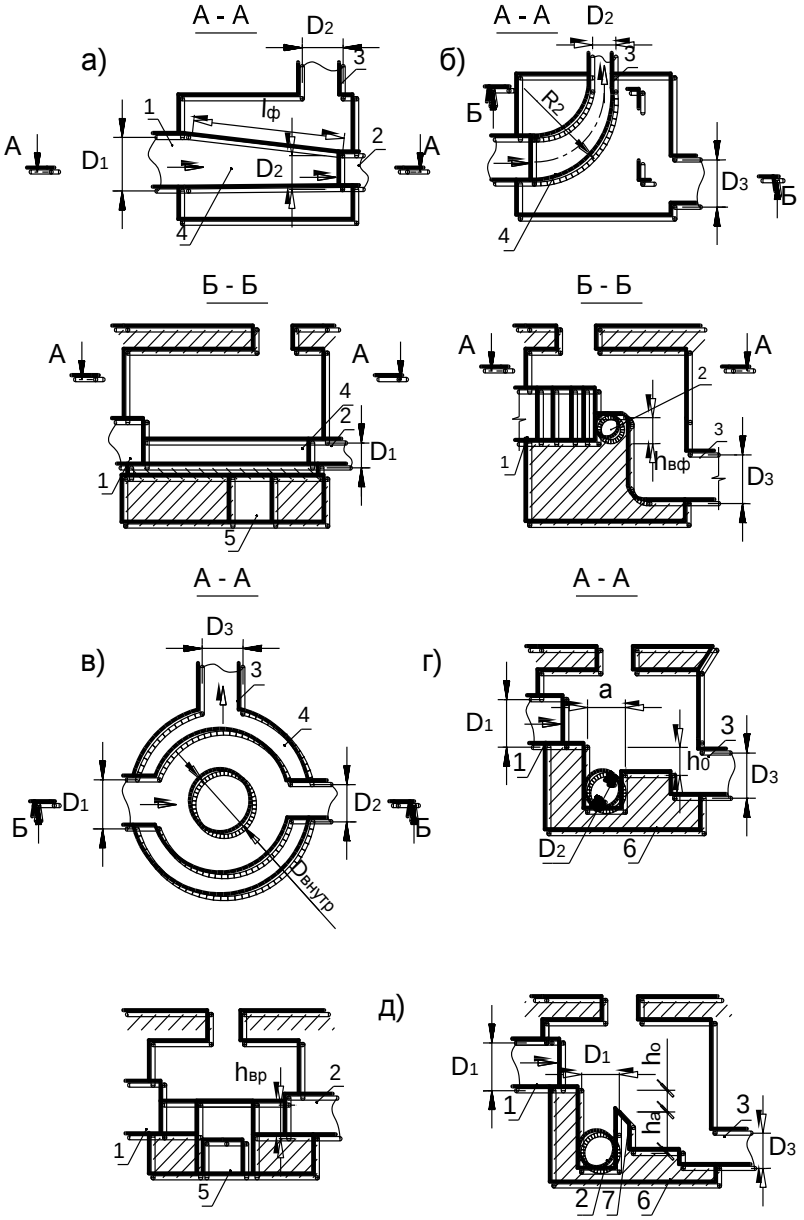


Рис. 5.4. **Схема разделительных камер [2]:**
а – с двухсторонним прямолинейным боковым водосливом;
б – с криволинейным односторонним боковым водосливом
с одним поворотом; в – с кольцевым водосливом;
д – с разделительной стенкой; 1 и 2 – подводящий и отводящий
коллектор; 3 –сбросной коллектор; 4 – лоток;
5 – отверстие; 6 – нижний бьеф; 7 – разделительная стенка

Наиболее распространенными являются ливнекамеры с водосливами различной конфигурации – прямолинейными боковыми одно- и двусторонними, криволинейными боковыми с одним и двумя поворотами, полигональными торцевыми, кольцевыми и др. При проектировании камер с водосливами диаметр подводящего коллектора D_1 принимается, исходя из расхода $q_г$ дождевых вод при наполнении h/d=1. Диаметр отводящего, трубопровода D_2 должен обеспечить пропуск предельного расхода $Q_{пр}$ отводимого на очистку. Ливнеотвод диаметром D_3 должен обеспечить отведение расхода $Q_{сбр}=q_г- Q_{пр}$ или всего расхода $q_г$. Предельный расход $Q_{пр}$ должен отводиться на очистку без перелива через гребень водослива высотой [2].

$$h_{гр} = h_2 + \zeta_{вх} \cdot \frac{V_{вх}^2}{2g}, \quad (5.1)$$

где h_2 и V_2 – глубина и скорость потока в отводящей трубе $Q_{пр}$;
$\xi_{вх}$=0,5 – коэффициент сопротивления при входе в трубу.

Отметку шелыги трубы ливнеотвода рекомендуется принимать ниже гребня водослива на величину не меньше потерь напора на входе в ливнеотвод. В этом случае будет свободное истечение через водослив [2].

5.3. Регулирующие резервуары

Расходы стока дождевых вод обычно быстро возрастают, достигают максимума в момент концентрации стока со всего бассейна, а затем снижаются до полного прекращения стока. Продолжительность максимальных расходов невелика, поэтому целесообразно сбрасывать пиковые расходы дождевого стока в регулирующий резервуар, который опорожняется после прекращения поступления стока [2].

При конструировании регулирующих резервуаров следует иметь в виду, что они будут заполняться дождевым стоком периодически, что в них происходит частичное осветление и выпадение взвеси. Регулирующие резервуары бывают открытого и закрытого типов. Открытые резервуары или пруды проще по конструкции и удобнее в эксплуатации, но их обычно

устраивают за пределами жилой застройки. Закрытые резервуары, как правило, должны иметь надежную вентиляцию, устройства для смыва и удаления осадка.

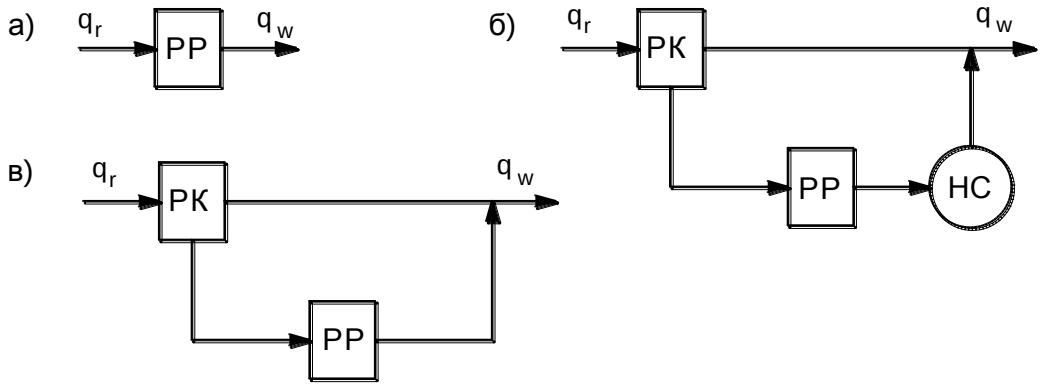


Рис. 5.5. **Схемы подключения регулирующих резервуаров (РР) к дождевой сети [2]**

В регулирующих резервуарах происходит частичное осветление дождевых вод и выпадение значительного количества взвешенных веществ. Особенно благоприятные условия для выпадения взвеси возникают, когда прекращается поступление стока в резервуары, а заполнение его объема близко к наибольшему расчетному. При большой площади резервуаров сбор и удаление осадка из них затруднены, особенно из резервуаров закрытого типа. При конструировании резервуаров в этих случаях требуются специальные технические решения. Для опорожнения резервуаров с помощью насосов прокладывают трубопроводы, по которым можно подавать воду для промывки резервуаров и взмучивания осадка. Целесообразно деление нижней части резервуаров на секции с трапецеидальной формой поперечного сечения и продольным уклоном лотков в направлении сборного приямка или опорожняющего трубопровода. За счет разного высотного положения лотков в секциях достигается последовательное включение в работу отдельных секций по мере увеличения расхода. При таких решениях можно обеспечить гидравлическое транспортирование осадка в направлении приямка, 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 можно запроектировать переливные трубопроводы и водосливы с полупогруженными досками для предотвращения выноса в водоем плавающих отбросов.

Очистку осадка открытых прудов-резервуаров удобно производить бульдозерами и погрузчиками. В этом случае при устройстве резервуаров нужно предусматривать специальные подъездные пути для работы техники. К настоящему моменту разработано множество конструкций резервуаров для накопления и регулирования поверхностных вод. На рис. 5.6 приведена одна из наиболее современных конструкций [2].

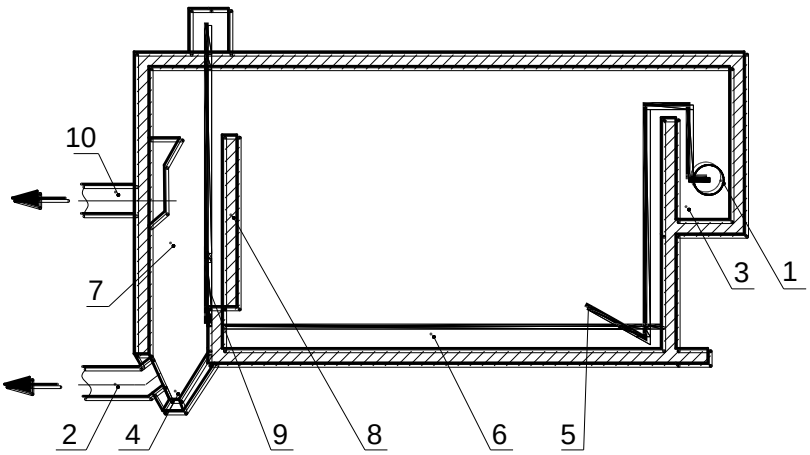


Рис. 5.6. **Конструкция регулирующего резервуара [2]:**
1 – подающий трубопровод; 2 –- трубопровод опорожнения;
3 – галерея задвижек; 4 – приямок трубопровода опорожнения;
5 – насадки; 6 – лотки опорожнения; 7 – канал опорожнения;
8 – поперечная перегородка; 9 – шиберы; 10 – аварийный сброс

Резервуар представляет собой железобетонную емкость с днищем в виде лотков, объединенных в секции опорожнения системой шиберов. Сточная вода подается к резервуару по трубопроводу 1, который заходит в камеру и транспортируется на очистные сооружения.

Продолжительность аккумулирования и размеры резервуара отвечают условиям осветления воды. Время аккумулирования поверхностных сточных вод (и как следствие - объем аккумулирующего резервуара) будет в основном

определяться требованиями к качеству очищенной воды, методами очистки и характеристиками исходной воды.

Конструкция резервуара (см. рис. 5.7) обладает рядом достоинств: он компактен; имеет относительно невысокую стоимость эксплуатации; обеспечивает возможность устройства нескольких ярусов (обычно не более 2–3); в зависимости от условий расположения, строительства и последующей эксплуатации можно использовать резервуары различной формы в плане, увеличить объем резервуара за счет подключения дополнительных секций, самостоятельного регулирования уровней воды в резервуаре и режимов работы (очередности и степени наполнения и опорожнения секций резервуара). Достаточно низкая стоимость эксплуатации объясняется отсутствием в данной конструкции большого количества запорно-регулирующей арматуры и механизмов для сгребания и удаления осадка.

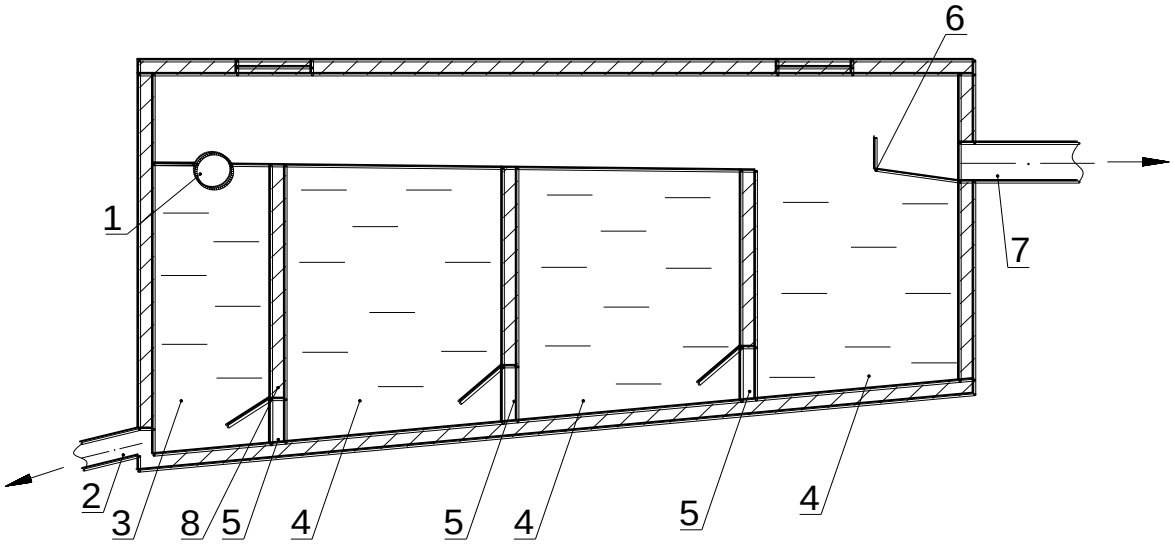


Рис. 5.7. **Конструкция регулирующего резервуара:**
1 – подводящий коллектор; 2 – отводящий коллектор;
3 – распределительная камера; 4 – секция регулирования;
5 – водопропускные окна; б – водосливной лоток аварийного сброса;
7 – аварийный сброс; 8 – вертикальные перегородки

5.4.Очистные сооружения очистки поверхностных сточных вод

5.4.1. Загрязнения, содержащиеся в поверхностных сточных водах

Дождевой сток с городских водосборов содержит большое количество загрязняющих веществ, начиная с тех, которые осаждаются из воздуха, и кончая загрязнениями со свалок и из промышленных зон. В число известных источников загрязнения входят фекалии животных, садовые удобрения, продукты эрозии почв, автомобильные масла и резина от шин, разлагающиеся массы растительного происхождения и т.п. [2].

В дождевых осадках содержатся значительные количества сульфатов, нитратов и нерастворимых примесей, характеризующихся количеством взвешенных веществ. Происходит подкисление атмосферных осадков выхлопными газами автомашин и дымом промпредприятий.

При формировании сток смывает и выносит примеси, находящиеся на водосборной поверхности. Осадки сорбируют загрязнения из атмосферы. Качественная характеристика поверхностного стока определяется продолжительностью предшествующего сухого периода, длительностью и интенсивностью выпадения осадков, санитарным состоянием территории, а также степенью загрязненности атмосферы.

С градостроительной точки зрения качество стока определяется плотностью населения и промышленным потенциалом города, интенсивностью движения транспорта, степенью благоустройства и гидрогеологическими характеристиками территории.

Характерными загрязнителями для поверхностного стока являются взвешенные вещества. Около 80 % по весу взвешенных веществ имеют размер частиц менее 0,05 мм, из них около 15 % - частицы размеромдо 0,005 мм. Образующийся при оттаивании дождевого стока осадок характеризуется высокой зольностью (70 - 80 %); влажность его после 2 ч уплотнения колеблется в пределах 90 - 95 %.

Органические вещества в поверхностном стоке содержатся в растворенном и нерастворенном состоянии. На долю суспензионных при-

месей приходится около 90% общего количества окисляющихся веществ, присутствующих в поверхностном стоке.

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.

В поверхностном стоке могут содержаться биогенные элементы, специфические примеси, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями, и бактериальные загрязнения. В связи с выбросами в атмосферу двуокиси серы (серного ангидрида) и окислов серы происходит выпадение кислых дождей с показателем кислотности pH ≤ 4,5. В умеренных и высоких широтах такие дожди причиняют растительности существенный ущерб.

С поверхностным стоком 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.

Источниками загрязнения поверхностного стока 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. Дождь захватывает из воздуха 12–20 мг/л твердых частиц. Около 14 мг/л аэрозолей и компонентов промышленных выбросов содержится в стоке с крыш здания. Продукты разрушения дорожных покрытий составляют 40–50 г/м^2 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 и технического состояния транспорта и др.

Характерными загрязнителями поверхностного стока являются взвешенные вещества. По гранулометрическому составу взвесь характеризуется преобладанием мелкодисперсных частиц. При механической уборке городских территорий удаляются в основном крупные фракции. Мелких частиц в уличном смете обычно не более 20%. В стоке 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.

Содержание в дождевых водах биогенных солей азота и фосфора составляет, соответственно, 5–6мг/л и 0,7–1,2 мг/л; хлоридов 25–30 мг/л. По сравнению с бытовыми водами дождевой сток менее жесткий. Около 50% общего азота присутствует в аммонийной форме, 30% - в составе органических соединений и 20% – в виде нитратов и нитритов.

Концентрация нефтепродуктов в дождевом стоке около 20–25 мг/л при общем диапазоне изменения этого показателя 7–100 мг/л. Коли-титр городского поверхностного стока обычно на 2–3 порядка выше показателя бытовых сточных вод. По числу бактерий кишечной группы в единице объема отдельные пробы дождевых вод соответствуют бытовым стокам. Атмосферные воды обычно имеют коли-титр 0,1–0,000001. В целом по составу микрофлоры сток атмосферных вод аналогичен среднезагрязненной почве.

В табл. 5.2 представлены расчетные концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов в дождевом и талом стоке для районов с различной степенью благоустройства [2].

Таблица 5.2

Концентрация загрязняющих веществ дождевого и талого стоков, мг/л

Характеристика водосборного бассейна	Дождевой сток		Талый сток	
	взве-шенные вещества	неф-тепро-дукты	взве-шенные вещества	неф-тепро-дукты
1	2	3	4	5
Жилые районы с административными, торговыми, медицинскими, учебными и другими центрами: современная застройка старая, не реконструированная застройка	400 - 600 700 - 100	7 – 12 10 - 15	1300 – 1600 1500 - 1700	10 – 12 12 - 15
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	800 -1200	12 - 20	2000 - 2500	12 - 20
Транспортные магистрали с интенсивным движением промзоны	800 - 1400	15 - 20	2500 - 3000	23 - 30

5.4.2. Принципиальные схемы очистных сооружений поверхностного стока

Очистка поверхностного стока с городских селитебных территорий может производиться как самостоятельно, так и совместно с очисткой городских сточных вод.

При совместной очистке поверхностного стока с селитебной территории города и городских сточных вод в технологическую схему станции аэрации добавляются регулирующие емкости, а в ряде случаев применяется контактно-стабилизационный метод (рис.5.8).

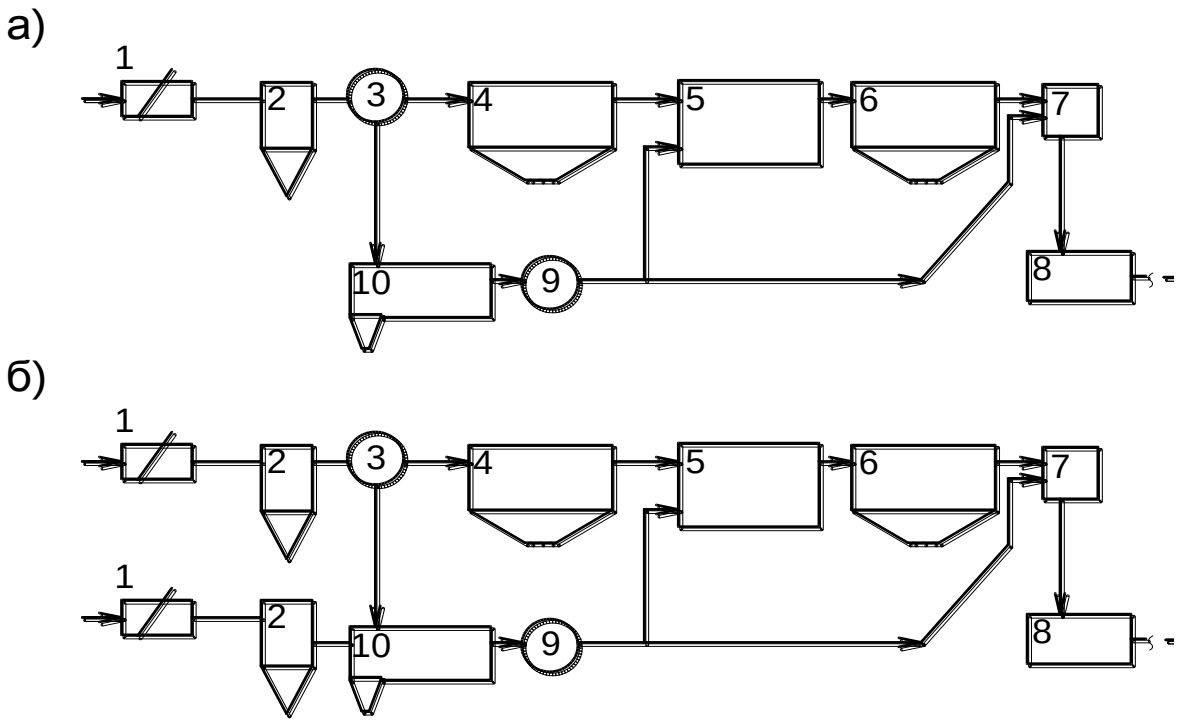


Рис. 5.8. **Принципиальная схема совместной очистки поверхностного стока и городских сточных вод:**
а – подача сточных вод по одному коллектору;
б – подача сточных вод по раздельным коллекторам:
1 – решетки; 2 – песколовки; 3 – разделительная камера;
4 – первичные отстойники; 5 – аэротенки; 6 – вторичные отстойники;
7 – узел обеззараживания; 8 – контактный резервуар; 9 – насосная станция;
10 – регулирующий резервуар

Схема совместной очистки зависит от способа подачи сточных вод на станцию аэрации. При подаче городских сточных вод и поверхностного стока по единому коллектору разделительную камеру устанавливают после песколовок. Время пребывания смеси сточных вод в первичных отстойниках должно быть не менее 1 ч.

В качестве регулирующей емкости применяются горизонтальные или радиальные первичные отстойники. Объем регулирующей емкости определяется из условия опорожнения ее в течение 24 ч с момента начала.

На рис. 5.9 изображена схема отведения и очистки дождевых вод относительно небольшого объекта (площадки асфальтобетонного завода).

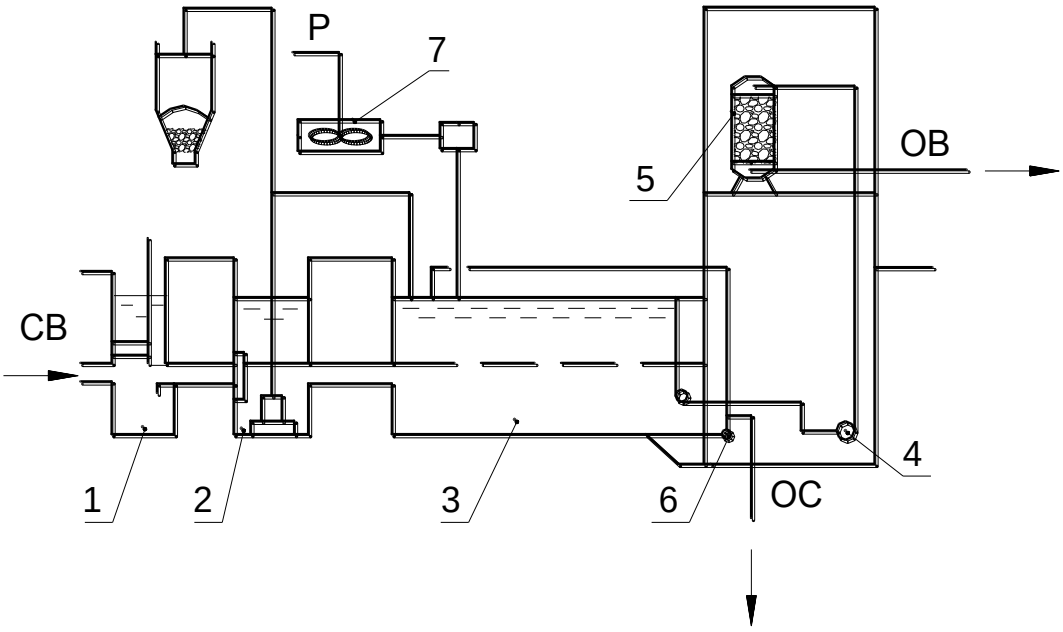


Рис. 5.9. **Схема узла очистки поверхностного стока малой производительности:**

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 – реагентное хозяйство;
СВ – сточные воды; ОВ – очищенная вода; Р – реагент; ОС – осадок

Поступление сточных вод самотечное. По ходу движения стоки 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.

На рис. 5.10 показана схема относительно большой промзоны (более 50 га) с глубоко уложенной сетью.

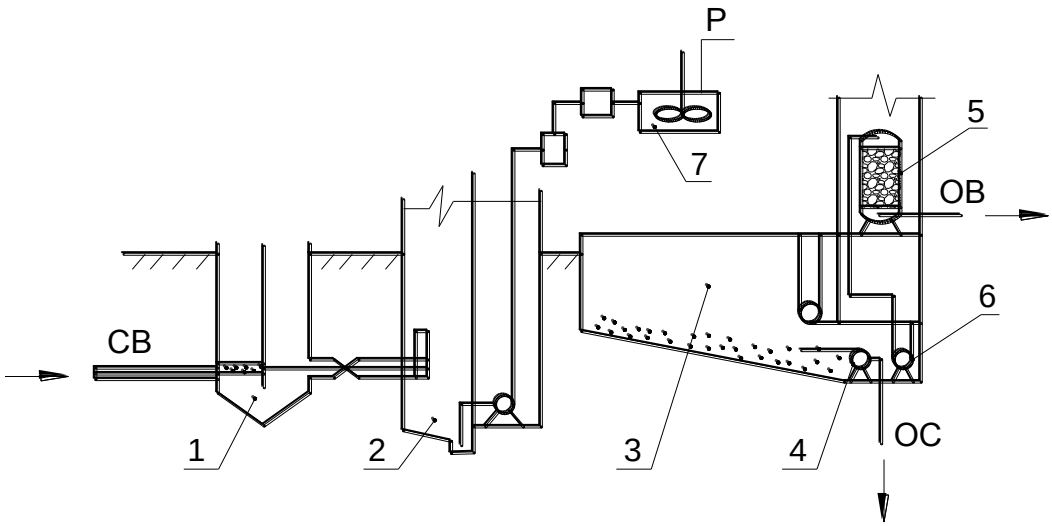


Рис. 5.10. **Схема узла очистки поверхностного стока большой и средней производительности:**

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

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.

При исходных концентрациях загрязнений в дождевом стоке, 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.

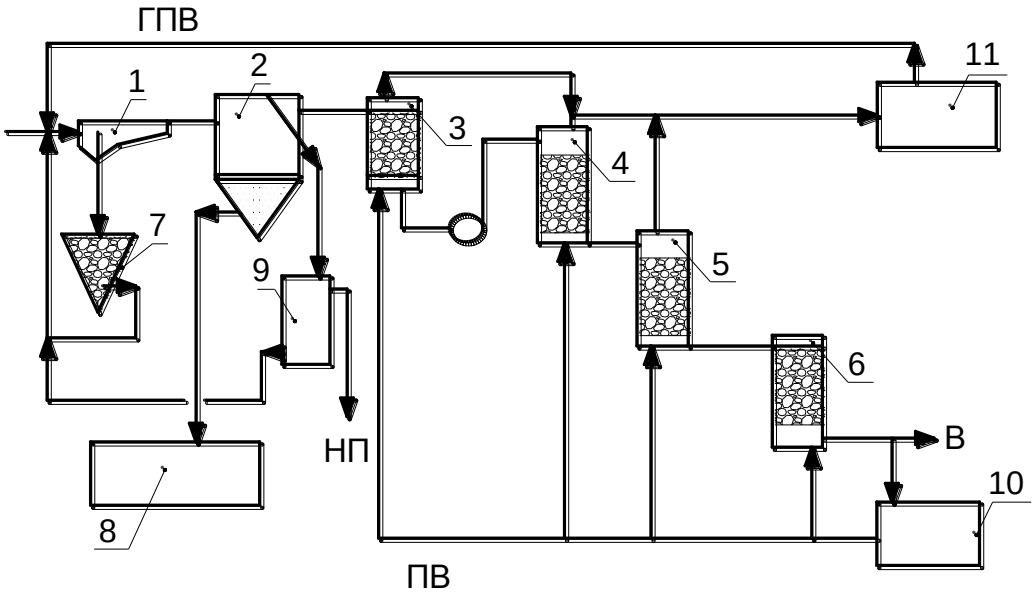


Рис. 5.11. **Схема очистки дождевых стоков:**
1 – песколовка; 2 – отстойник; 3 – фильтры с песчаной загрузкой;
4 – фильтры с керамзитовой загрузкой; 5 – фильтры с пенополиуретановой загрузкой; 6 – фильтры с углеродсодержащим волокном;
7 – песчаный бункер; 8 – узел обезвоживания осадка;
9 – сборник нефтепродуктов; 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

5.5. Использование водоотводящих сетей для удаления снега [4]

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 городские водоемы запрещен по экологическим требованиям (табл. 5.3). Вывоз снега за пределы города на специально подготовленные полигоны экологически неприемлем.

Таблица 5.3

Сравнительные показатели загрязнения убираемого снега, мг/л

Наименование загрязнения	ПДК для воды рыбо-хоз. водоемов	ПДК СанПИН (культ-быт)	Снег с улиц		Норматив приема в канализацию
			среднее значе-ние	макс. значе-ние 90% обесп.	
1	2	3	4	5	6
Взвешенные вещества	7,25	10	974,3	3500	500
Нефтепродукты	0,05	0,3	23,8	64	4
Хлориды	300	350	1386,8	5500	350
Сульфаты	100	500	111,3	180	500
Азот аммо-нийный	0,4	2	1,6	3,5	-

Фоновым загрязнением снега являются пылевые загрязнения, неравномерно осаждающиеся в зависимости от уровня загрязненности атмосферы и направления господствующих ветров. Осевшие частицы пыли во время оттепелей и весеннего снеготаяния смываются в водные объекты. Величина пылевого загрязнения является умеренной и не слишком загрязняет почву и воды.

Локальные загрязнения снега связаны с накоплением загрязняющих веществ при несвоевременной уборке мусора в местах его интенсивного образования (рынки и т.д.). Весной эти скопления медленно тают, интенсивно загрязняя почву и воду на локально ограниченных участках.

Наиболее значительными и опасными являются загрязнения снега на дорогах, где, как показывают измерения, снег загрязняется противогололедными реагентами и особенно сильно, имеющими высокую токсичность, нефтепродуктами. Именно эти загрязнения оказывают дестабилизирующее влияние на водные экосистемы, делая их опасными для человека.

Сильное влияние загрязнений убираемого с дорог снега на экологическую обстановку связано с огромными площадями дорог в территориальном балансе города. Загрязнение снега нефтепродуктами

вызывается интенсивным движением транспорта и морозным выветриванием асфальтовых покрытий при воздействии противогололедных смесей и отсутствии постоянного снежного покрова (большое количество ежегодных циклов замораживания и оттаивания, намного превышающее морозостойкость покрытия).

Продукты выветривания асфальта осаждаются на дне водотоков и водоемов, вызывая отравление токсикантами всей трофической цепи экосистемы.

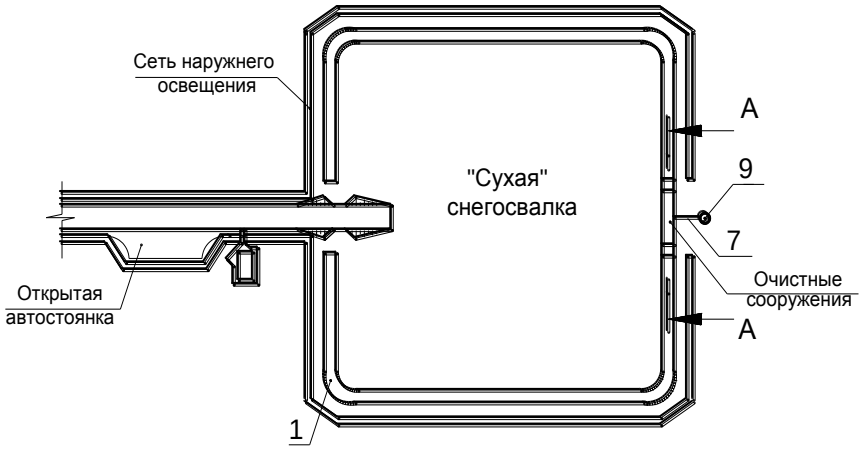
Снижение загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами до уровня требований санитарных норм по воде предусматривает уменьшение уровня концентрации нефтепродуктов в стекающей с территории города воде примерно втрое (до 0,3 мг/л).

В этой связи экономически наиболее приемлемым вариантом решения этой проблемы является использование транспортирующей способности самотечных канализационных коллекторов, которое возможно по следующим направлениям: зимнее депонирование снега на «сухих» снегосвалках; сброс снега в снегосплавные камеры с последующим отводом талой воды в канализационную сеть.

Размещение «сухих» снегосплавок возможно на свободных или резервных городских территориях. «Сухая» снегосвалка располагается на железобетонном водонепроницаемом основании (рис. 5.12).

При весеннем таянии накопленного за зимний период снега талая вода по сборному каналу отводится на очистные сооружения. 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.



А-
А(повернуто)

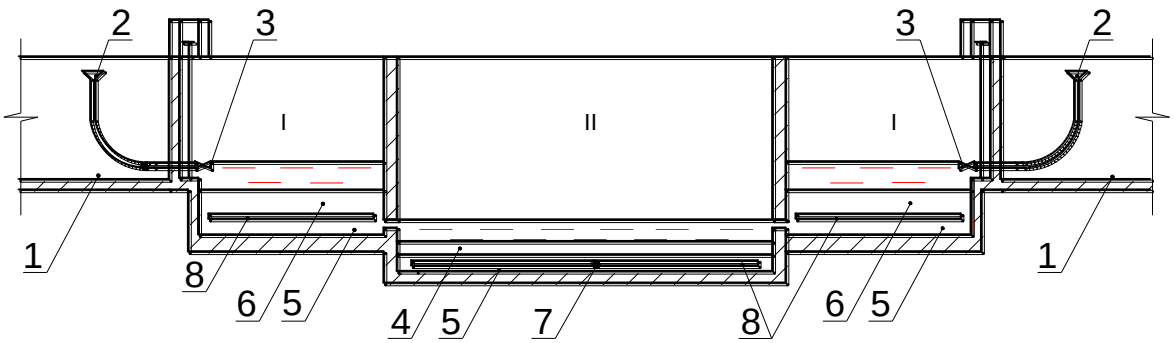
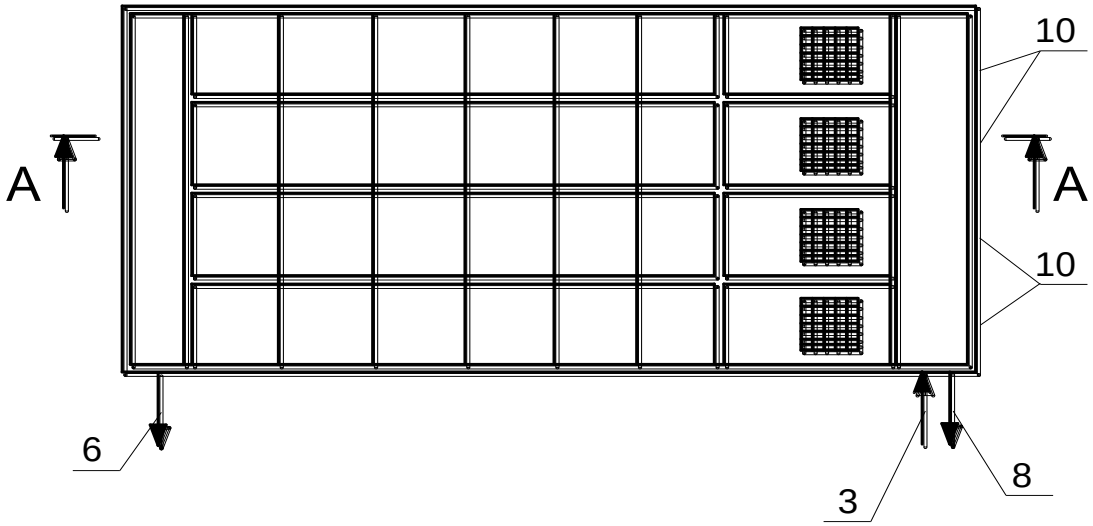


Рис. 5.12. **«Сухая» снегосвалка**:
а – план «сухой» снегосвалки; I – фильтр первой ступени;
II– фильтр второй ступени; 1 – сборный канал;
2 – плавающий водослив; 3 – задвижка; 4 – антрацит; 5 – гравий;
6 – щебень; 7 – стальная труба; 8 – перфорированные стальные трубы;
9 – колодец городской сети

Для размещения снегосплавных камер на канализационных сетях требуется значительно меньшая свободная городская территория; одно из возможных конструктивных решений таких камер приведено на рис. 5.13.



А-А

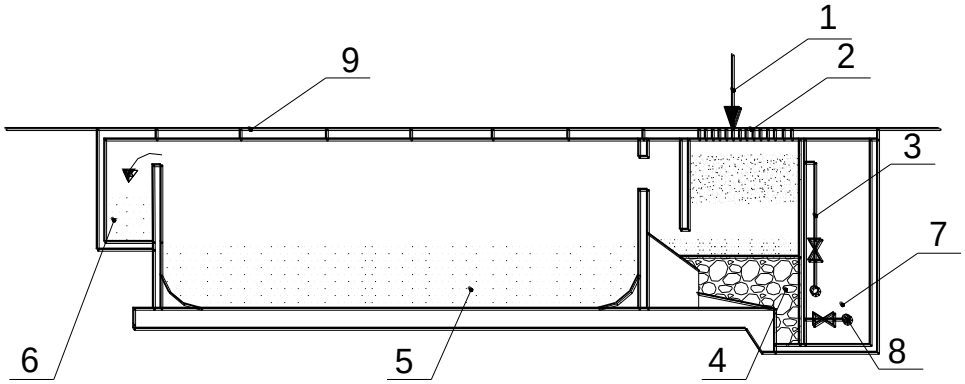


Рис. 5.13. **Снегосплавная камера с улавливанием песка и крупных включений [4]:**

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

Разработанная 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.

Наиболее приемлемым решением проблемы удаления снега, с убираемых городских территорий является сочетание «сухих» снегосвалок и снегосплавных камер, размещаемых с учетом наличия свободных территорий, а также диаметров и трасс городских канализационных коллекторов, способных обеспечивать растаивание снега и отвод талой воды.

5.6. Выпуск поверхностных сточных вод в водоемы

Выпуск поверхностных сточных вод наиболее часто производится в проточные водоемы. Устройство выпусков не допускается в границах пояса строгого режима зоны санитарной охраны источников водоснабжения. Не следует проектировать выпуски и в малые непроточные пруды, в замкнутые лощины и низины, в размываемые овраги, а также в водоемы – в места, специально отведенные для массового купания. В заболоченные поймы рек выпуск дождевых вод производить тоже не рекомендуется [7].

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

Возможность выпуска дождевых 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.

При устройстве выпусков в море следует учитывать высоты приливных волн.

Оголовок выпуска должен не попадать в толщу ледяного покрова водоема, а располагаться ниже его.

Конструкция выпуска зависит от ряда причин и в первую очередь от крепления откосов водоема, глубины заложения и поперечного сечения коллектора.

В местах выпусков водостока в естественный лог или в реку и в местах перехода труб в открытый канал устраивают выходные оголовки.

Размеры и конструкция оголовков могут быть самыми различными в зависимости от местных условий. Типовые конструкции выходных оголовков в лог разработаны для труб диаметром 0,3-0,5; 0,6-1; 1,2-1,5 и 1,7-2 м. Имеются конструкции оголовков из сборного и монолитного железобетона, а также из кирпича. Для оголовков из сборного железобетона предусмотрено шесть типоразмеров блоков. Эти конструкции разработаны для наиболее часто встречающихся случаев стока воды в лог или водоотводную канаву (рис.5.14) [5].

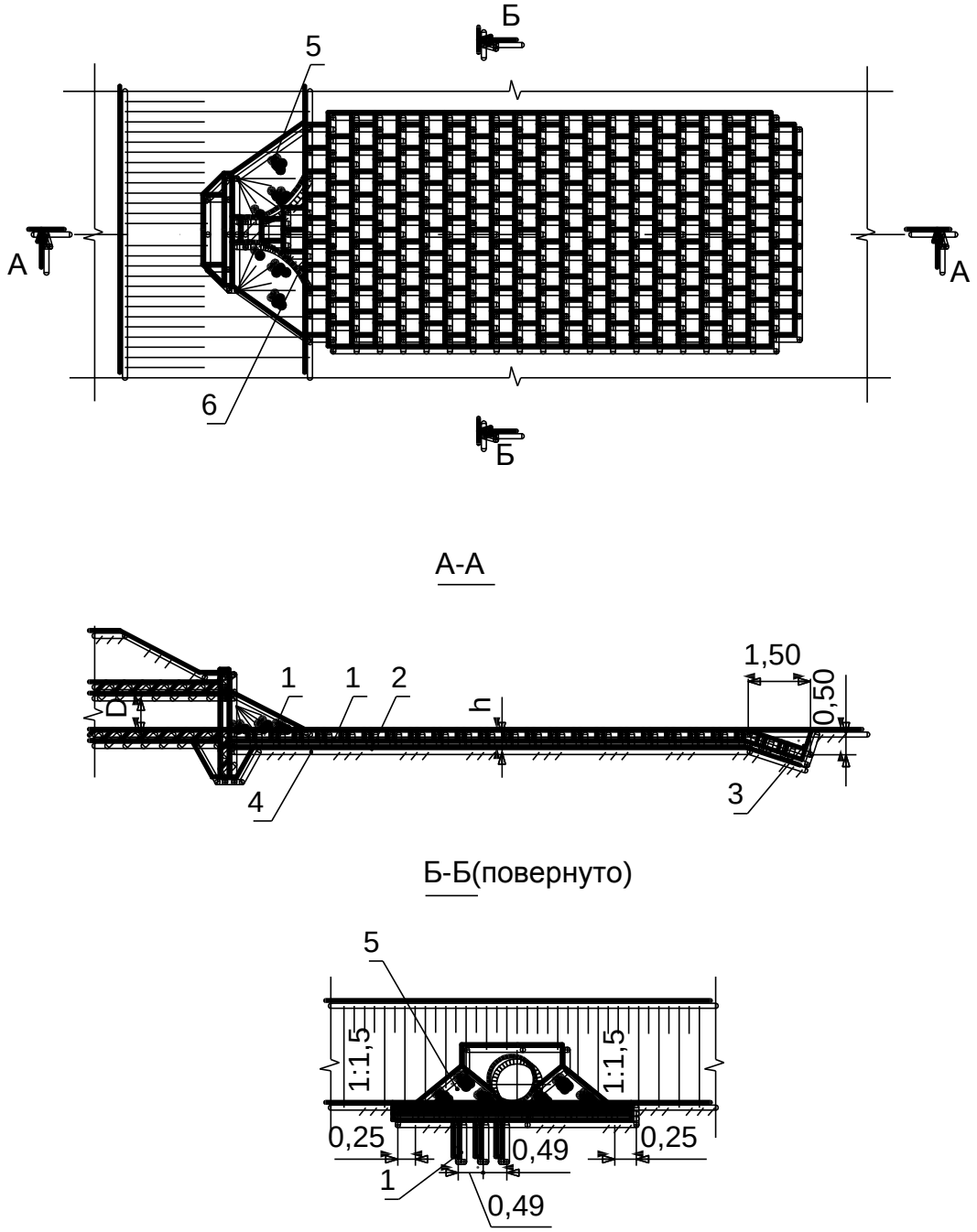


Рис. 5.14. **Выходной оголовок при выпуске в лог [5]:**
1 – бетонные плиты толщиной 10 см; 2 – щебень или гравий крупностью 5 – 15 мм слоем h; 3 – засыпка грунтом;
4 – участок цементируемой мостовой при укладки камня;
5 – отмостка конусов камнем крупностью 16 см по щебню или гравию слоем h; 6 – просветы между плитами, заделываемые бетоном и камнем

При выпуске водостока в естественные водоемы могут встретиться самые различные случаи сопряжения бьефов, поэтому здесь приводятся лишь возможные схемы устройства выпусков (рис. 5.15–5.21), конструктивные чертежи которых разрабатываются каждый раз для конкретных условий в зависимости от различных местных условий.

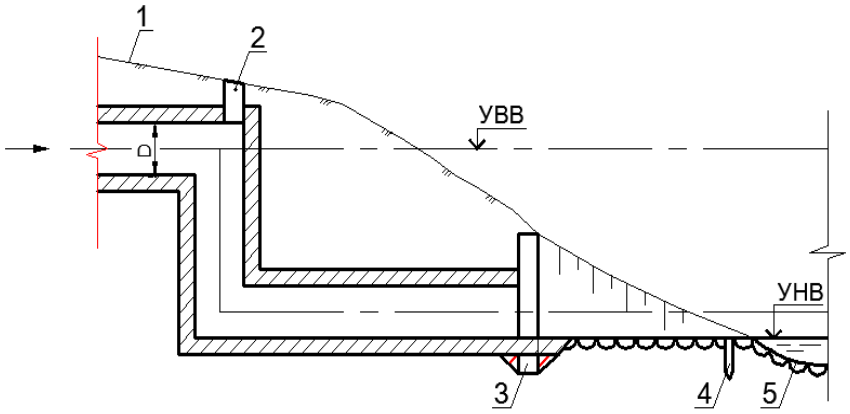


Рис. 5.15. **Выпуск с канала (Q< 10 м^3/с)**

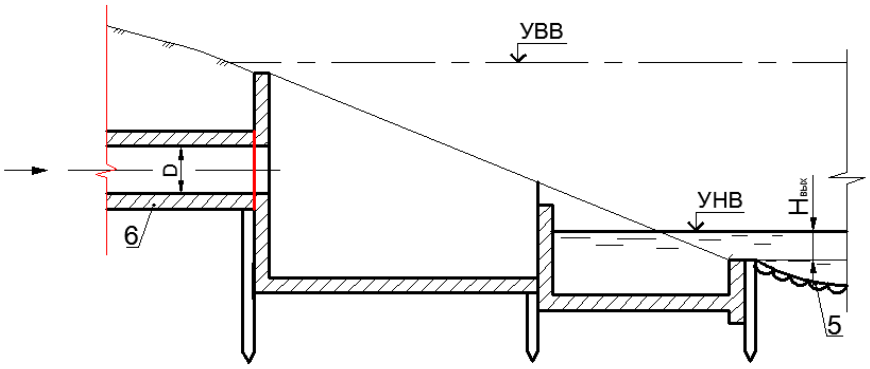


Рис. 5.16. **Выпуск с перепадом (Q> 10 м^3/с)**

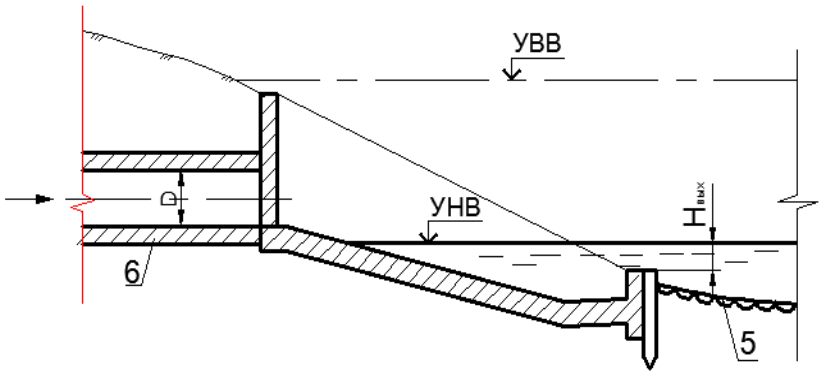


Рис. 5.17. **Выпуск с быстротоком (Q>10 м^3/с)**

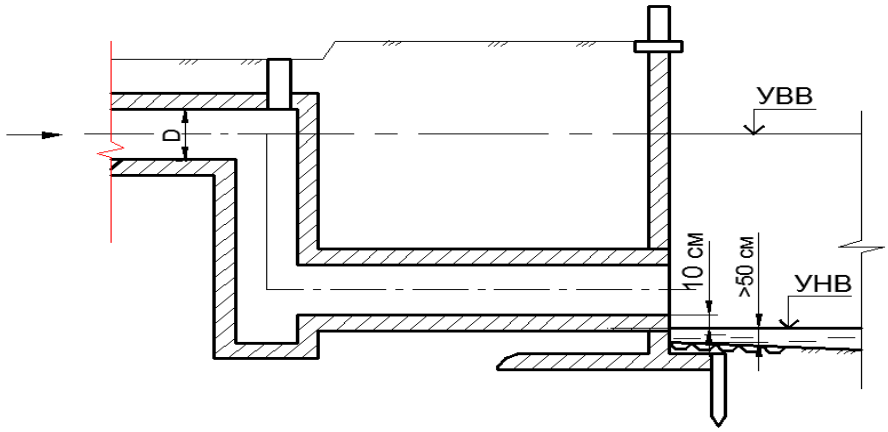


Рис. 5.18. **Незатопленный выпуск через подпорные стенки**

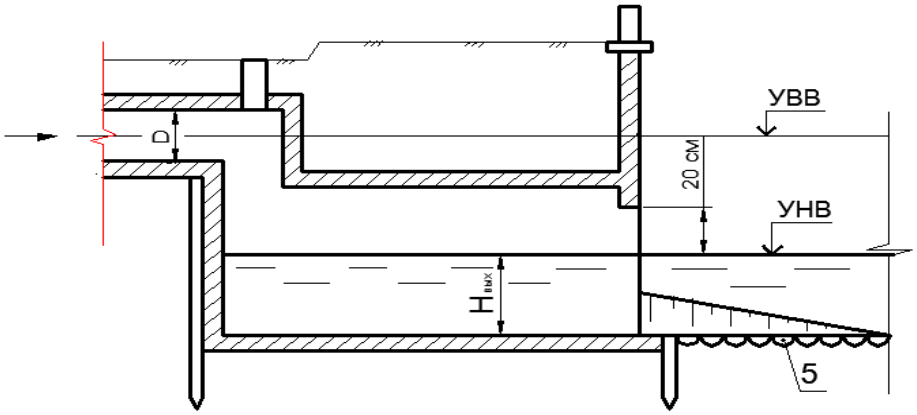


Рис. 5.19. **Незатопленный выпуск (Q< 10 м^3/с) через откосные укрепления**

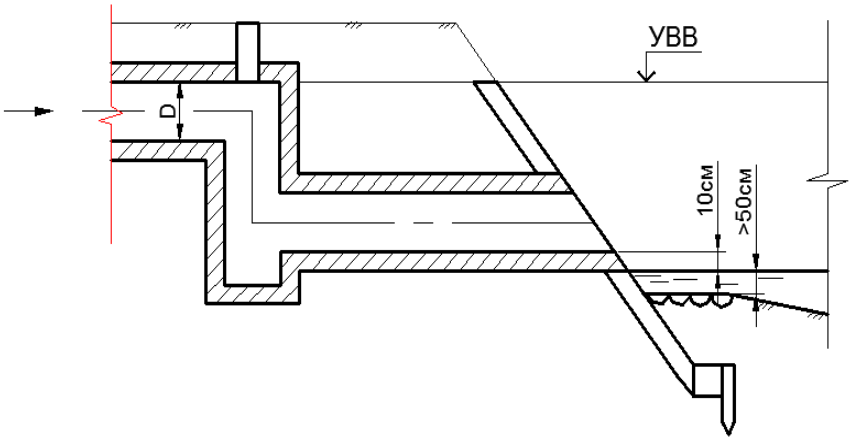


Рис. 5.20. **Затопленный выпуск (Q< 10 м^3/с) через подпорные стенки**

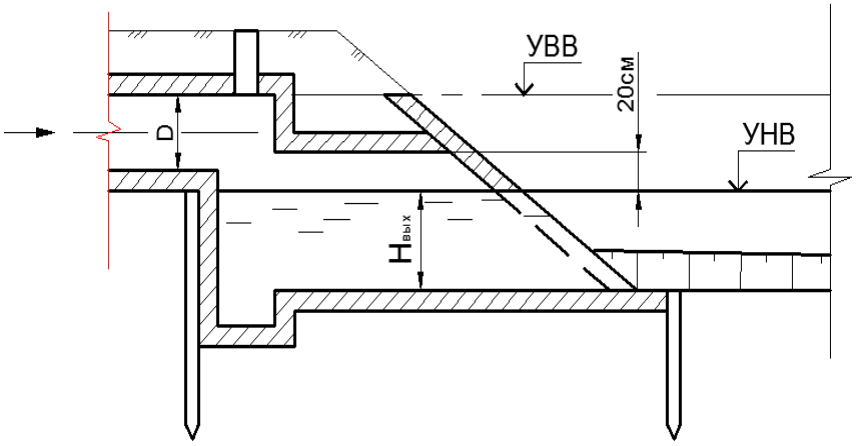


Рис. 5.21. **Затопленный выпуск (Q> 10 м^3/с) через откосные укрепления**

6. Расчет водоотводящей сети для отвода поверхностных сточных вод

В настоящее время проблема загрязнения водоемов является одной из важнейших технических, эколого-биологических и социальных проблем мегаполисов и населенных мест. В связи с постоянно повышающимися требованиями к охране окружающей среды необходимо значительно уменьшить сбросы вредных веществ в водные объекты. В городах, где имеется водоотводящая сеть для отведения поверхностных вод, стоки собираются дождеприемниками и организованно отводятся с территории населенного пункта. Там где нет дождевой сети, поверхностные сточные воды удаляются по рельефу местности в нижерасположенные места: овраги, реки и т.д.

К поверхностным сточным водам относятся дождевые и талые, поливомоечные, инфильтрационные сточные воды. Эти сточные воды часто называются дождевыми или ливневыми, так как они в основном образуются за счет выпадения дождей [1,8 – 10].

6.1. Трассировка водоотводящих сетей поверхностных сточных вод

Дождевая (ливневая) сеть состоит из лотков, дождеприемников и закрытой дождевой сети. Поверхностные стоки по коллекторам зон канализования поступают в главный коллектор поверхностных стоков, в конце которого устанавливается регулирующий резервуар (РР). Из него поверхностные сточные воды насосной станцией поверхностных сточных вод (НСПС) по напорному водоводу перекачиваются на централизованные очистные сооружения поверхностных сточных вод (ЦОСПС), где очищаются и через русловой рассеивающий выпуск сбрасываются в водоем.

Трассировку водоотводящей сети поверхностных сточных вод в основном следует производить в соответствии с указаниями, относящимися к бытовой канализации, с учетом, однако, специфических особенностей работы водоотводящей сети поверхностных сточных вод. Начертание последней в плане определяется рельефом местности, размером территории, схемой планировки, насыщенностью территории подземными трубопроводами. [6].

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, чем в следующих случаях [7]:

- до оси ближайшего железнодорожного пути – 4м, до рельса трамвайного пути – 1,5м, но не менее чем на глубину траншеи от подошвы насыпи;

- до бордюрного камня автомобильных дорого – 1,5м или 1 м от бровки кювета или подошвы насыпи;

-до линии застройки зданий – 3м;

- до газопроводов низкого давления – 1м, среднего давления – 1,5 м и высокого давления – 2 м [7].

Конструкции пересечения дождевых коллекторов с железнодорожными путями и принятая в расчетах величина периода повторяемости расчетных дождей подлежат согласованию с Управлением дороги МПС.

Как правило, главные коллекторы бассейна следует 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 укладывают один коллектор, при большей ширине могут быть уложены два коллектора по обеим сторонам проезда [6].

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

Как указывалось, водосточную сеть устраивают открытого, закрытого или смешанного типа. Открытую сеть устраивают для поселков и набольших городов; при большом количестве жителей устраивают сеть закрытого и смешанного типов. Обычно дождевые воды с территории кварталов и дворов при наличии поверхностного уклона к улице отводят открытой сетью лотков или кюветов. Закрытая дождевая сеть должна начинаться с места почти полного заполнения уличных лотков, так как иначе дождевая вода стала бы заливать тротуары. Исходя, из этого место расположения начальных точек закрытой сети должно быть определено расчетом. Если дождевая сеть служит одновременно и для отвода производственных, условно чистых вод, очень часто расположение начальных участков сети диктуется местоположением производственных корпусов, от которых должны быть отведены условно чистые воды или дождевые воды, если в этих корпусах имеются внутренние водостоки [6].

6.1.1. Разбивка территории населенного пункта (города) на зоны канализования

Для определения площадей стока, тяготеющих к отдельным участкам коллектора, производится разбивка территории в осях прилегающих улиц на элементарные площади. При резко выраженном рельефе ($i>0,007$) такая разбивка может не производиться, а вся площадь (в осях прилегающих в кварталу улиц) относится к одному из участков коллекторов, проходящих по пониженной грани. При$i<0,007$ каждому кварталу присваивается порядковый номер, а отдельные площади стока обозначаются буквами, например 2а, 2б, 2в и т.д. Для удобства последующих расчетов результаты определения размеров площади (в га) заносятся в табл. 6.1 [7].

6.1.2. Начальная и минимальная глубина заложения сети

При наличии внутриквартальной закрытой дождевой сети начальная глубина заложения уличной сети определяется аналогично тому, как ее определяют при сооружении бытовой сети. Глубину заложения присоединений от дождеприемников (в квартале или на улице) желательно принимать в зависимости от промерзания грунта в данной местности или как минимум в 0,8–1,0м. По эксплуатационным соображениям, укладка верховых участков уличной дождевой сети целесообразна также на глубине (или ниже) промерзания грунта. При наличии постоянного протока по сети теплых условно чистых производственных сточных вод глубина заложения может быть уменьшена. Местное минимальное заложение верха труб и каналов может быть осуществлено на 0,7м; при меньшей глубине трубы должны быть предохранены от повреждений наземным транспортом [7].

6.1.3. Нормы проектирования дождевой водоотводящей сети

Нормы проектирования дождевой сети разработаны на основании исследований и опыта эксплуатации.

Наибольшая глубина протока в кюветах и канавах (в пределах населенных мест) принимается 1,0 м, высота бровки – не менее 0,2–0,4 м. Сеть рассчитывается на полное заполнение.

Минимальная скорость течения (при полном наполнении) принимается 0,8 м/с; при периоде повторяемости расчетных дождей $p \leq 0,5$ года допускается ее снижение до 0,6 м/с. Наибольшие скорости течения в канавах в зависимости от грунта и типа крепления принимаются согласно СНиП.

Наименьшие уклоны труб, кюветов и канав:

– присоединения от дождеприемников 0,02–0,015, допускается его уменьшение – до 0,008, а при диаметре 300 мм – до 0,005;

– внутриквартальных – при диаметре 200 и 300 мм – соответственно, 0,01–0,007;

– уличных диаметров 250 и 300 мм – 0,004 [7,15].

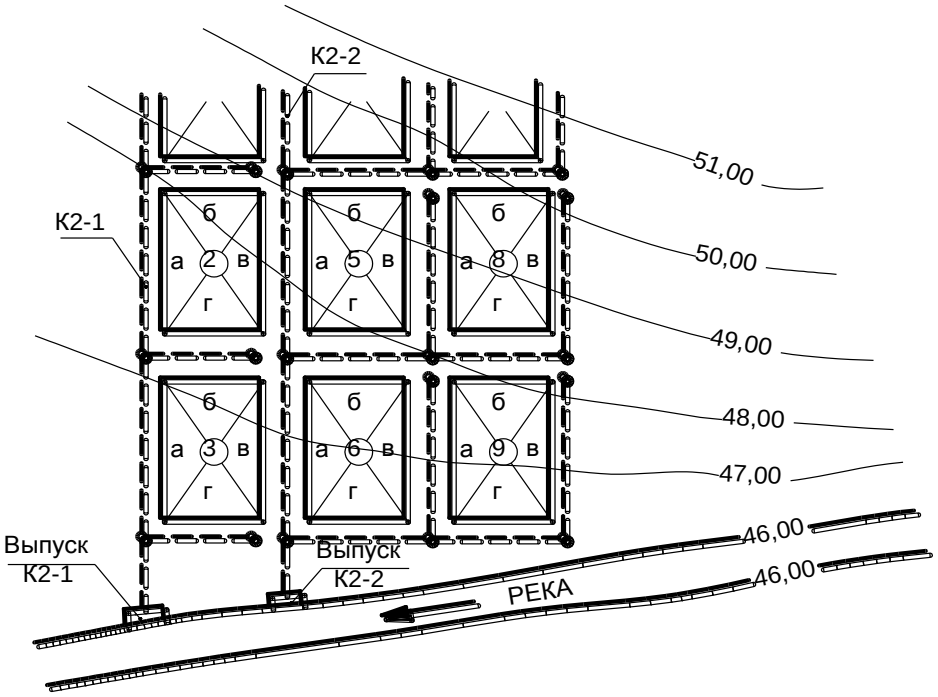


Рис. 6.1. **Схема наружной дождевой водоотводящей сети при i<0,007**

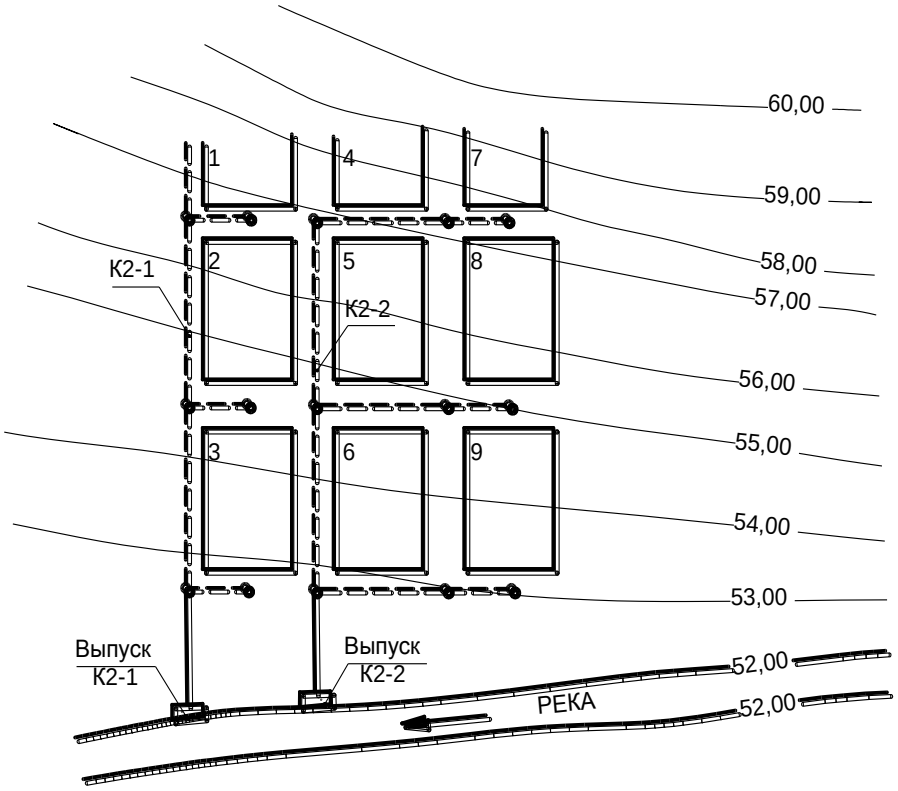


Рис. 6.2. **Схема наружной дождевой водоотводящей сети при i> 0,007**

6.2. Определение расчетных расходов поверхностных сточных вод

Удельная интенсивность дождя $q_{уд}$, л/с, определяется по формуле [1,11]:

$$q_{уд} = Z_{mid} \cdot A^{1,2} / t_r^{1,2n-0,1}, \qquad (6.1)$$

где Z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока, определяется согласно п. 2.17 (табл. 6.1) [11];

n – показатель степени, определяется по СНиП [11] (табл. 6.2);

t_r– расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин (п. 2.15) [11].

Таблица 6.1 [11]

Средние значения коэффициента Z

Поверхность	Коэффициент Z
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	принимается по табл. 10
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,224
Булыжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125
Гравийный садово-парковые дорожки	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
Газоны	0,038

Указанные значения коэффициента Z допускается уточнить по местным условиям на основании соответствующих исследований.

Среднее значение коэффициента стока Z_{mid} следует определить как средневзвешенную величину в зависимости от коэффициента Z, характеризующего поверхность (табл. 6.1, 6.2) [11].

Таблица 6.2[11]

Значения коэффициента Z для водонепроницаемых поверхностей в зависимости от параметра А

Параметр А	Коэффициент Z для водонепроницаемых поверхностей
1	2
300	0,32
400	0,30
500	0,29
600	0,28
700	0,27
800	0,26
1000	0,25
1200	0,24
1500	0,23

Параметр А, определяется по формуле (п.2.12) [11]:

$$A = q_{20} \cdot 20^{n} \cdot (1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}) \cdot \gamma, \qquad (6.2)$$

где q_{20} – интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при P=1 год (рис. 6.3) [11];

n – показатель степени (табл. 6.3) [11];

m_r – среднее количество дождей за год, принимаемое по (табл. 6.3)[11];

P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый по п. 2.3) [11];

γ – показатель степени (табл. 6.3) [11].

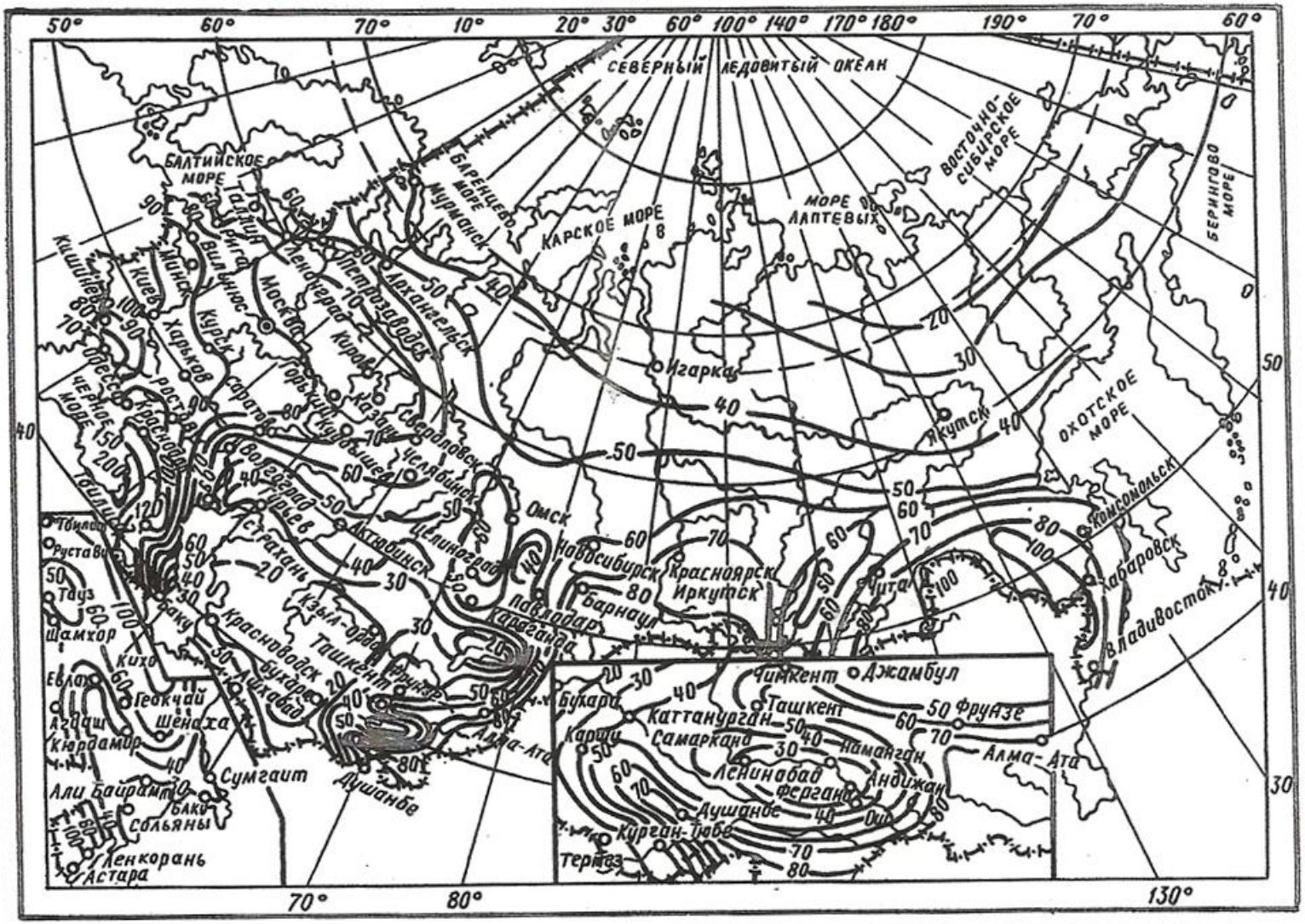


Рис. 6.3. **Значение величины интенсивности дождя**

Таблица 6.3

Значения n, m_r, и γ для различных регионов бывшего СССР

Район	Значение nпри		m_r	γ
	P ≥ 1	P < 1		
1	2	3	4	5
Побережья Белого и Баренцева морей	0,4	0,35	130	1,33
Север европейской части СССР и Западной Сибири	0,62	0,48	120	1,33
Равнинные области запада и центра европейской части СССР	0,71	0,59	150	1,54
Равнинные области Украины	0,71	0,64	110	1,54
Возвышенности европейской части СССР, западный склон Урала	0,71	0,59	150	1,54
Восток Украины, низовье Волги и Дона, Южный Крым	0,67	0,57	60	1,82
Нижнее Поволжье	0,66	0,66	50	2
Наветренные склоны возвышенностей европейской части СССР и Северное Предкавказье	0,7	0,66	70	1,54
Ставропольская возвышенность, северные предгорья Большого Кавказа, северный склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82
Южная часть Западной Сибири, среднее течение р. Или, район оз. Але-Куль	0,72	0,58	80	1,54
Центральный и Северо-Восточный Казахстан, предгорья Алтая	0,74	0,66	80	1,82
Северные склоны Западных Саян, Заилийского Алатау	0,57	0,57	80	1,33
Джунгарский Алатау, Кузнецкий Алатау, Алтай	0,61	0,48	140	1,33
Северный склон Западных Саян	0,49	0,33	100	1,54
Средняя Сибирь	0,69	0,47	130	1,54
Хребет Хамар-Дабан	0,48	0,35	130	1,54
Восточная Сибирь	0,6	0,52	90	1,54
Бассейны Шилки и Аргуны, долина Среднего Амура	0,65	0,54	100	1,54
Бассейны Колымы и рек Охотского моря, северная часть Нижнеамурской низменности	0,36	0,48	100	1,54
Восточное побережье Камчатки южнее 56° с.ш.	0,28	0,26	110	1,54

Окончание таблицы 6.3

1	2	3	4	5
Побережье Охотского моря, бассейны рек Берингова моря, центр и запад Камчатки	0,35	0,31	80	1,54
Побережье Татарского пролива	0,35	0,28	110	1,54
Район оз. Ханка	0,65	0,57	90	1,54
Бассейны рек Японского моря, о.Сахалин, Курильские о-ва	0,45	0,44	110	1,54
Юг Казахстана, равнина Средней Азии и склоны гор до 1500 м, бассейн оз. Иссык-Куль до 2500 м	0,44	0,4	40	1,82
Склоны гор Средней Азии на высоте 1500-3000м	0,41	0,37	40	1,54
Юго-Западная Туркмения	0,49	0,32	20	1,54
Черноморское побережье и западный склон Большого Кавказа до Сухуми	0,62	0,58	90	1,54
Побережье Каспийского моря и равнина от Махачкалы до Баку	0,51	0,43	60	1,82
Восточный склон Большого Кавказа, Кура-Араксинская низменность до 500 м	0,58	0,47	70	1,82
Южный склон Большого Кавказа выше 1500 м, южный склон выше 500 м, ДагАССР	0,57	0,52	100	1,54
Побережье Черного моря ниже Сухуми, Колхидская низменность, склоны Кавказа до 2000 м	0,54	0,5	90	1,33
Бассейн Куры, восточная часть Малого Кавказа, Талышский хребет	0,63	0,52	90	1,33
Северо-западная и центральная части Армении	0,67	0,53	100	1,33
Ленкорань	0,44	0,38	171	2,2

Согласно [1] расчет водоотводящей сети должен производиться на максимальный расход, соответствующий критической продолжительности дождя, которая равна времени добегания воды от наиболее удаленной точки площади стока до расчетного участка t_r, мин, (рис. 6.4) и определяется по формуле:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \qquad (6.3)$$

где t_{con} – время поверхностной концентрации, принимаемая при наличии внутриквартильной сети – 5 мин, при ее отсутствии – 10 мин;

t_{can} – время пробега воды по уличному водосборному лотку, мин;

t_p – время пробега воды по трубопроводам сети, мин.

Время пробега воды по водосточному дотку t_{can}, мин, определяется по формуле [1]:

$$t_{can} = \frac{1{,}25 \cdot l_{can}}{V_{can} \cdot 60}, \quad (6.4)$$

где l_{can} – длина лотка, м;

V_{can} – скорость движения в конце лотка, м/с;

1,25 – коэффициент, учитывающий, что средняя скорость воды по длине лотка меньше, чем в его конце.

Минимальная расчетная скорость течения на участке составляет 0,7 м/с[11].

Время движения воды по трубопроводам водоотводящей сети t_p, мин, определяется по формуле [1]:

$$t_p = \frac{\Sigma l_r}{V_r \cdot 60}, \quad (6.5)$$

где l_p – длина расчетных участков сети, м;

V_p – расчетная скорость движения воды на соответствующем участке,м/с.

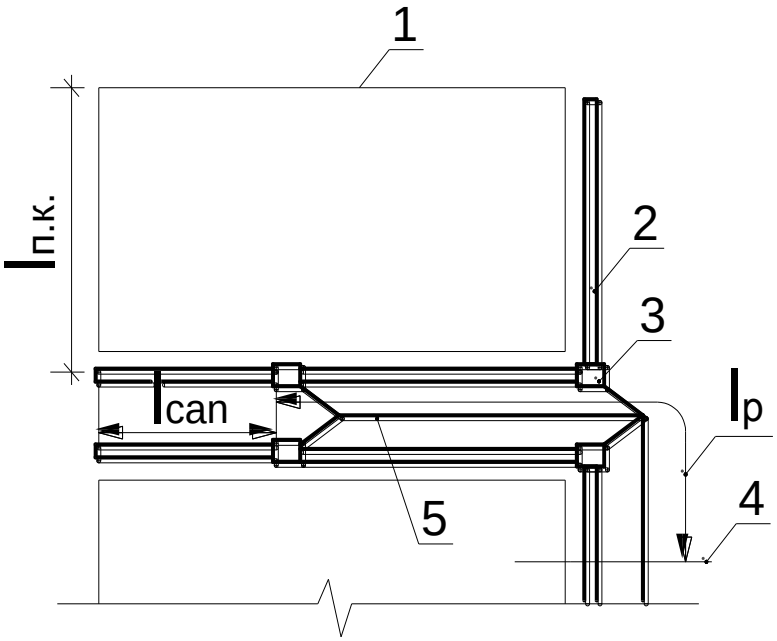


Рис. 6.4. **Схема к определению критической продолжительности дождя:** 1 – границы кварталов; 2 – лоток; 3 – дождеприемники; 4 – расчетное сечение; 5 – трубопровод водоотводящей сети

С учетом зависимостей (6.4) и (6.5) уравнение (6.3) примет вид:

$$t_r = t_{con} + 1{,}25 \cdot l_{can}/(V_{can} \cdot 60) + \sum l_p/(V_p \cdot 60). \qquad (6.6)$$

Расхода дождевых вод q_r, г/л, определяется по формуле:

$$q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-0,1}} \qquad (6.7)$$

При t_r<10 мин в формулу (6.7) следует вводить поправочный коэффициент 0,9 при t_r= 7 мин и 0,8 при t_r= 5 мин.

Дождевая сеть обслуживает территории, имеющие различные поверхности с покрытиями и без них.

В этом случае находится среднее значение коэффициента Z_{mid} по формуле:

$$Z_{mid} = \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot Z_i \,, \qquad (6.8)$$

где Z_i – коэффициент Z_{mid} для i-го типа поверхности [2];

a_i – площадь i-го типа поверхности в долях единицы от общей площади квартала населенного пункта согласно заданию.

Расчеты производятся в табличной форме (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Средневзвешенное значение коэффициента покрытия

Наименование покрытия	Площадь покрытия,F, %	Коэффициент покрытия Z (табл. 6.1)	$Z_{ср}=Z \cdot F$
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	из задания	принимается по табл. 6.2 в зависимости от А	
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	из задания	0,224	
Булыжные мостовые	из задания	0,145	
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	из задания	0,125	
Гравийные садово-парковые дорожки	из задания	0,09	
Грунтовые поверхности, спланированные	из задания	0,064	
Газоны	из задания	0,036	

Для упрощения дальнейших расчетов вычисляется зависимости q_r от t_r. Для этого определяются значения q_r при t_r от 0 до 60 мин с интервалом 10 мин и строится зависимости $q_r = f(t_r)$.

Таблица 6.5

Зависимость $q_r = f(t_r)$

t_r, мин	10	20	30	40	50	60
q_r, л/(с·га)						

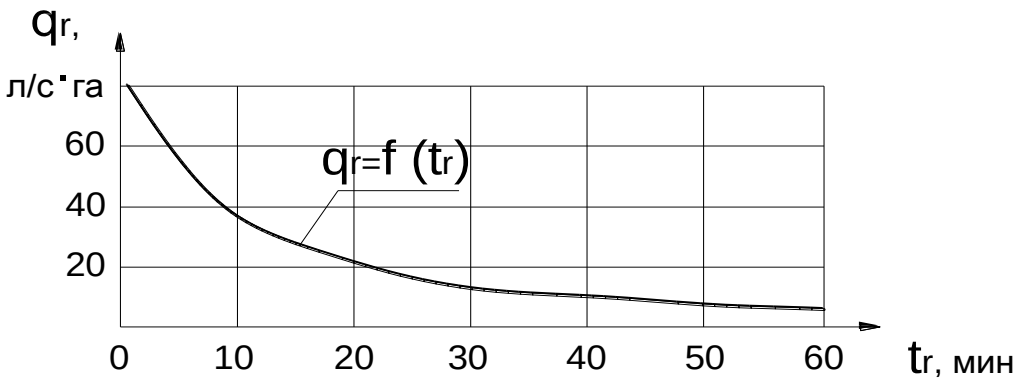


Рис. 6.5. **График зависимости $q_r = f(t_r)$**

При наличии на водоотводящей сети регулирующего резервуара расчетный расход q_rопределяется без учета заполнения свободной емкости сети.

Рассчитанные водосточные сети проверяются на пропуск расходов талых вод в весенний период снеготаяния.Расход талых вод $q_т$ определяется по формуле [1]

$$q_т = 5{,}5/(10+T)\cdot h_c\cdot k\cdot F, \qquad (6.9)$$

где T – продолжительность добегания талой воды до расчетного створа, ч;

h_c – слой талого стока за 10 дневных часов, принимается по таблице [1] (для средней полосы 25–31 мм);

k=0,4–0,7 – коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега;

F – площадь стока, га.

Сток поливомоечных вод с территорий незначителен по сравнению со стоком дождевых и талых вод и его расход, как правило, не учитывают при гидравлическом расчете водостоков.

Объем поливомоечного стока за год составляет [2]:

$$Q_{п.м.} = 0{,}09 \cdot k_{дор} \cdot F \cdot a_п \ , \qquad (6.10)$$

где F – общая площадь бассейна, га;

$k_{дор}$=20% – относительная величина площади дорожных покрытий;

$a_п$ – количество дней в течение которых производится мойка покрытий (для средней полосы России около 150 дней).

Максимальный расчетный расход притока инфильтрационных вод в сухую погоду в коллекторе $Q_{инф.max}$, л/с составляет [2]:

$$Q_{инф.max} = 0{,}13 \cdot F, \qquad (6.11)$$

где F – площадь водосбора данного коллектора, га.

6.3. Гидравлический расчет водоотводящей сети

Гидравлическому расчету подлежит участок водостока от диктующей точки до регулирующего резервуара (РР). Гидравлический расчет ведется в табличной форме (табл. 6.7) параллельно с профиля водостока.

Длина участка, отметки поверхности земли в начале и в конце участка (графы 1, 2,17,18) определяются по генплану населенного пункта. В графу 3 заносится площадь кварталов, поверхностные стоки с территории поступают на рассчитываемый участок; в графу 4 – площадь кварталов, расположенных выше по течению; в графу 5 – суммарная площадь стока.

Продолжительность протока до уличного лотка (графа 7) принимается 10 мин [11].Продолжительность протока по уличным лоткам (графа 8) определяется по формуле (6.4). Для первого участка продолжительность протока по трубам (графа 9) равна нулю; а для всех остальных определяется по формуле (6.5). Длина расчетных участков соответствует длине предыдущего участка расчетного водостока (графа 2), а расчетная скорость течения – расчетной скорости протока (графа 6) на предшествующем участке расчетного водостока.

Расчетная интенсивность дождя (графа 11) определяется по формуле (6.1), а расчетный расход поверхностных стоков – по формуле (6.6).

Если расчетный расход на последующем участке водостока будет меньше, чем на предыдущем, то эти расходы принимаются равными.

Минимальную глубину заложения лотка труб h_{min}, м рекомендуется определять по формуле [16]:

$$d+0,7 \leq h_{min} \leq h_{пр} - a, \qquad (6.12)$$

где $h_{пр}$ – глубина промерзания грунта, принимается для данного климатического района, по рис. 3.9[1], м;

a=0,3 м – при диаметре трубопровода до 500 мм;

a =0,5 м – при большем диаметре трубопровода;

d – диаметр трубопровода на данном участке, м.

Расчетная скорость протока (графа 6), диаметр трубопровода (графа 13) и уклон (графа 14) принимаются по табл. [13,14] с учетом рекомендаций [2].

Ориентировочно уклон на данном участке принимается равным уклону поверхности земли, определяемому по формуле:

$$i = \frac{z_1 - z_2}{l_{1-2}} \qquad (6.13)$$

Наполнение труб принимается равным h/d=1. Пропускная способность труб (графа 15) – это расход принятый по таблицам [13,14] при h/d=1, для данного диаметра и уклона трубопровода. Разность между расчетным расходом и пропускной способностью не должна превышать ±10% [17].

Отметка лотка трубы в начале участка (графа 21) определяется по формуле:

$$Z_3 = Z_1 - H_k, \qquad (6.14)$$

где H_k – глубина заложения лотка трубы, м.

Отметка лотка трубы в конце участка (графа 22) определяется по формуле :

$$Z_5=Z_3-H_{1-2'}, \qquad (6.15)$$

где $H_{1-2}=i_{1-2}\cdot l_{1-2}$, м – падение уклона (потери напора на участке трубопровода 1–2).

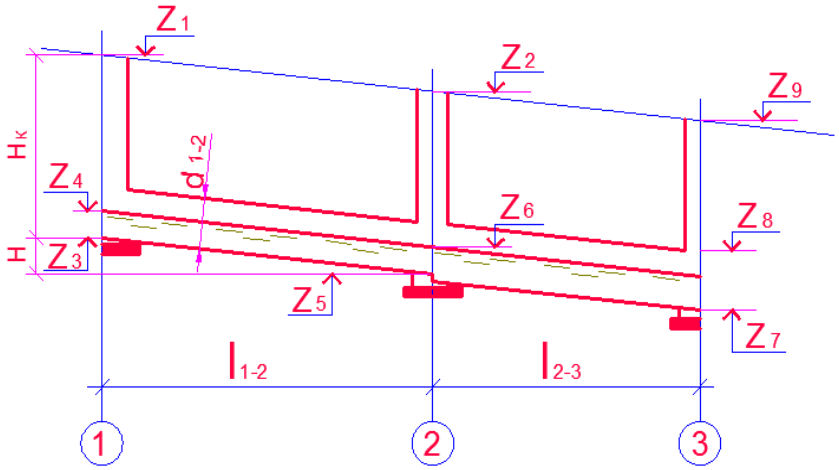


Рис. 6.6. **Расчетная схема для гидравлического расчета участков сети**

Таблица 6.6

Ведомость гидравлического расчета дождевой сети

№ участка	Длина участка, м	Площадь стока, га			Расчетная скорость протока, м/с
		собственная	притока	суммарная	
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 6.6

Продолжительность протока, мин				Расчетная интенсивность дождя, л/с·га	Расчетный расход дождевых вод, л/с	Диаметр труб, Д, мм	Уклон, i
до уличного лотка	по уличным лоткам	по трубам	суммарная от начала коллектора				
7	8	9	10	11	12	12	14

Окончание таблицы 6.6

Пропускная способность труб, л/с	Падение Уклона, Н, м	Отметки по расчетным участкам, м						Глубина заложения лотка трубы, м	
		поверхности земли		шелыги трубы		лотка трубы			
		нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Отметки шелыги трубы в начале (графа 19) и конце (графа 20) участка определяются по формулам:

$$Z_4=Z_3+d_{1\text{-}2} \qquad (6.16)$$

$$Z_6=Z_5+d_{1\text{-}2} \qquad (6.17)$$

При переходе от одного участка к другому $Z_8=Z_6$ при этом:

$$Z_6=Z_4+H_{1\text{-}2} \qquad (6.18)$$

Глубина заложения в конце участка (графа 24) определяется по формуле:

$$H_k^2 = Z_2 - H_{1-2} \qquad (6.19)$$

В тех случаях, когда диаметр водостока изменяется с большего на меньший в связи с резким увеличением уклона местности, его необходимо выравнивать по «лотку трубы», т.е. при переходе от одного участка водостока к другому $Z_5=Z_7$.

Одновременно с гидравлическим расчетом ведется построение продольного профиля водостока по шелыге труб по тому же принципу построения продольного профиля коллектора производственно-бытовой сети. Продольный профиль водостока заканчивается регулирующим резервуаром (РР) с установленной после него НСПС.

7. Пример расчета дождевых водоотводящих сетей

Произвести расчет дождевой сети для одного из районов города N, представленного на рис. 7.1.

На плане производят трассировку дождевой сети и разбивают ее на расчетные участки. Для определения площадей стока, тяготеющих к отдельным участкам сети, производится разбивка территории на площади стока 1а; 1б; 1в; 1г и т.д. (в данном случае по принципу биссектрисы угла).

Результаты вычисления площадей стока в га сводятся в ведомость, форма которой и результаты вычислений для данного примера представлены в табл. 7.1.

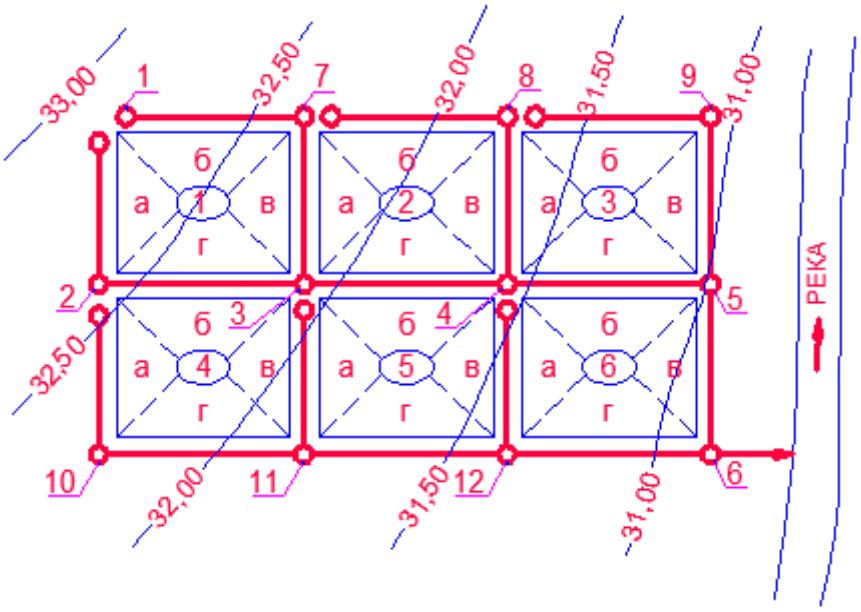


Рис. 7.1. **Трассировка дождевой водоотводящей сети**

Таблица 7.1

Ведомость площадей стока

Номер площади стока	Площадь стока, га	Номер площади стока	Площадь стока, га	Номер площади стока	Площадь стока, га
1а	2,25	3а	2,25	5а	1,96
1б	3,6	3б	3,6	5б	3,22
1в	2,25	3в	2,25	5в	1,96
1г	3,6	3г	3,6	5г	3,22
2а	2,25	4а	1,96	6а	1,96
2б	3,6	4б	3,22	6б	3,22
2в	2,25	4в	1,96	6в	1,96
2г	3,6	4г	3,22	6г	3,22

Для упрощения дальнейших расчетов строится график зависимости $q_r = f(t_r)$ согласно формуле 6.7 (табл. 7.2).

Таблица 7.2

t_r, мин	10	20	30	40	50	60
q_r, л/(с·га)	17	12	9,0	7,0	6,0	5,0

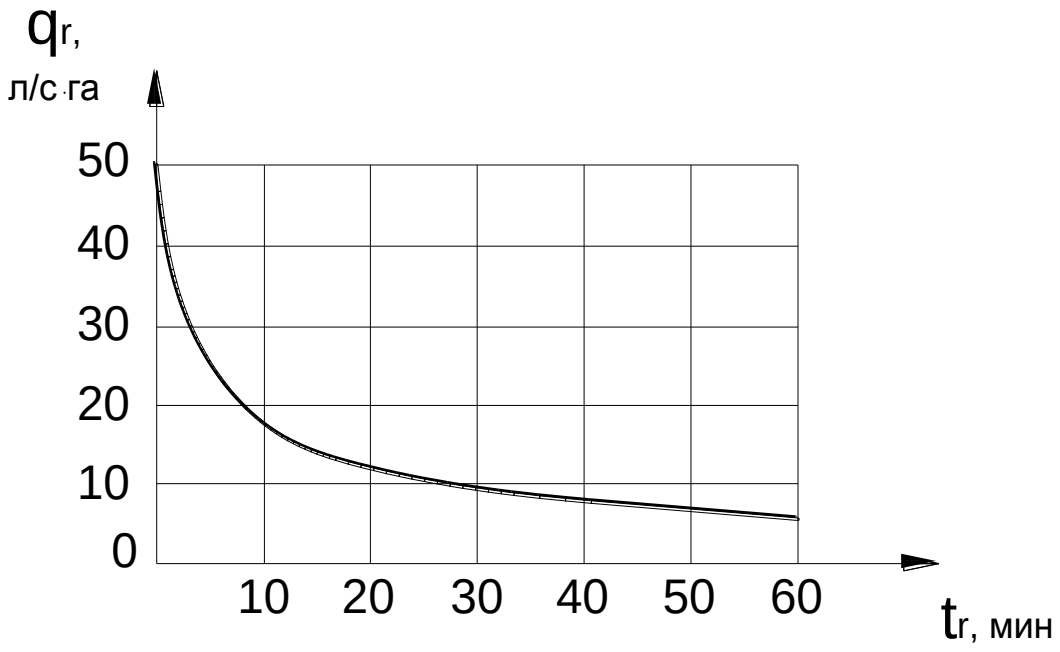


Рис. 7.2. **График зависимости $q_r = f(t_r)$**

Примем для данного района (см. табл. 6.4) величину P=1 год, n=0,62 и $A_к$=15,1 л/(с·мм·га). Считая, что под застройкой находится 30% общей площади, 10% занимают тротуары и 60% - зеленые насаждения, получаем средний коэффициент покрытия $Z_{ср}$=0,14. Для данного канализуемого объекта суточный слой осадков 63% обеспеченности (P=1 год) составляет H_1 = 20,6 мм или q_{20} = 48 л/с·га. В таком случае параметр A=309, а формула стока для данного объекта имеет вид:

$$q_c = \frac{136,4}{(5 + T_{тр})^{0,64}} \qquad (7.1)$$

При $T_{тр}$=0:

$$q_0 = \frac{136,4}{(5+0)^{0,64}} = 48,75 \text{ л /с} \cdot \text{га}$$

Дальнейший расчет выполняется по участкам.

Участок 1-2. Площадь стока 2,25 га. Задаемся скоростью протока V=0,8 м/с. При длине участка l=280 м время протока определяется по формуле:

$$T_{тр} = 280/0,8 = 350 \text{ с.}$$

Величину удельного стока, соответствующую $t_{пр}$ = 400 сек, находим по рис. 7.2, получается:

$$q_c = 21,5 \text{ л/с·га.}$$

При площади стока F=2,25 га расчетный расход на участке определяется по формуле:

$$Q_p = q_c \cdot F = 21,5 \cdot 2,25 = 48,45 \text{ л/с.} \qquad (7.2)$$

По таблицам определяем, что расход Q_p = 48,45л/спри скоростиV=0,7 м/с пропустит трубопровод d=300 мм, i=0,003.

Падение уклона на участке будет $h = i_0 \cdot l = 280 \cdot 0,003 = 0,84$ м.

Далее, зная отметки земли и начальное заглубление, легко определить отметки лотка коллектора и глубину его заложения.

Последующие участки рассчитываем таким же способом: задаемся скоростью течения, находим время протока, суммируем его со временем протока на предыдущих участках (от начала коллектора); по суммарному времени находим удельный сток, а затем и расход дождевых [12–14].

Результаты расчетов дождевого коллектора сводим в ведомость (табл. 7.3) и строим продольный профиль дождевого коллектора (рис. 7.3).

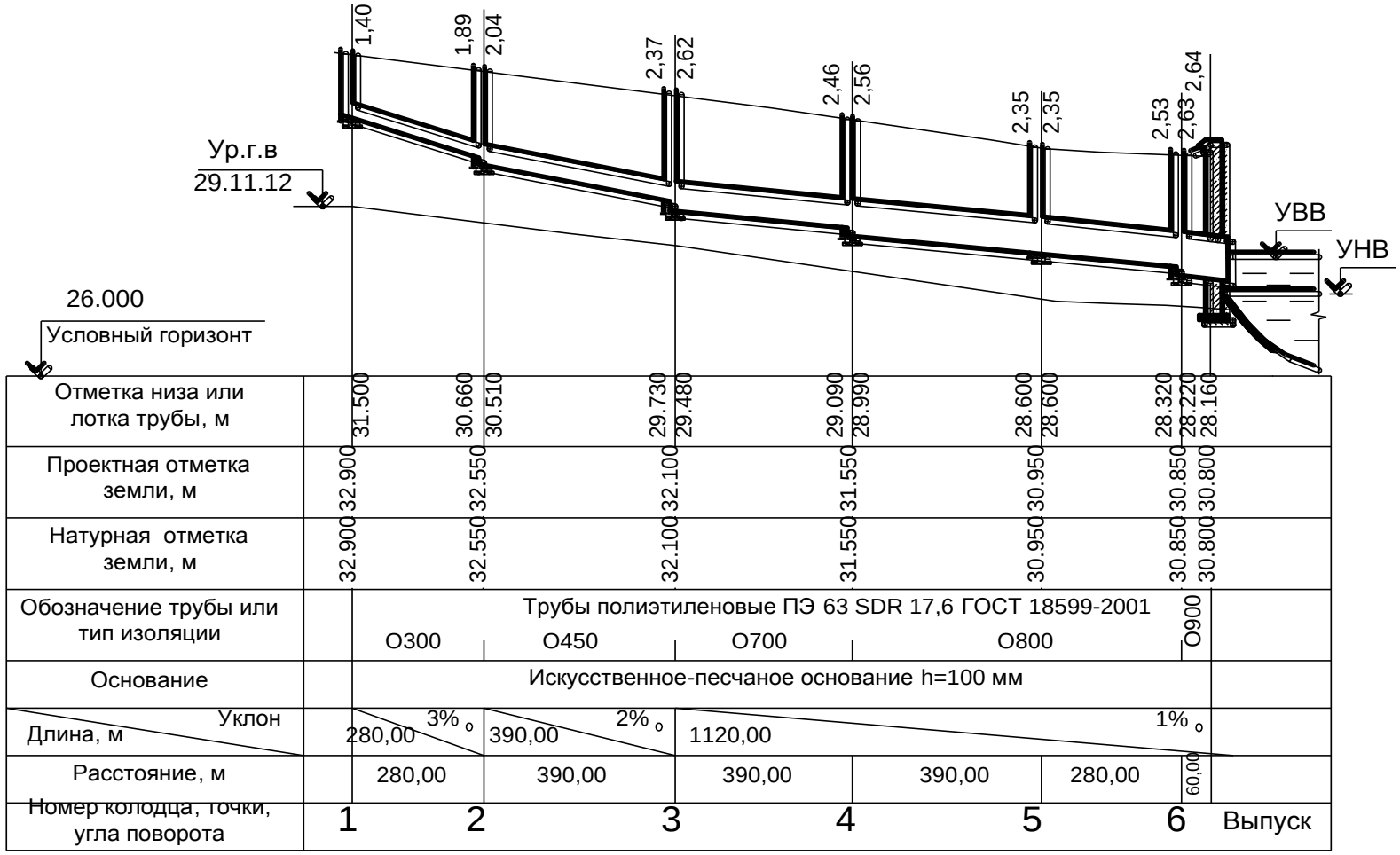


Рис. 7.3. **Продольный профиль коллектора дождевой водоотводящей сети**

Таблица 7.3

Ведомость гидравлического расчета и дождевой сети

№ участков	Длина участка, l, м	Площадь стока, га			Расчетная скорость протока, м/с	Продолжительность протока, с	
		собственная	притока	суммируется		по участкам	нарастающим итогом от начала коллектора
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	280	2,25	-	2,25	0,70	400	-
2-3	390	6,82	2,25	9,07	0,75	520	920
3-4	390	6,82	17,17	23,99	0,77	507	1427
4-5	390	6,82	32,09	38,91	0,80	498	1925
5-6	280	1,96	44,76	46,72	0,85	330	2255
6- выпуск	60	-	66,18	66,18	0,90	67	2322

Продолжение таблицы 7.3

Расчетная интенсивность дождя,л/с·га	Расчетные расходы дождевых вод, л/с	Диаметр труб, мм	Уклон дна труб	Пропускная способность труб, л/с	Падение уклона, м
9	10	11	12	13	14
21,5	48,45	300	0,003	50,89	0,84
13,8	125,2	450	0,002	120,5	0,78
10,7	256,7	700	0,001	265,5	0,39
9,1	354,1	800	0,001	382,0	0,39
8,2	367,0	800	0,001	382,0	0,28
8	529,4	900	0,001	521,6	0,06

Окончание таблицы 7.3

Отметки, м						Глубина заложения лотка трубы, м		
поверхность земли		дна трубы		шелыги трубы		нач.	кон.	средн.
нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.			
15	16	17	18	19	20	21	22	23
32,90	32,55	31,50	30,66	31,80	30,96	1,40	1,89	1,65
32,55	32,10	30,51	29,73	30,96	30,18	2,04	2,37	2,20
32,10	31,55	29,48	29,09	30,18	29,79	2,62	2,46	2,54
31,55	30,95	28,99	28,60	29,79	29,40	2,56	2,35	2,45
30,95	30,85	28,60	28,32	29,40	29,12	2,35	2,53	2,44
30,85	30,80	28,22	28,16	29,12	12,06	2,63	2,64	2,64

Список литературы

1. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: АСВ, 2006. – 704 с.
2. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПб ГАСУ, 2000. – 352 с.
3. Технические указания по проектированию и строительству дождевой канализации. – М.: Стройиздат, 1985. – 80 с.
4. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов: – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
5. Яковлев С.В., Ласков Ю.М. Канализация (Водоотведение и очистка сточных вод): учебник для техникумов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 197 – 219 с.
6. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация: учебник для вузов. –5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
7. Федоров Н.Ф., Шифрин С.М. Канализация: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во Высшая школа, 1968. – 592 с.
8. Горшкалев П.А. Компактная система определения качественных и количественных показателей поверхностного стока с железнодорожных путей: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Самара: Самарский гос. архитект.-строит. ун-т, 2010. – 19 с.
9. Верхотуров В.П. Повышение эффективности отведения и очистки дождевых вод в городских территориях: Автореф. дис… канд. техн. наук. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. архитект.-строит. ун-т, 1999. – 22 с.
10. Фомичева Г.И. Разработка системы совместного отведения городских поверхностных и дренажных вод: Автореф. дис… канд. техн. наук. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2010. – 22 с.

11. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 01.01.86. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.

12. Насосная станция и дождевая водоотводящая сеть: Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов 3 курса дневной и 5 курса заочной форм обучения спец. 1209 / Сост.: к.т.н., доц. А.Б. Адельшин, к.т.н., доц. Р.С. Сафин. – Казань: КИСИ, 1988. – 18 с.

13. 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. – М.: Стройиздат, 1987. – 152 с.

14. Алексеев М.И. Гидравлический расчет сетей водоотведения. Ч. 2. Расчетные таблицы: справ. пособие / М.И. Алексеев, Ф.В. Кармазинов, А.М. Курганов, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Санкт-Петербург. Гос. архит.-строит. ун-т»; НТО спец. гор. хозяйства СПб. – СПб., 1997. – 262 с.

15. СНиП 2.04.01.-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий / Министрой России. – Введ. 11.07.96. – М.: ГУП ЦПП, 1996. – 60 с.

16. Водоотводящие сети населенного пункта: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение» / А.Б. Адельшин и др. – Казань: КГАСА, 2003. – 31с.

17. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика / Н.И. Лихачев и др.; под общей ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 638 с.

Адельшин Азат Билялович
Урмитова Назия Салиховна
Селюгин Александр Сергеевич
Бусарев Андрей Валерьевич
Хисамеева Лилия Рахимзяновна

ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Учебное пособие