

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

В.А. БАЗАВЛУК

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ.
ДОЖДЕВЫЕ ВОДОСТОКИ**

*Рекомендовано региональным учебно-методическим центром
по образованию в области землеустройства и кадастров
Сибирского федерального округа в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по направлению 120700.62 «Землеустройство и кадастры»*

Томск
Издательство ТГАСУ
2012

УДК 528.45:628.227(075.8)

ББК 38.773я7

- Базавлук, В.А.** Инженерное обустройство территорий.
Б17 Дождевые водостоки [Текст] : учебное пособие / В.А. Базавлук. –
Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 136 с.
ISBN 978-5-93057-482-1

Учебное пособие содержит основные положения проектирования, строительства и эксплуатации дождевых водостоков. Рассмотрены возможные решения задач защиты территорий от воздействия воды, организации рельефа местности, стока и отвода поверхностных и грунтовых вод, вертикальной планировки городских территорий, конструкций элементов водоотводных систем и очистных сооружений, с учетом требований действующей в РФ правовой и нормативной базы.

Предназначено для студентов старших курсов очной и заочной форм обучения квалификации (степень) «бакалавр» по специальности «Городской кадастр» и может быть полезно студентам, инженерам и специалистам городского и земельного кадастров в практической деятельности, а также специалистам строительных направлений.

УДК 528.45:628.227(075.8)

ББК 38.773я7

Рецензенты:

В.И. Мельков, канд. техн. наук, доцент ТГАСУ;

А.П. Акулов, главный инженер Томского областного государственного казенного учреждения «Управление автомобильными дорогами».

ISBN 978-5-93057-482-1

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2012

© В.А. Базавлук, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	7
1. Основные положения о водоотводных системах поселений	8
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	13
2. Классификация водосточных систем	15
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	18
3. Расчетные расходы дождевых вод	20
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	31
4. Защита территорий от воздействия воды	32
4.1. Защита территорий от воздействия поверхностной воды методом водоотведения.....	32
4.2. Защита территорий от воздействия грунтовых вод методом осушения.....	34
4.2.1. Устройство дренажей.....	35
4.2.2. Конструкции дренажей.....	37
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	41
5. Организации рельефа местности и стока поверхностных вод	43
5.1. План организации рельефа местности	43
5.2. Организация стока поверхностных вод	46
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	49
6. Вертикальная планировка городских территорий	51
6.1. Общие сведения	51
6.2. Цель и задачи вертикальной планировки территорий	55
6.3. Способы вертикальной планировки территорий.....	56
6.4. Схема вертикальной планировки территорий.....	61

6.5. Методы вертикальной планировки территорий.....	71
6.5.1. Метод профилей.....	71
6.5.2. Метод проектных горизонталей.....	80
6.5.3. Вертикальная планировка улиц и площадей в условиях затрудненного водоотвода с использованием пилообразного лотка	93
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	98
7. Регулирование стока дождевых вод.....	103
8. Конструкции элементов водоотводных систем	104
8.1. Дождевые водостоки	104
8.2. Элементы водостоков	106
8.2.1. Лотки.....	107
8.2.2. Колодцы дождеприемные.....	108
8.2.3. Водосточные ветки, продольный водосток, главные коллекторы.....	110
8.2.4. Колодцы смотровые, поворотные, соединительные, перепадные	112
8.2.5. Дождеприемники	115
8.2.6. Переходные колодцы и пруды-регуляторы	117
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	118
9. Очистные сооружения на водоотводных системах	120
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	127
10. Особенности строительства элементов водоотводных систем	128
Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний.....	129
Библиографический список.....	130
Приложение 1	133
Приложение 2.....	134
Приложение 3.....	135

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем учебном пособии изложены основные вопросы и возможные решения задач проектирования градостроительства по городским водостокам, в том числе водоотводным и очистным системам поселений.

Разделы 1, 2, 7–10 пособия соответствуют содержанию дисциплины БЗ.Б9 «Инженерное обустройство территорий», на их изучение согласно программе требуется 54 часа.

Разделы 4–6 пособия соответствуют содержанию учебной дисциплины БЗ.ДВ5.2 «Благоустройство территорий населенных пунктов», на их изучение согласно программе требуется 36 часов, и оно направлено на реализацию следующих компетенций студентов:

– обладать общекультурными компетенциями – умением использовать в своей деятельности нормативные и правовые документы (ОК-5);

– способностью использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности (ОК-10);

– обладать профессиональными компетенциями – в организационно-управленческой деятельности – способностью применять знания об основах рационального использования земельных ресурсов территорий (ПК-1);

– в проектной деятельности – способностью использовать знания в планировании развития населенных мест, размещения границ проектируемых элементов инженерного обустройства и оборудования (ПК-8);

– в производственно-технологической деятельности – способностью использовать знания современных технологий объектов инженерного оборудования территорий (ПК-16);

– в научно-исследовательской деятельности – готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного

и зарубежного опыта использования земли и иной недвижимости (ПК-20).

Весь перечень объектов городских водостоков подлежит кадастровому учету.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями положений общеобразовательных стандартов высшего профессионального образования Российской Федерации 3-го поколения по направлению подготовки 120700 «Землеустройство и кадастры», профилю «Городской кадастр», по учебной дисциплине БЗ.Б.9 «Инженерное обустройство территорий» и БЗ.ДВ5.2 «Благоустройство территорий населенных пунктов».

Автор благодарен инженеру Е.В. Предко за помощь в подборе материала и создании оригинал-макета настоящего учебного пособия, а также А.П. Акулову – главному инженеру Томского областного государственного казенного учреждения «Управление автомобильными дорогами», В.И. Мелькову – к.т.н., доценту и М.Н. Веселовой – к.с.-х.н., доценту кафедры «Землеустройство» ОмГАУ за ценные предложения и замечания по содержанию учебного пособия. Пособие издано при содействии ОГУП «Первомайское ДРСУ» (Е.А. Жигайлов).

ВВЕДЕНИЕ

В современной отечественной практике градостроительства принят комплексный метод проектирования застраиваемых территорий с учетом их благоустройства. Он предусматривает решение вопросов планировки, инженерной подготовки, застройки и благоустройства территорий, с учетом положений правовой [1, 2, 3] и нормативной [9, 10, 11] базы.

На решение задач по планировке территорий влияют: рельеф местности, климатические условия [12], наличие и особенности водоемов (реки, озера, водохранилища и др.), наличие территорий, непригодных или малопригодных для застройки, и территорий, требующих выполнения специальных работ для их освоения.

К мероприятиям по инженерной подготовке городских территорий относят мероприятия, направленные на приспособление местности с целью застройки и благоустройства. К ним относят решение вопросов: по вертикальной планировке территорий; понижению уровня грунтовых вод; предупреждению затоплений; ликвидации условий оврагообразования, развитию оползней и сплывов и др.

Эффективность решения вопросов по инженерной подготовке зависит от тщательности и качества проведенных инженерных изысканий (геодезических, геологических, гидрологических, экономических и др.) [22, 24].

Рациональная инженерная оценка рельефа местности, геологического строения, гидрологических условий, ветрового, воднотеплового режимов и других условий предопределяет исключение возможности возникновения трудно исправляемых ошибок как при проектировании и строительстве, так и в ходе эксплуатации городских зданий и сооружений, в том числе водоотводных и водоочистных систем.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ВОДООТВОДНЫХ СИСТЕМАХ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПОСЕЛЕНИЙ

Водоотводная сеть улиц и дорог является составной частью городских водостоков как общей системы в организации поверхностного стока и водоотвода с территорий поселений [3, 9]. Проектирование этой сети на территории поселений проводят в комплексной увязке с техническими решениями инженерной подготовки, благоустройства и инфраструктуры [5].

Водоотводные системы и сооружения улиц и дорог на территории поселений предназначены для сбора и отведения поверхностного стока с прилегающих территорий и непосредственно с улично-дорожной сети. Они включают функции отвода дождевых, ливневых и талых вод, приема и удаления воды от полива улиц из сбросных систем водопропускных коммуникаций и сооружений, городских дренажных систем мелкого заложения, производственных вод, допускаемых к спуску без специальной очистки или после пропуска через очистные сооружения, а также удаление вод от мойки транспортных средств с последующей их очисткой [9].

При проектировании водоотводных систем учитывают возможность кооперации систем канализации объектов вне зависимости от их ведомственной принадлежности. При этом водоотводные системы разрабатывают с учетом проектов водоснабжения поселений и других территорий с обязательным обеспечением баланса водопотребления и отведения сточных вод и возможности использования очищенных сточных и дождевых вод для производственного водоснабжения и орошения [3].

В системах дождевой канализации обеспечивают очистку наиболее загрязнённой части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей и ливней, таяния снега и мойки поверхности дорожных покрытий. Такая очистка воды обеспечивается системой дождевой канализации для селитебных тер-

1. Основные положения о водоотводных системах

риторий – не менее чем на 70 % от годового стока, а для площадок производственных предприятий – на 100 % [3]. Выбор принятого варианта водоотводных систем должен иметь технико-экономическое обоснование [8].

Очистные сооружения производственной и дождевой канализации размещают на территориях промышленных предприятий с устройствами для замера расхода сбрасываемых сточных вод от каждого предприятия [11].

В точках присоединения канализационных промышленных предприятий к уличной или внутриквартальной сети предусматривают устройство выпусков с контрольными колодцами, размещаемыми за пределами этих предприятий. Объединение производственных сточных вод нескольких предприятий выполняют после контрольного колодца каждого предприятия [11].

Условия и места выпуска очищенных сточных вод и поверхностного стока в водные объекты согласовывают с органами по регулированию использования и охраны вод, исполнительными органами местных администраций поселений, органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, и другими органами, в соответствии с законодательством Российской Федерации. Места выпуска вод в судоходные водоемы, водотоки и моря также согласовывают дополнительно с органами управления речным флотом и Министерством морского флота [3, 11].

При определении надежности действия системы канализации и отдельных ее элементов учитывают технологические, санитарно-гигиенические [13] и водоохранные требования. В случае недопустимости перерывов в работе системы канализации или отдельных ее элементов предусматривают мероприятия, обеспечивающие бесперебойность их работы.

При аварии или ремонте одного сооружения перегрузка остальных сооружений данного назначения не должна превышать 8–17 % их расчетной производительности без снижения эффективности очистки сточных вод.

Размеры земельных участков очистных сооружений локальных систем канализации и их санитарно-защитных зон рассчитывают и принимают по СП [9] и СП [11], в зависимости от грунтовых условий и количества сточных вод, но не более 0,25 га.

Санитарно-защитные зоны устраивают на расстоянии:

– от канализационных сооружений до границ зданий жилой застройки, участков общественных зданий и предприятий пищевой промышленности с учетом их перспективного расширения в пределах от 100 до 500 м, в соответствии с положениями прил. 1 настоящего учебного пособия;

– очистных сооружений насосных станций производственной канализации, не расположенных на территории промышленных предприятий, как при самостоятельной очистке и перекачке производственных сточных вод, так и при совместной их очистке с бытовыми, но не менее значений, указанных также в прил. 1 настоящего учебного пособия, в зависимости от расчетной производительности очистных сооружений и с учетом местных особенностей.

Особые условия устройства элементов водоотводных систем диктуются функциональными особенностями улично-дорожной сети поселений.

Гидравлические расчеты водоотводящих сетей, включая требования по наименьшим диаметрам труб, расчетные скорости и наполнение труб и каналов, уклоны трубопроводов, лотков и каналов, выполняют в соответствии с положениями разд. 2 СНиП 2.04.03–85*.

Параметры водоотводных сооружений определяют по расходам частой повторяемости, с учетом обеспечения полного отвода расчетного расхода и проверки на расходы редкой повторяемости, в соответствии с положениями СП.32.13330.2010 «СНиП 2.04.03–85*. Канализация. Наружные сети и сооружения» [11]. При этом определяют:

1. Основные положения о водоотводных системах

– расчетные расходы дождевых вод по методу предельных интенсивностей (см. разд. 3 настоящего учебного пособия);

– расчетные расходы для коллекторов полураздельной и общесплавной систем канализации методом суммирования стока.

Допускаемую длину свободного пробега воды от водораздела водосборного бассейна до первого дождеприемного колодца в лотке улицы определяют в зависимости от площади водосбора, коэффициента стока и уклонов поверхности. При этом наполнение лотков, устроенных по проезжей части улиц и дорог при пропуске дождевого стока, повторяемостью один раз в год, не должно превышать 5 см.

Средняя длина свободного пробега поверхностного стока воды для различных условий принимается в пределах:

– на дорогах скоростного движения и магистральных улицах непрерывного движения – от 100 до 150 м;

– на магистральных улицах и дорогах регулируемого движения – от 100 до 200 м;

– на улицах и дорогах местного значения – от 200 до 250 м;

– на проездах – 150 м.

Требования к сооружениям на сети (смотровые и переходные колодцы, дождеприемники, дюкеры, переходы через дороги, ливнеотводы, ливнеспуски) определяют согласно положениям СНиП 2.04.03–85*.

Расстояние между дождеприемными колодцами, в зависимости от продольных уклонов лотка улиц, принимаются по расчету и данным табл. 1.

На улицах, расположенных на водоразделах, при наличии внутрирайонной (квартальной) водосточной сети, а также в лотках пешеходных и других дорожек бульваров и скверов, на проездах расстояния, указанные в табл. 1, могут быть увеличены в 1,5–2,0 раза.

При ширине односкатной проезжей части улицы более 15 м и двускатной – более 30 м, а также при наличии дорожных

дренажей мелкого заложения расстояния между дождеприемниками не должны превышать 60 м.

Таблица 1

Расстояние между дождеприемниками в зависимости от продольного уклона лотка улиц

Уклон лотка, ‰	Расстояние между дождеприемниками, м
До 4	50
6	60
10	70
30	80
Св. 30	90

При продольном уклоне улиц более 50 ‰ перед перекрестками с верховой стороны, а также на прямых участках улиц через 300–400 м устраивают дождеприемники усиленной приемной способности (двойные решетки, колодцы специальной конструкции).

Минимальные уклоны водостоков открытого типа (лотки, канавы) принимают по расчету, исходя из скорости протекания воды в них не менее 0,6 м/сек, при вероятных расходах, повторяемостью три раза в год.

Запас глубины заложения водостока под расчетным горизонтом промерзания грунта принимают в пределах от 0,2 до 0,4 м, в зависимости от величины размеров лотков и канав.

На магистральных улицах непрерывного движения устраивают закрытую водоотводную систему с двухсторонней прокладкой водостоков вне зависимости от наличия местных проездов.

Зоны дорог скоростного движения выделяют в самостоятельные бассейны с границами, исключаящими или ограничивающими поступление поверхностных вод с прилегающих территорий.

Водостоки дорог скоростного движения рассчитывают с учетом пропуска расчетного расхода без затопления проезжей части.

Обеспеченность предельного периода принимается от 2,0 до 2,5 %, в зависимости от конкретных условий, а на участках расположения тоннелей – не менее 1 % [3, 11].

1. Основные положения о водоотводных системах

В тоннелях устраивают самостоятельную сеть водостоков при необходимости с насосной установкой, проектируемой на расходы повторяемостью от 4 до 5 %, в зависимости от конкретных условий.

Водоотводные сооружения на участках улично-дорожной сети, имеющих характер автомобильных дорог местного значения, проектируют в соответствии с требованиями СНиП 2.05.02–85* [10] и СП [10].

Дополнительные требования к водоотводным системам и сооружениям в особых природных и климатических условиях (сейсмические районы, просадочные вечномерзлые грунты, подрабатываемые территории) определяются согласно положениям СНиП 2.04.03–85* [11] и СП [11].

Для устройства водоотводного лотка применяют сборные бортовые камни, согласно ГОСТ 6665–91 [17] и ГОСТ 6666–81 [18], а также монолитные камни с характеристиками и параметрами, отвечающими требованиям указанных стандартов. Высота борта на линейных участках улицы должна быть не менее 15 см, в пониженных местах сбора воды при больших расходах высота борта может быть увеличена до 45 см [9]. Сбор и отвод поверхностных вод также возможен лотками прямоугольного и треугольного профиля, перекрываемыми водоприемными решетками.

Прием поверхностных вод в закрытую систему канализации осуществляют с помощью дождеприемников (согласно ГОСТ 3634–99 [19]), устанавливаемых на водоприемных колодцах из сборных изделий, согласно ГОСТ 8020–90 [20], или на цельноформованных колодцах, изготавливаемых в соответствии с чертежами серии 3.003.1–87.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

1. Перечислите основные позиции функционального назначения городских водостоков.

2. Что понимают под термином «кооперация систем канализации»?
3. Предусматривает ли городская система дождевой канализации какой-либо вид очистки поверхностного стока?
4. Учитываются ли в системах канализации объемы сбрасываемых сточных вод?
5. Как и с какими органами согласуются места выпуска очищенных сточных вод и поверхностного водостока?
6. Какие требования учитывают при определении надежности действия системы канализации?
7. Как в проектах ливневых стоков устраивают санитарно-защитные зоны?
8. Предусматривается ли применение систем расчетных расходов воды при проектировании элементов городских водостоков?
9. Что понимают под термином «длина свободного пробега воды» при проектировании элементов городских водостоков?
10. Как формируют расстояния между дождеприемными колодцами на городских водостоках?
11. Какими нормативными документами определяется принятие решения по размерам водоотводных лотков на водостоках?

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОСТОЧНЫХ СИСТЕМ

Городские водостоки (водоотводные системы) на территориях поселений классифицируются по различным основным признакам следующим образом [9].

По методам совмещения транспортировки поверхностных, хозяйственно-бытовых и производственных вод могут устраиваться самостоятельные и общесплавные коллекторы (последние – с необходимым санитарно-гигиеническим обоснованием).

По конструктивным особенностям, исходя из местных природных, архитектурно-планировочных, санитарно-гигиенических условий, устраивают закрытую, открытую и смешанную сети отвода воды с осваиваемой территории.

Закрытая сеть (ливнесточные трубопроводы с соответствующими сооружениями) применяется в селитебных, промышленных и коммунально-складских зонах поселений городского типа.

Открытая сеть (канавы, лотки, кюветы) применяется в сельских и малых городских поселениях, пригородных зонах при соответствующем технико-экономическом и санитарно-гигиеническом обосновании.

Смешанная сеть (сочетание открытой и закрытой) применяется на переходных этапах строительства водоотводных улично-дорожных систем, при наличии открытой оросительной сети, в климатических подрайонах IA, IB, IB, IG.

Деление территории России по климатическому районированию для условий градостроительства приведено в прил. 2 данного пособия и в соответствующих разделах СНиП 23-01-99* [12]. В соответствии с ними, вся территория России разделена на 4 климатических района и 14 климатических подрайонов. Критерием для деления являются данные климатических показаний, в том числе значения среднемесячной зимней и летней температуры воздуха, средней скорости ветра за три зимних месяца и среднемесячной относительной влажности воздуха (в июле). Эти

показатели учитывают при проектировании зданий и сооружений, устойчивых при эксплуатации в данных климатических условиях.

Отвод сточных вод осуществляют общесплавным, раздельным, полураздельным и комбинированным способами.

Сущность общесплавного способа канализования заключается в том, что все сточные воды города отводятся по одной системе труб. Этот способ применяют недостаточно широко, так как он связан со строительством дорогостоящих очистных сооружений. Его применяют в таких крупных городах, как Москва, Санкт-Петербург и др.

При раздельном способе отвода сточных вод сооружают две сети трубопроводов. По одной сети канализационных труб отводятся хозяйственно-бытовые и загрязненные производственные сточные воды, а по другой – дождевые, ливневые, талые и условно-чистые производственные сточные воды. В городах России наибольшее распространение нашел раздельный способ канализования. Однако этот способ имеет существенный недостаток, состоящий в том, что поверхностные стоки сбрасывают в водоемы без предварительной очистки, тем самым способствуя их загрязнению.

Для полураздельного способа канализования характерно соединение городских ливневых водостоков с сетями хозяйственно-бытовых сточных вод при помощи специальных устройств. При начальной сравнительно малой интенсивности и продолжительности дождя они позволяют сбрасывать первую, особо загрязненную, часть дождевых, ливневых и талых вод в хозяйственно-бытовую канализационную сеть. Именно эта часть объема поверхностных стоков на первой стадии выпадения дождя поступает на очистные сооружения поселений.

Однако затем, по мере спада интенсивности, силы и продолжительности дождя, уже значительно осветленная сточная вода поступает в специально пониженные места рельефа местности без очистки.

2. Классификация водосточных систем

Комбинированный способ объединяет общесплавную и раздельную системы канализации. При этом способе общесплавную систему применяют, в основном, в центральных районах города, а раздельную – на периферийных районах с самостоятельной очисткой атмосферных вод.

Метод и степень очистки сточных вод определяют в зависимости от местных условий и с учетом их возможного использования для промышленных и сельскохозяйственных целей. Очищенные сточные воды, сбрасываемые в водоемы, должны отвечать требованиям СанПиН 2.1.5.980.00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [13] и ГОСТ 17.1.3.13–86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения» [21].

Для очистки сточных вод от загрязнений применяют следующие методы очистки: *механический, биологический, химический и физико-химический* [3].

Механический метод позволяет довести степень очистки сточных вод до 60 %, биологический (на первом этапе очистки) – до 90–92 %, а при повторной – до 96–98 % [21].

В России на очистных сооружениях используют в основном механический и биологический методы очистки. В начале XXI века во многих городах России реконструированы старые и построены новые очистные сооружения.

В зависимости от особенностей рельефа местности и планировочного решения в городах применяют централизованную и децентрализованную схемы канализации. В компактных городах с общим падением рельефа в одну сторону используют централизованную схему канализации (Казань, Екатеринбург и др.), а при наличии нескольких бассейнов стока и расчлененном планировочном решении города – децентрализованную схему канализации (Москва, Новосибирск, Красноярск, Томск и др.).

По признаку городского зонирования канализации подразделяют на канализации уличной сети, внутриквартальной, районной и городской сети.

По величине заглубления линий их классифицируют на канализации мелкого и глубокого заложения.

Канализации мелкого заложения предусматривают заглубление лотка канализационного трубопровода ниже расчетной отметки сезонного промерзания грунта на территории застройки. Причем наименьшую глубину заложения лотка канализационного трубопровода (ливнестока) диаметром до 500 мм принимают на 0,3 м, а для труб большего диаметра – на 0,5 м ниже наибольшей расчетной глубины сезонного промерзания грунта.

Канализации глубокого заложения строят на глубину до десятков метров, что позволяет создать единую канализационную систему города со стоком, направленным к главной насосной станции поселения.

По способу организации движения воды в водоотводных системах, канализации делят на самотечные и напорные.

Самотечные, или безнапорные, канализации предусматривают свободное движение сточных вод в трубах (или каналах) с определенной скоростью под влиянием гравитационных сил земного тяготения.

Напорные канализации, или системы напорной канализации, предусматривают движение сточных вод по трубам канализационных систем под напором, создаваемым насосными станциями.

По материалам, применяемым для изготовления канализационных труб, конструкции подразделяют на бетонные, железобетонные, металлические (чугунные), асбестоцементные, пластмассовые и керамические. Их сооружают и ставят на кадастровый учет, согласно положениям СНиП 2.04.03–85*.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

1. Перечислите основные признаки, по которым классифицируют городские водостоки.

2. Классификация водосточных систем

2. Как классифицируют городские водостоки по конструктивным особенностям?
3. В каких климатических условиях городов применяют смешанную сеть городских водостоков?
4. На сколько климатических районов и подрайонов делит СНиП 23–01–99* территорию России? Как это деление учитывается при проектировании городских водостоков (систем)?
5. Как классифицируют городские водостоки по признаку «способ отвода сточных вод»?
6. В чем заключаются особенности работы городских водостоков, использующих полураздельный способ канализации сточных вод?
7. Назовите основной нормативный документ, определяющий общие требования к охране поверхностных вод.
8. Какую степень очистки сточных вод обеспечивают механический и биологический методы?
9. Как классифицируют линии канализаций по глубине заложения?
10. Как делят городские водостоки (системы) по способу организации движения канализационных вод в водоотводных системах?

3. РАСЧЕТНЫЕ РАСХОДЫ ДОЖДЕВЫХ ВОД*

Расходы дождевых вод q (л/с) определяют по методу предельных интенсивностей [11] по формуле

$$q = \frac{z_c A^{1,2} F}{t^{1,2n-0,1}}, \quad (1)$$

где z_c – среднее значение коэффициента стока, характеризующего поверхность бассейна, определяемое согласно данным табл. 2; A, n – параметры, определяемые согласно данным табл. 3 и соответствующему расчету по формуле (2); F – расчетная площадь стока, га, определяемая по данным водосборного бассейна на топоплане территории; t – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания воды по поверхности и трубам до расчетного участка, мин, и определяемая по формулам (3), (4) и (5).

Так как поверхность стока территории, в том числе поселений, часто представлена как водопроницаемыми, так и водонепроницаемыми конструкциями и материалами, то в расчетах принимают так называемое среднее значение коэффициента стока.

Среднее значение коэффициента стока z_c определяют как средневзвешенную величину в зависимости от значений коэффициента z , дифференцированно характеризующего поверхности стока. Значение коэффициента z принимают по данным табл. 2, а параметр A – по табл. 3.

Указанные значения коэффициента z уточняют по местным условиям на основании дополнительных результатов соответствующих исследований.

При расчете стока воды с бассейнов площадью свыше 50 га с разным характером застройки или с резко различными уклонами

* Раздел пособия рекомендуется использовать для работы студентов, обучаемых в рамках НИРС.

3. Расчетные расходы дождевых вод

поверхности земли производят проверочные определения расходов дождевых вод с разных частей бассейна. Наибольший из полученных расходов принимают за расчетный. При этом, если расход дождевых вод с данной части бассейна окажется меньше расхода, по которому рассчитан коллектор, то расчетный расход для него принимают равным расходу на вышележащем участке.

Таблица 2

Значение коэффициента стока z_c для различных типов поверхностей

Тип поверхности	Коэффициент z_c
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	0,95
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,224
Булыжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
Газоны	0,038

Таблица 3

Значения параметра A в зависимости от коэффициента z

Параметр A	Коэффициент z для водонепроницаемых поверхностей
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

Если территория имеет общий уклон от 0,008 до 0,010 и более, направленный в сторону уличных проездов, то в рас-

четную площадь стока включают прилегающую к проезду полосе шириной от 50 до 100 м.

Озелененные площади внутри кварталов (полосы бульваров, газоны и т. п.) включают в расчетную величину площади стока и учитывают при определении значения коэффициента z .

Параметры A и n для расчетов по формуле (1) определяют по данным результатов обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в конкретном пункте. При отсутствии таких данных параметр A допускается определять по формуле

$$A = q20 \cdot 20^n \left(1 + \frac{1gP}{1gm_r} \right), \quad (2)$$

где $q20$ – коэффициент интенсивности дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при $P=1$ год, определяемая по рис. 1; n – показатель степени, определяемый по табл. 4; m_r – среднее количество дождей за год, принимаемое по данным табл. 4; g – показатель степени, принимаемый по данным табл. 4; P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый согласно данным табл. 5, 6, 7.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя выбирают в зависимости от характера объекта канализования, условий расположения коллектора с учетом последствий, которые могут быть вызваны выпадением дождей, превышающих расчетные. Его принимают по данным табл. 5 и 6 или расчетом, в зависимости от условий расположения коллектора, интенсивности дождей, площади бассейна и коэффициента стока по предельному периоду превышения.

При проектировании дождевой канализации у особых сооружений (метро, вокзалов, подземных переходов и др.), а также для засушливых районов, где значение $q20$ менее 50 л/с на 1 га, при P , равном единице, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя определяют только расче-

3. Расчетные расходы дождевых вод

том, с учетом значений его предельного периода, указанного в табл. 7. При этом они не должны быть менее данных, указанных в табл. 5 и 6.

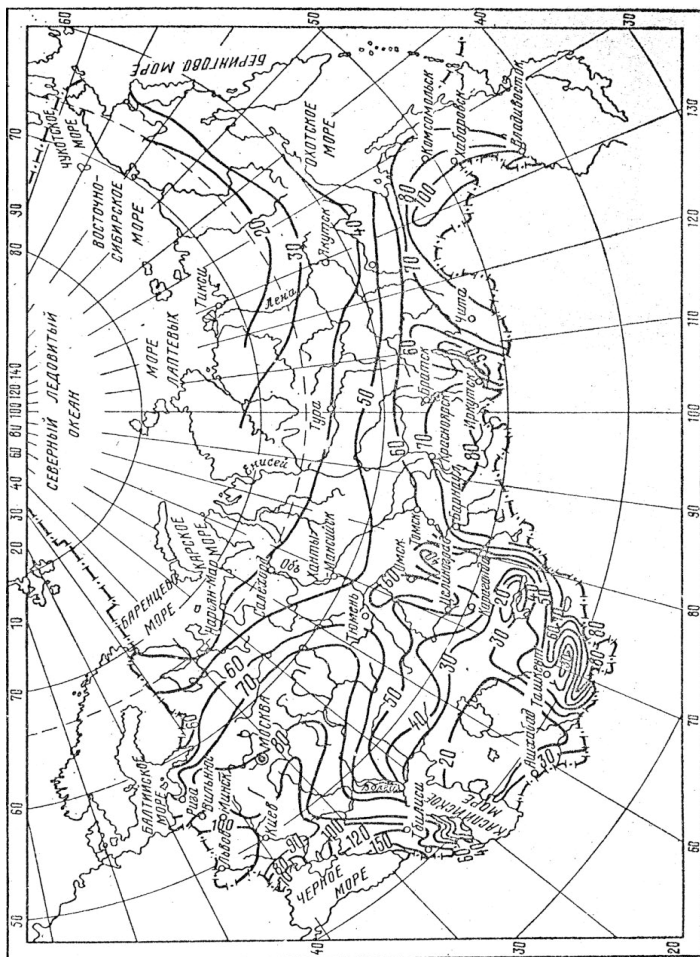


Рис. 1. Значения коэффициента интенсивности дождя q_{20} (на линиях приведены численные значения этого коэффициента)

При расчете периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя учитывают, что при предельных его пери-

одах, указанных в табл. 7, коллектор дождевой канализации может пропускать лишь часть расхода дождевого стока, остальная часть временно затопляет проезжую часть улиц и при наличии уклона стекает по ее лоткам. Высота затопления улиц при этом не должна вызывать затопления подвальных и полуподвальных помещений. Кроме того, учитывают возможный сток с бассейнов, расположенных за пределами населенного пункта.

Таблица 4

Значения степени n в зависимости от периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя P , среднего количества дождей m_r и показателя степени g

Район	Значение n при		m_r	g
	$P^3 = 1$	$P < 1$		
Побережье Белого и Баренцева морей	0,4	0,35	130	1,33
Север европейской части России и Западной Сибири	0,62	0,48	120	1,33
Равнинные области запада и центра европейской части России	0,71	0,59	150	1,54
Возвышенности европейской части России, западный склон Урала	0,71	0,59	150	1,54
Низовье Волги и Дона	0,67	0,57	60	1,82
Нижнее Поволжье	0,66	0,66	50	2
Наветренные склоны возвышенностей европейской части России и Северное Предкавказье	0,7	0,66	70	1,54
Ставропольская возвышенность	0,63	0,56	100	1,82
Южная часть Западной Сибири	0,72	1,58	80	1,54
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	1,82

3. Расчетные расходы дождевых вод

Окончание табл. 4

Район	Значение n при		m_r	g
	$P^3 = 1$	$P < 1$		
Восточная Сибирь	0,6	0,52	90	1,54
Бассейны Шилки и Аргуни, 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
Побережье Охотского моря, бассейны рек Берингова моря, центр и запад Камчатки	0,35	0,31	80	1,54
Восточное побережье Камчатки, южнее 56° с.ш.	0,28	0,26	110	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 острова	0,45	0,44	110	1,54
Ленкорань	0,44	0,38	171	2,2

Таблица 5

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P (годы) для поселений при значениях q_{20} в зависимости от условий расположения дождевого коллектора

Условия расположения коллекторов		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P (годы) для поселений при значениях q_{20}			
местного значения	на магистральных улицах	до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 120	св. 120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33–0,5	0,33–1	0,5–1	1–2
Неблагоприятные	Средние	0,5–1	1–1,5	1–2	2–3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2–3	2–3	3–5	5–10
–	Особо неблагоприятные	3–5	3–5	5–10	10–20

Таблица 6

Значения периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя P (годы) для территорий промышленных предприятий в зависимости от условий технологического режима

Кратковременное переполнение сети в случае, когда технологический процесс предприятия:	Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P (годы) для территорий промышленных предприятий при значениях q_{20}		
	до 70	св. 70 до 100	св. 100
Не нарушается	0,33–0,50	0,5–1,0	2
Нарушается	0,5–1,0	1–2	3–5

Таблица 7

Значения предельного периода превышения интенсивности дождя в зависимости от вида условий расположения водоотводного коллектора

Характеристика бассейна, обслуживаемого коллектором	Значения предельного периода превышения интенсивности дождя P (годы) в зависимости от условий расположения коллектора			
	благоприятных	средних	неблагоприятных	особо неблагоприятных
Территории кварталов и проезды местного значения	10	10	25	50
Магистральные улицы	10	25	50	100

К благоприятным условиям расположения коллекторов относятся:

- бассейны площадью не более 150 га, имеющие плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 0,005 и менее;
- водоразделы или верхние части склонов, удаленные от водораздела на расстояние не более 400 м.

К средним условиям расположения коллекторов относят:

3. Расчетные расходы дождевых вод

– бассейны площадью свыше 150 га, имеющие плоский рельеф с уклоном 0,005 и менее;

– нижние части склона по тальвегу с уклоном 0,020 и менее, когда площадь бассейна не превышает 150 га.

К неблагоприятным условиям расположения коллекторов относят:

– нижние части склонов, когда площадь бассейна превышает 150 га;

– тальвеги с крутыми склонами при среднем уклоне свыше 0,020.

К особо неблагоприятным условиям расположения коллекторов относят замкнутые пониженные места (котловины).

Значения периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя P для территорий промышленных предприятий, в зависимости от случаев кратковременного переполнения сети для разных технологических процессов предприятий, приведены в табл. 6.

Для предприятий, расположенных в замкнутой котловине, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя определяют расчетом или принимают равным не менее чем 5 годам.

Значения предельного периода превышения интенсивности дождя, в зависимости от условий расположения коллектора и объекта обслуживания, приведены в табл. 7.

Расчетную площадь стока для участка сети принимают равной всей площади стока или ее части, дающей максимальный расход стока.

В тех случаях, когда площадь стока составляет 500 га и более, в формулы (1) и (6) вводят поправочный коэффициент K , учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади и принимаемый по данным табл. 8.

Расчетные расходы дождевых вод с незастроенных площадей водосборов свыше 1000 га, не входящих в территорию населенного пункта, определяют по соответствующим нормам стока

для расчета искусственных сооружений автомобильных дорог, согласно ВСН 63–76 Минтрансстроя.

Таблица 8

**Значение коэффициента K неравномерности выпадения
дождя в зависимости от площади стока, га**

Площадь стока, га	800	1000	2000	4000	6000	8000	10000
Значение коэффициента K	0,95	0,90	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5

Расчетную продолжительность протекания дождевых вод по открытой поверхности и трубам t , мин, определяют по формуле

$$t = t_1 + t_2 + t_3, \quad (3)$$

где t_1 – продолжительность протекания дождевых вод по прилегающим водосборным территориям до уличного лотка, или при наличии дождеприемников в пределах квартала – до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин, определяемая согласно указанной выше методике расчета или по указаниям, приведенным ниже; t_2 – то же, по уличным лоткам до дождеприемника (при отсутствии их в пределах квартала), определяемая по формуле (4); t_3 – то же, по трубам до рассчитываемого сечения, определяемая по формуле (5).

Время поверхностной концентрации дождевого стока t_1 определяют по расчету или принимают для населенных пунктов при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей равным 5–10 мин, а при наличии их – 3–5 мин.

При расчете внутриквартальной канализационной сети время поверхностной концентрации t_1 принимают равным 2–3 мин.

Продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам t_2 , мин, определяют по формуле

$$t_2 = 0,02 \sum_1^k \frac{l_{\Lambda}}{v}, \quad (4)$$

3. Расчетные расходы дождевых вод

где l_{λ} – длина участков лотков, м; v – расчетная скорость течения на участке, м/с; k – число участков лотков; m – число расчетных участков труб.

Продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения t_3 , мин, определяют по формуле:

$$t_3 = 0,017 \sum_1^m \frac{l_p}{v_p}, \quad (5)$$

где l_p – длина расчетных участков коллектора, м; v_p – расчетная скорость течения на участке, м/с; m – число расчетных участков труб.

Расчетный расход дождевых вод для гидравлического расчета дождевых сетей q_c , л/с, определяют по формуле

$$q_c = \beta q, \quad (6)$$

где q – расчетный расход дождевых вод, полученный по формуле (1); β – коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости сети в момент возникновения напорного режима; определяется по данным табл. 9.

При уклонах местности от 0,010 до 0,030 указанные значения коэффициента β увеличивают на 10–15 %, а при уклонах местности свыше 0,030 – принимают равными единице.

Таблица 9

Значения коэффициента β в зависимости от показателя степени n

Показатель степени n	0,4	0,5	0,6	0,7
Значение коэффициента β	0,8	0,75	0,7	0,65

Если общее число участков на дождевом коллекторе или на притоке составляет менее 10, то значение β при всех уклонах допускается уменьшать: на 10 % – при числе участков от 4 до 10 и на 15 % – при числе участков менее 4.

Расчетные расходы дождевых вод применяют при проектировании раздельной системы дождевой канализации.

Для полураздельной и совмещенной систем (общесплавных коллекторов) канализации определяют максимальные расчетные расходы дождевых, производственных и бытовых сточных вод с учетом коэффициента неравномерности долевого расхода сточных вод от различных источников стока и дальнейшего определения расчетного расхода смеси сточных вод. Методика такого расчета приведена в соответствующем разделе СНиП 2.04.03–85* и СП.42.13330.2010 [11].

Результаты расчетных расходов дождевых вод используют для определения свободного отверстия труб и коллекторов дождевой канализации.

Для дождевой канализации наименьшую скорость движения сточных вод принимают равной 0,6 м/с.

Наибольшую расчетную скорость движения сточных вод принимают: для металлических труб – 8 м/с, для неметаллических – 4 м/с, для дождевой канализации – соответственно, 10 и 7 м/с.

Наименьшие уклоны дождевых трубопроводов и каналов принимают в зависимости от допустимых минимальных скоростей движения сточных вод.

Наименьшие уклоны трубопроводов для всех систем канализации принимают: для труб диаметром 150 мм – 0,008, а диаметром 200 мм – 0,007.

В зависимости от местных условий, при соответствующем обосновании для отдельных участков сети, допускается принимать уклоны для труб: диаметром 200 мм – 0,005, а диаметром 150 мм – 0,007.

Уклоны веток присоединения дождеприемников к коллекторам принимают равным 0,020.

При величине расчетной продолжительности протекания дождевых вод меньше 10 мин в формулу (1) вводят поправочные коэффициенты, равные 0,8 при $t = 5$ мин и 0,9 – при $t = 7$ мин.

3. Расчетные расходы дождевых вод

При значительных заглублениях начальных участков коллекторов дождевой канализации учитывают увеличение их пропускной способности за счет напора, создаваемого подъемом уровней воды в колодцах.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

1. Какой метод расчета применяют для определения расхода дождевых вод?
2. Какую формулу применяют для определения расхода дождевых вод?
3. Как вычисляют среднее значение коэффициента стока осушаемой территории?
4. Как определяют параметр A в формуле расчета расхода дождевых вод?
5. От какого параметра зависит значение параметра n в расчете расхода дождевых вод?
6. Каким образом определяют значение интенсивности дождя для различных регионов России?
7. Как определяют расчетный параметр F в формуле (1)?
8. Раскройте составляющие, слагающие понятие «расчетная продолжительность дождя».
9. Назовите условия расположения дождевых коллекторов на местности, отнесенные в расчетах определения расходов к группе благоприятных условий.
10. Назовите условия расположения дождевых коллекторов на местности, отнесенные в расчетах определения расходов к группе неблагоприятных условий.
11. Как определяют продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам?

4. ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДЫ

Защиту территорий от воздействия воды выполняют по проектам, выполняемым в соответствии с требованиями положений разделов «Инженерная подготовка к защите территорий», приведенных в СП [9] и СНиП 2.07.01–89.

Основными методами защиты территорий от воздействия воды являются *водоотведение* и *осушение*.

Территории, требующие защиты от воды, характеризуются следующими условиями:

- 1) территории расположены на пологом склоне, на который постоянно поступает поверхностная или грунтовая вода;
- 2) территории, на которых вода за период выпадения дождя успевает полностью насытить грунт, слагающий склон.

Склоны с уклонами i , равными более чем 0,005, защищают от возможности смыва плодородного слоя. При выборе способа их защиты учитывают зерновой состав почв (песчаные, супесчаные, суглинистые, глинистые).

4.1. Защита территорий от воздействия поверхностной воды методом водоотведения

Защиту территорий от воздействия поверхностной дождевой, ливневой и талой воды выполняют двумя основными способами:

1) *обваловкой*, устраиваемой с верховой стороны защищаемой территории грунтовыми валами (кроме песчаных и супесчаных грунтов). Схема такой защиты территории от воды приведена на рис. 2;

2) *перехватом* воды с использованием неглубоких нагорных канав (лотков), расположенных поперек склона на верхней и нижней границах территории с отводами в ливневую канализацию. Схема этой защиты территории от воды приведена на рис. 3.

4. Защита территорий от воздействия воды

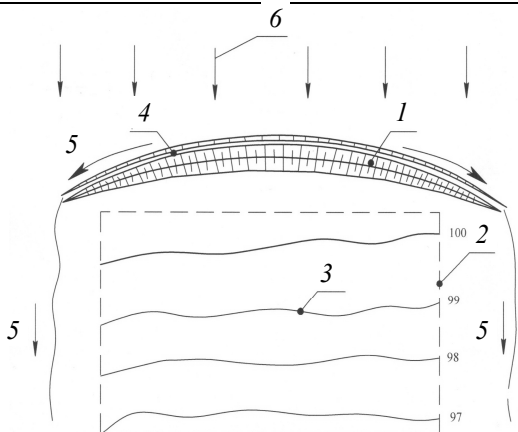


Рис. 2. Схема обваловки территории, защищаемой от воды:

1 – вал (грунтовый); 2 – граница защищаемой территории; 3 – горизонтالي; 4 – верховая (забанкетная) перехватывающая канава; 5 – направление движения перехваченной воды; 6 – направление движения перехватываемой воды

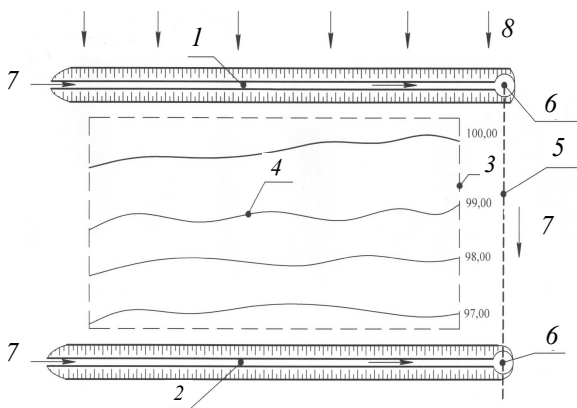


Рис. 3. Схема защиты территорий от воды путем ее перехвата нагорными канавами:

1 – верховая канава; 2 – низовая канава; 3 – границы защищаемой территории; 4 – горизонтали; 5 – ливневая канализация; 6 – водосборный колодец; 7 – направление движения перехваченной воды; 8 – направление движения перехватываемой воды

4.2. Защита территорий от воздействия грунтовых вод методом осушения

Защиту территорий от воздействия грунтовых вод выполняют с целью решения следующих задач:

- быстрого отвода талых вод для раннего использования земельного участка после оттаивания почвы;
- отвода избыточных поверхностных и грунтовых вод в ходе (после) продолжительных атмосферных осадков;
- понижения уровня грунтовых вод.

Защиту территорий от влияния избыточных грунтовых вод выполняют путем их дренирования.

В эволюционном развитии методов осушения земель с использованием дренажей человечество накопило богатый опыт. Сначала такой опыт накапливался в отраслях землеустройства (Египет, Месопотамия, Китай, Великобритания), а затем в градостроительстве (Лондон, Нидерланды, Санкт-Петербург и др.). Накопленный тысячелетиями опыт позволил человечеству расширить осваиваемые территории в природопользовании.

Таким образом, в землепользовании увеличились территории сельскохозяйственного назначения, а в градостроительстве – расширились территории земель населенных пунктов [28].

Проектирование и строительство дренажей выполняют по проектам специалистов. Для небольших участков территорий допускается применение типовых проектов дренажей, без подробных расчетов. При этом учитываются следующие исходные расчетные данные по дренажам:

- продольный уклон;
- диаметр дрен;
- расстояние между дренами;
- глубина заложения дрен;
- конструкция устьевой части дренажа;
- конструкции и параметры смотровых колодцев.

4.2.1. Устройство дренажей

Дренажи на защищаемых территориях сооружают [27] по предварительно разработанным проектам с учетом положений СНиП [9].

В целях осушения городских территорий применяют следующие виды дренажей:

1) *постоянно действующие дренажи* для осушения значительных территорий застройки от затопления грунтовыми водами, водами из оросительных систем и водами каналов и водоемов;

2) *дренажи парковых территорий* для осушения заболоченных территорий;

3) *местные дренажи*, предназначенные для защиты подвальных помещений отдельных зданий или кварталов от доступа в них грунтовой воды.

Основными типами дренажа на городской территории являются открытые (канавы) и закрытые (например, трубчатые).

В практике осушения территорий поселений различают дренажи:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- комбинированные.

Горизонтальный дренаж состоит из горизонтальной трубчатой дрены диаметром 125–300 мм и фильтрующей обсыпки.

Вертикальный дренаж состоит из ряда буровых колодцев (скважин), из которых воду удаляют насосами или сифонными установками.

Комбинированный дренаж состоит из горизонтальной дрены и скважин, вода из которых самоизливается в водоотводный коллектор.

В качестве дрен применяют трубы: керамические безраструбные, раструбные дырчатые или щелевые, а также бетонные, асбестобетонные или пластмассовые.

В теле этих дренажных труб устраивают отверстия для приема грунтовой воды. Диаметр отверстий составляет от 8 до 10 мм.

Минимальная глубина заложения дрены должна быть на 0,3 м ниже глубины расчетного сезонного для данной местности промерзания грунта.

Расчет горизонтальных дренажей состоит из гидрогеологического и гидравлического расчетов.

Гидрогеологическим расчетом устанавливают:

- расход грунтовых вод в дренах;
- положение уровня грунтовых вод, пониженного в результате действия дренажа (депресссионная кривая);
- расстояние между дренами;
- глубину заложения.

Гидравлическим расчетом определяют:

- диаметры дренажных труб;
- продольные уклоны.

Минимально допустимые уклоны принимают для:

- труб диаметром от 200 до 300 мм – 2 ‰;
- труб диаметром до 200 мм – 3 ‰;
- магистральных дрен и коллекторов – 1,5 ‰.

Дренажи представляют дренажную систему, включающую в себя комплекс инженерных сооружений, в том числе:

- водоприемники;
- водопроводящую сеть;
- регулирующую сеть;
- ограждающую сеть.

Все эти составляющие дренажной системы располагают на осушаемой территории.

Водоприемниками служат реки, ручьи, овраги, канавы или другие пониженные места, куда можно отвести воду с осушаемой территории.

Водопроводящая сеть – это система открытых каналов или закрытых коллекторов, по которым собранная вода поступает с осушаемой территории в водоприемники.

4. Защита территорий от воздействия воды

Регулирующая часть дренажа состоит из самого дренажа, который может быть двух видов:

1) *открытый дренаж* – сеть канав, которую устраивают на больших территориях или по границам участков вдоль улиц;

2) *закрытый дренаж* может быть горизонтального, вертикального или комбинированного типа.

Ограждающая сеть – каналы глубиной от 1,0 до 1,5 м. Сеть обеспечивает перехват поверхностных и грунтовых вод, поступающих с соседних территорий, расположенных выше.

4.2.2. Конструкции дренажей

Конструкции дренажей определяются выбранным способом осушения территорий, в том числе открытым или закрытым дренированием. Конструкция горизонтального дренажа открытого типа приведена на рис. 4.

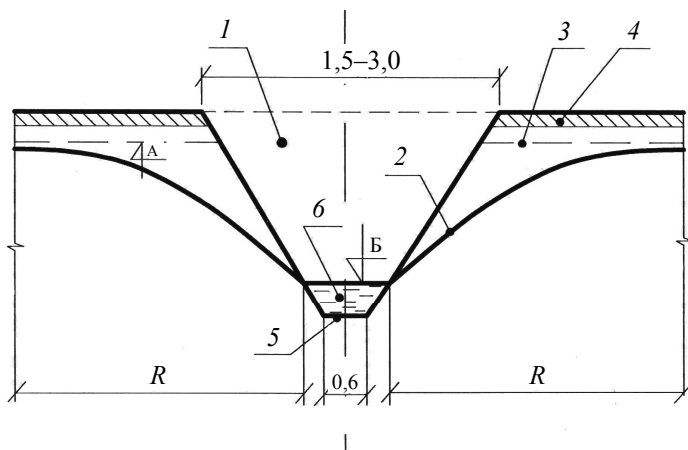


Рис. 4. Конструкция горизонтального дренажа открытого типа:

1 – канавка; 2 – депрессионная кривая; 3 – уровень грунтовой воды до начала дренирования; 4 – почвенный слой; 5 – дно канавы; 6 – вода; А, Б – отметки уровней грунтовой воды; R – радиус депрессионной кривой

Конструкция горизонтального дренажа закрытого типа приведена на рис. 5.

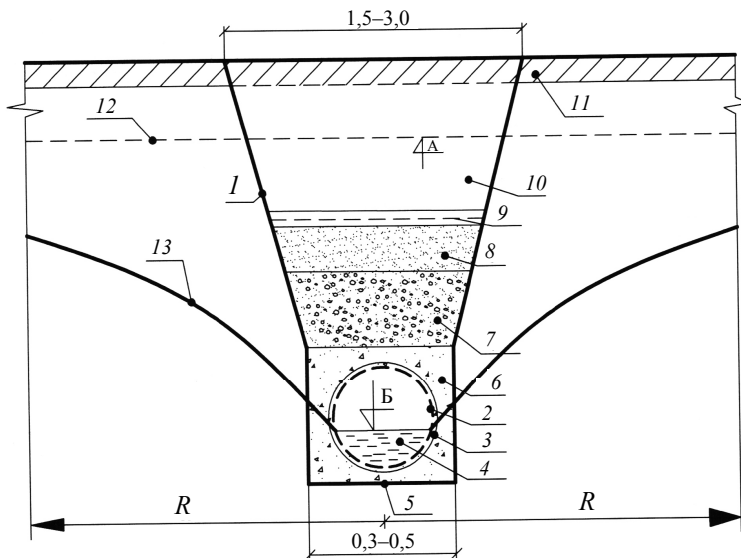


Рис. 5. Конструкция горизонтального трубчатого дренажа закрытого типа:

1 – стенка траншеи; 2 – дренажная труба; 3 – фильтр (синтетический нетканый материал); 4 – отводимая вода; 5 – дно траншеи; 6 – щебеночная обсыпка (30–40 мм); 7 – слой гравия; 8 – слой песка; 9 – двойной дерновой слой (дерниной друг к другу); 10 – слой мягкой глины; 11 – почвенный слой; 12 – горизонт грунтовой воды до понижения уровня; 13 – депрессионная кривая; R – радиус депрессионной кривой; А, Б – отметки понижения уровня грунтовой воды

Коллекторы предназначены для отвода собранной воды в водоприемники, их располагают ниже дренажей для самотечного движения воды из дрены в водоприемник. Обычно продольный уклон дренажных труб и коллекторов назначают в пределах: от 2 до 5 ‰ – для труб диаметром до 100 мм; от 5 до 10 ‰ – для труб большего диаметра.

4. Защита территорий от воздействия воды

Расстояние между дренами назначают расчетом [11] в зависимости от грунтово-гидрологических условий. На участках с тяжелыми глинистыми почвами оно принимается равным от 7 до 10 м. А для легкопроницаемых грунтов (супеси, легкие пески) расстояние между дренами назначают в пределах от 15 до 20 м.

Срок эксплуатации открытых дренажей составляет от 5 до 7 лет, а трубчатых – до 50 лет.

Вертикальные дренажи закрытого типа, в том числе калифорнийский дренаж, предназначены для глубокого (более 20 м) понижения уровня грунтовых вод. Конструкция вертикального дренажа закрытого типа приведена на рис. 6.

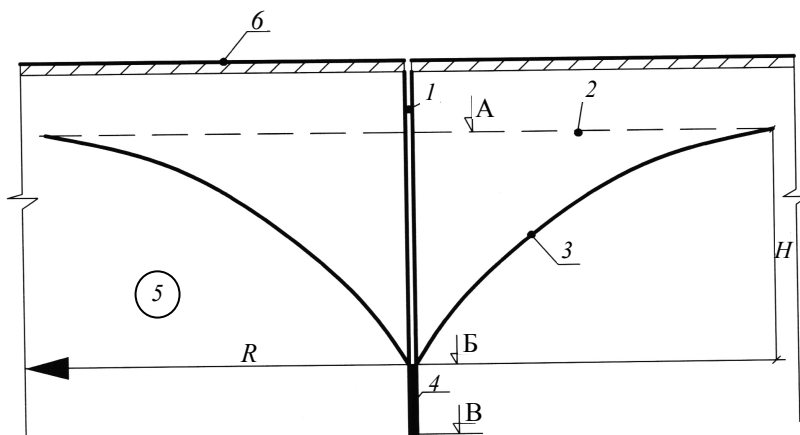


Рис. 6. Конструкция вертикального трубчатого дренажа закрытого типа:

1 – скважина (колодець); 2 – горизонт (уровень) грунтовых вод до понижения уровня; 3 – депрессивная кривая; 4 – вода, подлежащая удалению из водопроницаемой части скважины; 5 – грунт осушения; 6 – почвенный покров; H – высота понижения уровней грунтовых вод; A , B – соответствующие высотные отметки грунтовых вод до и после дренирования; B – отметка для скважины; R – радиус депрессионной воронки

Строительство дренажей и коллекторов выполняют по проектам и специальным технологиям в следующей последовательности:

- 1) разбивочные работы;
- 2) копание (рытье) траншей (начиная с низовой части территории);
- 3) монтаж (устройство) водоприемных колодцев;
- 4) монтаж труб водопроводящей сети;
- 5) монтаж труб (дрен) регулирующей сети;
- 6) оформление актов на скрытые работы (по траншее и трубам);
- 7) засыпка траншей с выполнением правил дренирования и гидроизоляция;
- 8) рекультивация земель по трассе дренажа.

Строительство дренажа начинают с устройства водоприемника. После того как будет сделан водоприемник, прокладывают траншею под закрытый коллектор, по которому вода будет поступать из дрен в водоприемник. Затем разрабатывают траншеи для укладки звеньев дрен. Диаметр дрены составляет от 6 до 9 (10) см, а диаметр коллектора в случае, если он собирает воду от большего количества дрен на большем пространстве, составляет не менее 9–10 см. На небольших участках (менее 0,5 га) диаметр коллектора и диаметр дрены могут быть одинаковыми.

Ширина траншей под дрены и коллекторы составляет от 35 до 40 см, а глубина – от 1,00 до 1,20 м. Дренажные коллекторы располагают ниже уровня заложения дрены, чтобы вода самотеком двигалась из дрен в коллектор, а из коллектора в водоприемник. Открытые каналы могут иметь различную глубину в зависимости от рельефа. На ровных участках территорий с минимальными уклонами глубина канала составляет 1,5 м, а на более рельефных – менее 1,5 м. Эти нормы дренажей применимы для осушения всех типов почвы. Дренажная система должна иметь уклон дрен от 0,002 до 0,005 (2–5 мм на 1 м) для

4. Защита территорий от воздействия воды

труб диаметром 90 (100) мм, а для труб с большим диаметром уклон увеличивают.

Дренажную систему располагают не ближе чем на 0,5 м от оград и на 10 м – от отмостки домов и зданий.

Расстояние между дренами на участках с тяжелыми глинистыми почвами составляет от 7 до 10 м, а с легкими песчаными, хорошо водопроницаемыми почвами – до 15–20 м.

В случае, когда осушаемые участки расположены в низине или на склоне и водоприемники находятся выше осушаемой территории, в качестве водоприемника устраивают дренажные колодцы глубиной от 2 до 3 м. В них устанавливают дренажные насосы, которые в автоматическом режиме работы выкачивают воду, собирающуюся в колодце.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

1. Назовите основные методы регулирования и защиты территорий от воздействия воды.

2. При какой величине уклона склона возможен смыв плодородного слоя грунта?

3. Какими способами защищают территории от воздействия поверхностных (атмосферных) вод?

4. Какие виды дренажей применяют на застроенных территориях?

5. Какой вид дренажей в поселениях является основным?

6. Какие виды дренажей Вам известны?

7. Какова минимальная глубина заложения дренажа в условиях сезонного промерзания грунтов?

8. Какими способами рассчитывают дренажи?

9. Какие инженерные сооружения включает в себя дренажные системы?

10. Какие минимальные значения продольных уклонов трубчатых дренажей назначают в зависимости от диаметра труб?

11. В какой последовательности строят закрытые трубчатые дренажи?

12. Для какой цели используют геотекстильные ткани при строительстве дренажей?

13. Какими мероприятиями продлевают срок эксплуатации дренажей?

5. ПЛАН ОРГАНИЗАЦИИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ И СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

5.1. План организации рельефа местности

Преобразование рельефа городской территории для приспособления его к застройке, благоустройству и инженерно-транспортным нуждам выполняют путем реализации плана организации рельефа местности. Организация рельефа местности обеспечивает высотное решение городских площадей, улиц, проездов, размещение зданий, сооружений и подземных коммуникаций, и таким образом обеспечивает возможность стока ливневых вод в канализацию. Определяющим документом проекта является схема организации рельефа, составляемая на топографическом плане карты в масштабе 1:5000 и 1:2000.

Размещение на застраиваемых территориях зданий, сооружений, подземных и инженерных коммуникаций, зеленых насаждений и прокладка улиц и дорог в городе связаны со значительными объемами земляных работ по организации рельефа местности.

Существующий рельеф изменяют даже в том случае, когда он в большей части удовлетворяет требованиям планировки и застройки территории. Это условие относится к застройке общегородских и районных центров, земельных участков для размещения зданий в жилых районах и микрорайонах, улиц, внутримикрорайонных проездов и площадок различного назначения. Объемы земляных работ при преобразовании рельефа существующей территории зависят, главным образом, от сложности территорий, неудобных как для застройки и планировочного решения города в целом, так и его отдельных элементов.

Под неудобными или непригодными для застройки территориями понимают такие, на которых затруднено или невозможно строительство объектов без проведения значительных по объемам, трудности и сложности работ по их инженерной подготовке, благоустройству и обустройству. К ним относят, в первую очередь,

территории, подверженные затоплению, а также территории с развитой овражной системой, с наличием высокого уровня (горизонта) грунтовых вод и пр. В этом случае при освоении территории увеличиваются объемы земляных работ. Так, в среднем, объемы земляных работ могут колебаться в пределах от 500 до 5000 м³ на 1 га. Однако при сплошной подсыпке затопляемых территорий для защиты от воздействия паводков и половодий рек, при высоких расчетных уровнях воды, эти объемы могут быть увеличены до десятков тысяч кубических метров на 1 га территории.

Проектные решения по организации рельефа территории поселений приводят на схеме вертикальной планировки и, в основном, по осям проектируемых проездов и улиц с указанием фактической и проектной отметок точек в местах пересечения осей улиц и в точках перегибов продольного профиля. На схеме показывают также расстояние между точками пересечения осей улиц и перегибов профиля, уклоны (в промилле) и направления стока воды. К схеме прилагают проекты поперечных профилей улиц в масштабах 1:100 или 1:200. Утвержденная схема организации рельефа является обязательной для всех участников и исполнителей, выполняющих застройку и освоение городской территории. Рабочий план организации рельефа местности составляют на топографическом плане в масштабе 1:500 – 1:1000. Исходными служат проектные отметки схемы организации рельефа.

Проектный рельеф, образуемый отдельными оформляющими плоскостями, может быть задан либо в виде профилей, либо проектными горизонталями в сочетании с проектными отметками.

Методика разработки проектов организации рельефа местности с использованием метода профилей и метода проектных горизонталей приведена в разд. 6.

Проектные горизонталы на плане в пределах между линиями перегибов скатов нового рельефа изображают прямыми параллельными линиями, равноудаленными друг от друга. Сечения для проектных горизонталей с шагом в пределах от 0,1 до 0,5 м выбирают в зависимости от характера сложения естественного

5. План организации рельефа местности и стока поверхностных вод

рельефа местности. Для планов масштаба 1:500 при сравнительно спокойном рельефе чаще всего применяют сечение с шагом 0,1 м.

Положение проектных горизонталей на плане жилого квартала определяют, по данным проектных отметок, в точках пересечения осей улиц и в точках изменения продольного уклона улиц между перекрестками. Расстояние l (заложение) между смежными проектными горизонталями в масштабе плана определяют по формуле

$$l = \frac{h}{iM}, \quad (7)$$

где h – принятый шаг проектных горизонталей, м; i – продольный проектный уклон, сотые доли единицы; M – знаменатель численного масштаба плана.

На границе двух оформляющих плоскостей плана проектные горизонталы имеют излом.

Действия по составлению плана организации рельефа городского квартала начинают с вертикальной планировки улиц. Первоначально проектируют горизонталы по улицам и проездам, затем развивают их до фасадной линии застройки. При этом учитывают поперечные уклоны проездов, газонов и тротуаров, а также высоту бордюрных камней.

При проектировании рельефа на внутриквартальных территориях исходными данными являются проектные отметки вертикальной планировки по осям улиц. Вертикальная планировка внутриквартальных проездов и пешеходных дорожек должна обеспечивать сбор и отвод поверхностной воды с территории квартала на прилегающие уличные проезды или в канализационную водосточную сеть. Проектные горизонталы на план внутриквартальной территории наносят с учетом особенностей естественного рельефа, предусматривая наименьшие объемы земляных работ. На такую организацию рельефа указывают отметки «чистого пола» первого этажа, проектные и существующие отметки углов зданий и сооружений.

5.2. Организация стока поверхностных вод

Как отмечалось, одной из основных задач вертикальной планировки является организация стока поверхностных вод. Организация стока поверхностных вод – инженерное мероприятие, осуществляемое для сбора поверхностных вод (дождевых, ливневых и талых) и отвода их за пределы городской территории или на очистные сооружения [22].

Поверхностный водоотвод осуществляется водосточной системой со всех городских территорий. Водосточная система может быть открытой и закрытой. Открытые водостоки – это лотки, кюветы, каналы. Закрытая система представлена городской водосточной сетью или ливневой канализацией, состоящей из системы подземных коллекторов, водостоков и сточных венток, прокладываемых под улицами города, и при необходимости на других территориях (парки, скверы, микрорайоны и пр.).

Открытую систему водоотвода применяют в пригородной зоне, поселках, а также на территориях городских зеленых насаждений. Высокая степень благоустройства городов предполагает сооружение закрытых водостоков. Открытая система, подлежащая замене на закрытую, рассматривается как первый этап организации поверхностного водоотвода в городах.

Городские водостоки прокладывают под улицами города, в первую очередь для отвода поверхностных вод из пониженных мест, под магистралями общегородского и районного значения, а далее – под остальными улицами. Поверхностные воды, образующиеся в результате выпадения осадков или таяния снега, стекают с поверхности городских территорий в лотки улиц, протекают некоторое расстояние по ним, а затем через дождеприемные колодцы попадают в городские водостоки.

Водостоки образуют городскую водосточную сеть, перехватывающую и транспортирующую поверхностные воды с бассейнов стока. Границы бассейнов стока располагаются по линиям водоразделов и разделяют всю территорию города в зависимости от

5. План организации рельефа местности и стока поверхностных вод

рельефа и вертикальной планировки на определенное число водосборных бассейнов. В каждом общем бассейне проектируют главный коллектор, который имеет выпуск собранных вод. Трассу главного коллектора прокладывают по тальвегам – линиям пониженных мест водосборных бассейнов, от удаленных точек бассейна до мест выпуска, и к ней присоединяют через смотровые колодцы водостоки остальных улиц.

Водостоки представлены, в основном, трубопроводами глубокого заложения. Их прокладывают ниже глубины сезонного промерзания грунта. Допускается заглубление лотка труб на 0,3 м ниже расчетной глубины сезонного промерзания грунта при диаметре водостока до 500 мм и на 0,5 м – при большем диаметре [11]. Диаметры городских водостоков рассчитывают по расходному стоку на низовом его конце для каждого расчетного участка. Таким образом, диаметры водостоков увеличивают от верхних границ бассейнов до мест выпуска.

По возможности, водостоки прокладывают с таким расчетом, чтобы их продольный уклон был равнозначен продольному уклону улицы, под которой они проложены.

Дождеприемные колодцы, через которые поверхностные воды поступают в водосточную сеть, устанавливают в пониженных местах, у въездов на территорию микрорайонов, на перекрестках со стороны притока воды и равномерно по протяженности улиц, в зависимости от продольного уклона, на расстоянии от 50 до 100 м. Первый, или начальный, дождеприемный колодец располагают на расстоянии 100–250 м от водораздела. Это расстояние, на котором она течет по лотку улицы, называют *длиной свободного пробега воды*. Дождеприемные колодцы присоединяют через смотровые колодцы к водостокам при помощи сточных веток диаметром от 200 до 300 мм.

Территории микрорайонов, парков, бульваров и др. проектируют таким образом, чтобы сток поверхностных вод с них на прилегающие улицы осуществлялся не по закрытой водосточ-

ной системе, а по открытым лоткам проездов, аллей, дорог. Однако на некоторых территориях существуют условия застройки, которые вызывают необходимость прокладки закрытых водостоков. Такими условиями являются:

- наличие бессточных или пониженных мест;
- большие площади водосбора, на которых сосредотачиваются значительные объемы воды;
- наличие тальвегов и оврагов большой протяженности.

При расчетах водостоков принимают во внимание то обстоятельство, что не весь объем выпавших атмосферных осадков образуют поверхностный сток. Некоторая часть его испаряется, часть расходуется на намочание поверхности, а часть впитывается в почву. Это явление учитывают коэффициентом стока, который зависит от типа поверхности стока. Его значения для различных типов поверхностей стока приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Значения коэффициента стока поверхностных вод
в зависимости от типа поверхности стока**

Тип поверхности стока	Коэффициент стока K_c
Кровли зданий, цементно-бетонные, асфальтобетонные покрытия	0,95
Бульжные мостовые	0,45
Гравийные дорожки	0,3
Открытый грунт	0,2
Зеленые насаждения	0,1–0,3

Примечание. Не путайте коэффициент стока z_c (табл. 2) и коэффициент стока K_c .

Таким образом, объем поверхностного стока будет зависеть как от площади, так и от типа поверхностей стока на данной территории. Он будет значительно меньше на участках зеленых насаждений, чем на территориях общественных центров и микрорайонов. Например, в целом для жилых микрорайонов современной многоэтажной застройки коэффициент стока составляет 0,4–0,5, а для парков и садов – порядка 0,3.

**Вопросы и задания для самоконтроля уровня
остаточных знаний**

1. Какие задачи по преобразованию рельефа местности решает план организации рельефа территорий?
2. Устройством каких систем организуют поверхностный сток на территориях городов?
3. На каких территориях городских поселений принимают открытую систему водоотвода?
4. На каких территориях городских поселений принимают закрытую систему водоотвода?
5. Назовите проект, в котором приводятся общие проектные решения организации рельефа местности.
6. Назовите документ проектной подготовки и масштаб для разработки рабочего плана организации рельефа местности.
7. Какие виды проектирования используют при создании проектного рельефа территорий?
8. В чем заключается организация рельефа методом профилей?
9. В чем заключается организация рельефа методом проектных горизонталей?
10. По какой формуле рассчитывают расстояния между проектными горизонталями на плане квартала?
11. Дайте определение термину «отметка чистого пола» первого этажа в действиях по проектированию организации рельефа территории.
12. Какая степень благоустройства города предполагает строительство закрытых водостоков?
13. Перечислите очередность строительства элементов подземных городских водостоков в зависимости от значимости внутриквартальных территорий.
14. По каким элементам, определяющим структуру водосборных бассейнов, прокладывают городские коллекторы водостоков?

15. Как учитывают расчетную глубину сезонного промерзания грунта при назначении величины заглубления лотка труб городских водостоков?

16. Зависит ли величина заглубления водостоков в районах сезонного промерзания грунтов от диаметра труб водостока?

17. Какие требования по величине уклона труб водостока выполняют при проектировании водосточной сети поселений?

18. Трубы каких диаметров применяют при устройстве сточных веток?

19. В каких местах продольного профиля улиц устраивают дождеприемники поверхностных вод?

20. Какие основные условия застройки являются обоснованием устройства закрытых городских водостоков?

21. Как в расчетах городских водостоков учитывают тип поверхности стока осушаемой территории?

6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

6.1. Общие сведения

Естественный рельеф, созданный природой, характеризует и определяет техническое и эстетическое состояние поверхности той или иной территории. Рельеф непосредственно влияет на градостроительные решения городских территорий, в том числе на начертание сети улиц, размещение жилых районов, зонирование территории. Рельеф во многом определяет планировку и застройку жилых районов, микрорайонов и кварталов. Формы рельефа учитывают при создании общей композиции застройки и расположении зданий. Большое значение имеет рельеф при организации стока поверхностных вод на городских территориях, а также при прокладке подземных трубопроводов и коллекторов.

Естественный рельеф не всегда и не в полной мере удовлетворяет градостроительным требованиям, предъявляемым к территории города в целом, и жилым районам – в частности. Для преобразования и приспособления к требованиям планировки, застройки и благоустройства осуществляется высотная организация – вертикальная планировка городских территорий.

При вертикальной планировке жилых районов разрабатывают проектную поверхность территории с установлением высотных отметок и продольных уклонов по сети улиц, в том числе на их перекрестках, переломах продольного профиля и в характерных точках поверхности.

Разработка вертикальной планировки связана с земляными работами по перемещению грунта с участков выемки на участки насыпи. Земляные работы в комплексе строительства города занимают важное место, как по объему, так и по стоимости. При больших объемах земляных работ стоимость строительства объекта значительно возрастает, поэтому стремятся всемерно сокращать

объемы земляных работ и как можно рациональнее использовать существующий рельеф местности.

Отметки существующего рельефа местности, которые отображаются горизонталями на топографических планах и их подосновах, называют *черными*. *Горизонтالي* – это воображаемые линии следа, возникающего в результате сечения существующей поверхности горизонтальными плоскостями с определенным интервалом. Они имеют определенную отметку над уровнем моря или отметку других условных горизонтов. Отметки преобразованного рельефа территорий в результате вертикальной планировки называют *красными*, или *проектными*.

Работы по проектированию вертикальной планировки территорий проводят на всех стадиях разработки проектов от разработки генеральных планов до проектов детальной планировки и застройки.

Различают следующие этапы разработки вертикальной планировки: 1) оценка рельефа; 2) составление схемы вертикальной планировки; 3) разработка рабочих чертежей.

Важным этапом разработки вертикальной планировки является оценка существующего рельефа территории, которой при этом уделяется основное внимание.

Решения по вертикальной планировке городских территорий во многом зависят от характера рельефа. Для градостроительного использования рельеф по сложности подразделяют на:

– *простой* – равнинные территории с равномерным уклоном склона не менее 0,005 (5 ‰);

– *относительно простой* – равнинные территории с небольшой волнистостью с равномерным уклоном склона не менее 0,005 (5‰);

– *относительно сложный* – территории с отдельными тальвегами, буграми, понижениями при их глубине или высоте до 2 м, когда они занимают не более половины застраиваемой территории, со средним уклоном склона не менее 0,005 (5 ‰);

6. Вертикальная планировка городских территорий

– *сложный* – плоские территории с уклонами склона менее 0,004 (4 ‰), с наличием бессточных участков и территории с холмами, оврагами и с крутыми склонами более чем 0,05 (50 ‰), когда они занимают более половины площади.

Наиболее сложными, с точки зрения разработки проекта вертикальной планировки, участками местности являются бессточные территории или территории с малыми продольными уклонами менее 0,004 (4 ‰), не обеспечивающими естественный сток поверхностной воды, и участки с чрезмерно большими уклонами склонов, более 0,05–0,06 (50–60 ‰), необходимыми при планировке с учетом норм и правил проектирования дорог и улиц [10].

При оценке застраиваемых территорий определяют:

– наличие и расположение водосборных бассейнов, водоразделов и тальвегов;

– основные направления стока поверхностных вод;

– участки территорий с различными уклонами склонов;

– территории, требующие мероприятий по инженерной подготовке. В зависимости от этих и других факторов проводят функциональное зонирование территорий и определяют основные мероприятия, обеспечивающие использование их в необходимых целях.

Затем разрабатывают схему вертикальной планировки территории жилого квартала или района, где определяют высотные отметки основных опорных точек по всей проектируемой территории, решают вопрос организации сбора и удаления стока поверхностных вод, уточняют объемы земляных работ и их стоимость.

Исходными данными в проектировании вертикальной планировки территории квартала или микрорайона служат проектные высотные отметки по красным линиям окаймляющих их улиц. Схемы вертикальной планировки городской территории, а также территорий отдельных жилых районов разрабатывают методом профилей или посредством математических расчетов величин проектных уклонов и высотных отметок. Вертикальную планировку кварталов микрорайонов, а также городских площадей, бульваров,

скверов и других относительно малых территорий проектируют методом проектных (красных) горизонталей.

Метод проектных горизонталей наиболее удобен при проектировании высотного положения отметок мелких элементов застройки, инженерного оборудования и благоустройства современного квартала или микрорайона (проездов и бортовых камней, отметок по входам в здания, лотков для стока поверхностных вод, площадок различного назначения и т. д.). Сочетание этих и многих других элементов застройки в высотном положении образует проектный микрорельеф квартала или микрорайона.

На основании схемы вертикальной планировки территорий детально разрабатывают привязку улиц, отдельных зданий, сооружений к существующему рельефу путем разработки рабочих чертежей, вертикальной планировки для каждого строительного объекта с общей увязкой высотных отметок.

Генеральная схема водостоков состоит из следующих чертежей: план района в масштабах 1:10000 или 1:25000, план объекта в масштабах 1:10000 или 1:5000, продольные профили главных коллекторов и пояснительная записка. На плане объекта даются расположения главных коллекторов, развитие сети водостоков с подразделением на большие (диаметром от 0,61 до 1,00 м) и малые (диаметром от 0,40 до 0,60 м) водостоки. Указывают границы бассейнов главных коллекторов, бассейнов главных притоков, а также границы частных бассейнов, выделенные по расчетным точкам.

При наличии планов в масштабе 1:2000 и проектов детальной планировки застройки прорабатывают генеральные схемы. Эти проработки переносят на планы в масштабах 1:10000 или 1:5000.

Проектная документация на строительство водостоков разрабатывается на стадии генплана в виде генеральной схемы, а при техническом проектировании – в две стадии: 1) технический проект со сметой; 2) рабочие чертежи. Для небольших по стоимости и несложных объектов – в одну стадию – технорабочий проект со сметой [8].

6. Вертикальная планировка городских территорий

Техническое проектирование водостоков выполняют по заданиям, которые сопровождаются архитектурно-планировочными решениями. В этих заданиях на основании генеральной схемы или проекта детальной планировки, проекта застройки регламентируются основные условия использования городской территории: красные линии, отметки вертикальной планировки, характер застройки на дату выдачи задания и на перспективу, поперечные профили улиц.

Инженерные (надземные и подземные) сети размещают преимущественно в пределах поперечных профилей улиц и дорог: под тротуарами – тепловые сети, каналы или тоннели; на разделительных полосах – водопровод, газопровод, хозяйственно-бытовую и дождевую канализацию. На полосе между красной линией и линией застройки размещают газовые трубопроводы низкого давления и кабельные сети (силовые, связи, сигнализации и диспетчеризации). При ширине проезжей части более 22 м предусматривают размещение сетей водопровода по обеим сторонам улиц [9].

6.2. Цель и задачи вертикальной планировки территорий

Естественный рельеф территории, предназначенный для города, жилого района, микрорайона, квартала и других элементов города, часто не удовлетворяет требованиям планировки, застройки и благоустройства. Тогда его преобразуют и приспособляют к требованиям объектов застройки при помощи вертикальной планировки.

Вертикальная планировка – это инженерное мероприятие, направленное на искусственное изменение и преобразование существующего рельефа местности. Планировка является обязательным и важнейшим мероприятием по инженерной подготовке и благоустройству городских территорий. Основная цель вертикальной планировки заключается в создании поверхностей, удовлетворяющих требованиям застройки, обустройства и инженерного благоустройства городских территорий.

- Основными задачами вертикальной планировки являются:
- *организация сбора и стока* поверхностных вод (дождевых, ливневых и талых) с городских территорий;
 - *обеспечение допустимых величин продольных и поперечных уклонов* городских улиц, площадей и перекрестков;
 - *создание безопасных и удобных условий* для всех участников движения по улицам и проездам;
 - *создание благоприятных условий* для размещения зданий и прокладки подземных инженерных сетей и коммуникаций;
 - *организация рельефа* при наличии неблагоприятных физико-геологических процессов (возможное затопление территорий, подтопление их грунтовыми водами, оврагообразование и др.);
 - *придание рельефу* территорий наибольшей архитектурной выразительности;
 - *выполнение частных задач* при проектировании и строительстве жилых районов, микрорайонов, кварталов, групп жилых домов, включая вертикальную планировку сложных территорий в виде оврагов, оползневых склонов, затопляемых и подтопляемых участков и т. п.

Организацию поверхностного стока воды, как отмечалось выше, осуществляют со всех городских территорий, в том числе жилых микрорайонов, общественных центров, участков зеленых насаждений (парков, садов, скверов, бульваров), улиц. Для этих целей используют как открытую, так и закрытую водосточную системы города, которые выводят поверхностный сток за городскую территорию или на очистные сооружения.

6.3. Способы вертикальной планировки территорий

Отметки планируемой поверхности территории назначают таким образом, чтобы максимально сохранить естественный рельеф, существующие зеленые насаждения и почвенный покров.

6. Вертикальная планировка городских территорий

Поэтому вертикальную планировку осуществляют главным образом на территориях, занятых городскими улицами, дорогами и площадями, а также на участках, предназначенных для строительства зданий и сооружений. Улицам придаются продольные уклоны, допустимые по требованиям положений свода правил СП.42.13330.2011 «СНиП 2.07.01–89*» [9] и СНиП 2.05.02–85* в зависимости от категории улиц и дорог [10].

Вертикальную планировку территорий поселений разрабатывают с учетом удачного размещения на них зданий и сооружений, создания выразительной архитектурно-пространственной композиции.

На остальных территориях вертикальную планировку проектируют, в основном, на бессточных участках, а также на территориях с большими уклонами, где возможно возникновение процесса эрозии почв. При вертикальной планировке территорий не должно быть возникновения таких явлений, как оползневые и просадочные процессы, нарушение режима грунтовых вод и образование заболоченных участков.

Планировочные отметки территории определяют при условии выполнения минимальных объемов земляных работ и с учетом их нулевого баланса – равенства вытесняемых во время строительства грунтов и подсыпок. При этом учитывают условия очередности строительства.

Большое значение приобретает вертикальная планировка при защите городских территорий от затопления способом сплошной подсыпки. Отметку бровки откоса принимают на 0,5–1,2 м выше расчетного горизонта высоких вод с учетом высоты набега волны. Таким способом создают новую искусственную поверхность территории и коренным образом изменяют существовавший ранее рельеф.

Значительные работы по вертикальной планировке выполняют в градостроительных целях в случае использования территорий с развитой овражной системой и другими неблагоприят-

ными природными условиями. Здесь возникает необходимость полной или частичной засыпки оврагов.

Существенную роль играет вертикальная планировка территорий при размещении на них зданий, сооружений и подземных инженерных сетей. Для жилищно-гражданского строительства используют как проекты типовых зданий, так и их индивидуальное проектирование. Тогда задача вертикальной планировки заключается в создании благоприятных условий для их размещения.

Территория современного микрорайона складывается из многих элементов застройки, высотное положение которых различно. К ним относятся: площадки для зданий, проезды, зеленые насаждения и т. д. Между этими элементами существуют не только планировочные и композиционные, но и высотные связи. В частности, отметки входов в здания определяются проектными отметками прилегающих площадок, проездов и отметок поверхности земли по периметру здания и т. д.

Наличие большого количества относительно мелких элементов микрорайона, находящихся к тому же во взаимной планировочной связи, предопределяет сложность проектирования вертикальной планировки территории микрорайона и его элементов.

Вертикальная планировка территории микрорайона является компонентом общей композиции планировки и застройки, отражающим роль естественного рельефа территории в планировочном решении микрорайона.

По степени преобразования рельефа вертикальную планировку территорий осуществляют с частичным изменением поверхности или с коренным его изменением. Наиболее рациональным является первый способ, при котором вертикальную планировку проводят лишь на отдельных участках территории с максимально возможным сохранением существующего рельефа.

Коренное преобразование рельефа предопределяет исключение возможности затопления территорий, предназначенных для градостроительного использования. Сплошная вертикальная

6. Вертикальная планировка городских территорий

планировка часто необходима при создании общегородских и районных общественных центров при плотности застройки более 25 %, а также таких крупных плоскостных сооружений, как спортивные центры, стадионы и аэродромы.

На орошаемых территориях в засушливых районах вертикальную планировку проектируют с учетом необходимости орошения зеленых насаждений с обеспечением, по возможности, самотечности систем орошения.

Способы и приемы проектирования вертикальной планировки территорий кварталов и микрорайонов могут быть различными. Наиболее часто вертикальную планировку микрорайонов проводят в следующей последовательности:

1) проектирование сети внутриквартальных или микрорайонных проездов с установлением проектных отметок и уклонов по всем проездам, с привязкой их в высотном отношении к лоткам прилегающих улиц;

2) проектирование участков отдельных территорий, ограниченных проездами, отметки которых уже известны, либо границами квартала или микрорайона;

3) проектирование отметок по зданиям и сооружениям, а также по всем элементам территории.

В кварталах со сложным, пересеченным рельефом, если невозможно сохранить даже часть территории в естественных отметках, на первой стадии целесообразно проектирование вертикальной планировки всей территории квартала без выделения элементов застройки, проездов, площадок и т. д. При этом высотное положение территории определяется рядом плоскостей, устанавливающих принципиальную основу организации рельефа.

Проектирование вертикальной планировки кварталов, в свою очередь, проводят в следующей последовательности:

1) проектирование планировки квартала или микрорайона в целом для установления общих принципов организации рельефа и высотного положения территории по отношению к прилегающим улицам;

2) проектирование отдельных элементов территорий на основании принятой общей схемы вертикальной планировки проездов, площадок и всех элементов территории.

Этот способ проектирования целесообразен для кварталов ограниченных размеров с периметральной, строчной или иной застройкой.

Возможны также различные формы поверхности территорий кварталов:

– *крышеобразная*, с уклоном в сторону улиц, ограничивающих квартал;

– *двускатная*, с гребнем посередине квартала или со смещенным гребнем;

– *односкатная*, с уклоном поверхности квартала в одну сторону и т. д. Однако, в микрорайонах со свободной композиционной планировкой и застройкой, вертикальная планировка не создает строгих геометрически правильных форм. И тогда поверхность территории микрорайонов определяется природными формами естественного рельефа.

Как правило, территория микрорайона или квартала должна располагаться выше отметок красных линий прилегающих улиц и, соответственно, выше лотков их проезжих частей. Этим путем достигается свободный сток поверхностных вод к лоткам улиц.

В случаях односкатного рельефа, а также при других планировочных решениях придания формы поверхности стока микрорайону или кварталу, обязательным условием планировки является обеспечение превышения отметок красной линии над лотком проезжей части прилегающих улиц. Стоки поверхностных вод с улицы не должны попадать на территорию микрорайона или квартала. Существующий и проектируемый рельефы в результате вертикальной планировки территорий квартала и микрорайона на их планах отображаются горизонталями. Путем интерполяции данных по проектным горизонталям можно установить проектную отметку любой точки любого элемента

территории микрорайона. На план также наносят проектные отметки характерных точек – пересечений проездов, площадок, углов, входов здания и т. п. Такой план представляет собой исчерпывающий материал по вертикальной планировке территории микрорайона или другого планировочного элемента поселения.

6.4. Схема вертикальной планировки территорий

Схема вертикальной планировки – первая и основная стадия действий по преобразованию рельефа крупной территории для градостроительных целей. Основой для преобразования территорий поселений или кварталов являются материалы геодезической подосновы (топографический план) и генерального плана города или крупного жилого района. На этой стадии проектирования вертикальной планировки определяются необходимые, наиболее целесообразные решения по общему высотному расположению всех элементов города, включая микрорайоны, а также по организации поверхностного стока и прокладке городских улиц и дорог.

При составлении схемы вертикальной планировки, как отмечалось выше, сначала определяют проектные (красные) отметки в точках пересечения осей улиц на перекрестках, и в местах резкого изменения рельефа по трассе улиц, а затем определяют проектные продольные уклоны. Схему вертикальной планировки территории поселений разрабатывают одновременно с проработкой проекта планировки застраиваемой территории для выявления рационального технико-экономического решения при сравнении вариантов схем.

Работу по составлению схемы вертикальной планировки территории начинают с общей оценки рельефа местности, включая определение крутизны склонов. Крутизну склонов характеризуют два показателя: 1) величина заложения откосов; 2) величина уклона склона.

Крутизну крутых склонов оценивают *величиной заложения откосов*. Под заложением откосов понимают отношение величины превышения отметок к расстоянию между двумя точками. Заложение откосов обозначают, например, как $1:n$ или $1:m$, где 1 (единица) – относительная величина превышения по склону одной точки над другой, приведенной к единице; n или m – количество таких единиц между точками по линии проекции склона на горизонтальную плоскость.

Пример 1. Если на склоне одна точка находится выше другой на 5,1 м, а кратчайшее расстояние между ними по линии проекции склона на горизонтальную плоскость будет равно 20,4 м, то заложение такого откоса будет равно 5,1:20,4 или 1:4.

Другим показателем, характеризующим крутизну склона, является *величина уклона i* . Его устанавливают по линии кратчайшего расстояния между смежными горизонталями склона. Этой характеристикой оценивают сравнительно пологие склоны рельефа. Уклон определяют путем вычисления отношения величин разницы высотных отметок h точек к горизонтальному заложению l между ними по формуле

$$i = \frac{h}{l}; \quad (8)$$

$$h = H_1 - H_2, \text{ м}, \quad (9)$$

где H_1 – высотная отметка точки номер 1 на склоне, м; H_2 – высотная отметка точки номер 2, м; l – заложение склона между точками 1 и 2, м (рис. 7).

Величину уклона склона территорий определяют в процентах % (в сотых долях) или промилле ‰ (в тысячных долях).

На практике проектирования планировки граничной величиной перехода от заложения откосов к уклону является величина заложения откосов, равная 1:9, соответствующая величине уклона i , равной 9,0 % [7].

При разработке схемы вертикальной планировки территории, например квартала, отметки существующего рельефа (чер-

6. Вертикальная планировка городских территорий

ные отметки) на перекрестках улиц определяют по данным топографического плана. Черные отметки точек находят интерполяцией отметок между смежными горизонталями естественного рельефа местности.

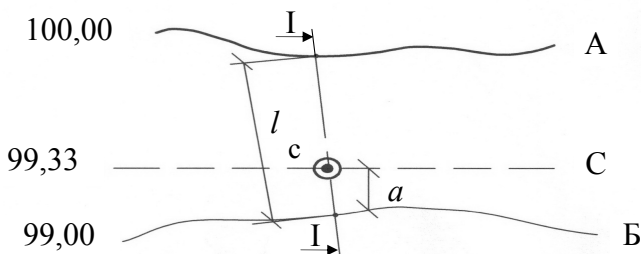


Рис. 7. Расчетная схема для определения высотной отметки точки С на топографическом плане:

А и Б – горизонтали (черные) на плане с отметками, соответственно, 100,00 и 99,00 м; С – искомая горизонталь, на которой расположена точка С; l – кратчайшее расстояние между горизонталями А и Б, мм; a – расстояние от точки С до горизонтали Б, мм; I-I – направление с кратчайшего расстояния между горизонталями

Для определения значений высотных отметок точек на топографическом плане методом интерполяции пользуются следующей методикой. Расчетная схема для определения высотной отметки точки С на топографическом плане методом интерполяции значений приведена на рис. 7.

На топографическом плане через точку С проводят условную прямую линию по кратчайшему расстоянию между двумя смежными горизонталями А и Б.

Затем с помощью градуированной линейки определяют расстояние l между горизонталями А и Б, а также расстояние a между точкой С и горизонталью Б (мм).

Тогда высотную отметку точки С на искомой горизонтали С определяют по формуле

$$C = B + \frac{(A - B) \times a}{l}, \text{ м.} \quad (10)$$

Пример 2. В соответствии с данными рис. 7, кратчайшее расстояние l между горизонталями А и Б по сечению I–I будет равно 18 мм, а расстояние от точки С до горизонтали Б будет равно 6 мм.

Тогда высотная отметка горизонтали с точкой С будет иметь значение

$$\begin{aligned} C &= B + \frac{(A - B) \times a}{l} = 99,00 + \frac{(100,00 - 99,00) \times 6}{18} = \\ &= 99,00 + 0,33 = 99,33 \text{ м.} \end{aligned}$$

На топографическом плане такой точкой С может быть точка пересечения осей улиц на их перекрёстках или точка пикетов по осям улиц или других линейных объектов в рамках инфраструктуры поселений.

При разработке схемы вертикальной планировки, например квартала, ограниченного красными линиями улиц, высотное положение точек перекрестка на пересечении осей улиц определяют по методике примера 2, а расстояние между перекрестками принимают промером линии в соответствующем масштабе топографического плана.

Затем между перекрестками устанавливают соответствие значения продольного уклона улицы с допустимым по нормам СНиП [9 и 10] минимальному и максимальному уклонам, и назначают проектный продольный уклон улицы.

Значения наибольших допустимых продольных уклонов улиц и городских дорог устанавливают по данным СНиП 2.07.01–89* [9] и рекомендаций [15], которые приведены в табл. 11.

Наименьшие продольные уклоны по лоткам проезжей части улиц для организации нормального стока с асфальтобетонных и цементно-бетонных покрытий принимают не менее 0,004,

6. Вертикальная планировка городских территорий

а с остальных покрытий – не менее 0,005. Однако склоны территорий поселений часто не соответствуют этим условиям, и они обычно или более максимально допустимых, или менее наименьших. В таких случаях требуемые продольные уклоны улиц создают путем срезов грунта на одних участках и подсыпками на других. Разность между проектной отметкой и отметкой существующего рельефа называют *рабочими отметками*.

Красные отметки назначают таким образом, чтобы рабочие отметки, по возможности, не превышали значения более чем $\pm 0,5$ м.

Отклонения рабочих отметок в большую сторону от вышеуказанных приводят к срезам грунта в выемках в значительных объемах и созданию высоких насыпей, что способствует увеличению объемов земляных работ.

Таблица 11

Нормативные значения величин наибольших продольных уклонов улиц и городских дорог [9]

Категории улиц и дорог	Наибольший продольный уклон в		
	долях единицы	процентах, %	промилле, ‰
Скоростные дороги	0,04	4	40
Магистральные улицы и дороги:			
общегородского значения:			
непрерывного движения	0,05	5	50
регулируемого движения	0,05	5	50
районного значения	0,06	6	60
дороги грузового движения	0,04	4	40
Улицы и дороги местного значения:			
жилые улицы	0,08	8	80
дороги промышленных и коммунально-складских районов	0,06	6	60
пешеходные улицы и дороги	0,04	4	40
поселковые улицы	0,07	7	70
поселковые дороги	0,07	7	70
проезды	0,08	8	80

При проектировании схемы вертикальной планировки учитывают высотное расположение микрорайонов с целью обеспечения самотечного стока поверхностных вод с этих территорий в лотки улиц.

Разрабатывая схему вертикальной планировки и определяя проектные отметки, учитывают также высоту горизонтов подземных вод, колебания уровней воды в водоемах и высотные отметки существующих сооружений.

При разработке схемы вертикальной планировки кварталов на перекрестках и по трассе улиц избегают образования бессточных участков, куда направлены уклоны по улицам и где, соответственно, будут собираться и скапливаться поверхностные воды. Такие понижения на улицах и площадях поселений, по возможности, не следует проектировать. При организации сброса поверхностного стока с таких территорий проектируют закрытую водосточную систему города.

Вертикальную планировку перекрестков на схеме планировки проектируют таким образом, чтобы выполнялось условие, при котором, как минимум, один участок улицы, образующей перекресток, имел бы продольный уклон в направлении от перекрестка. Фрагмент схемы вертикальной планировки территорий двух кварталов микрорайона города приведен на примере рис. 8.

На схеме вертикальной планировки территории микрорайона на перекрестках, в местах пересечения осей улиц и в точках изменения уклона, наносят существующие (черные) и проектные (красные) отметки. Стрелкой показывают направление продольного уклона улицы от более высоких отметок к пониженным, над стрелкой отмечают значения проектных продольных уклонов, а под ней – расстояние между точками в границах участка улицы с этим уклоном.

При выборочной системе вертикальной планировки методом отдельных площадок и участков проектные (красные) гори-

6. Вертикальная планировка городских территорий

зонталы присоединяют к соответствующим естественным (черным) горизонталям соседних территорий с сохраняемым естественным рельефом. При этом могут образовываться сравнительно небольшие выемки и насыпи с откосами, крутизна которых принимается полуторной (1:1,5). Линии, соединяющие точки присоединения проектных горизонталей к горизонталям существующего рельефа, образуют границы земляных работ. Если проектируется вертикальная планировка проезда или пешеходной (велосипедной) дорожки в выемке, то для отвода воды за их пределы предусматривают устройство лотков.

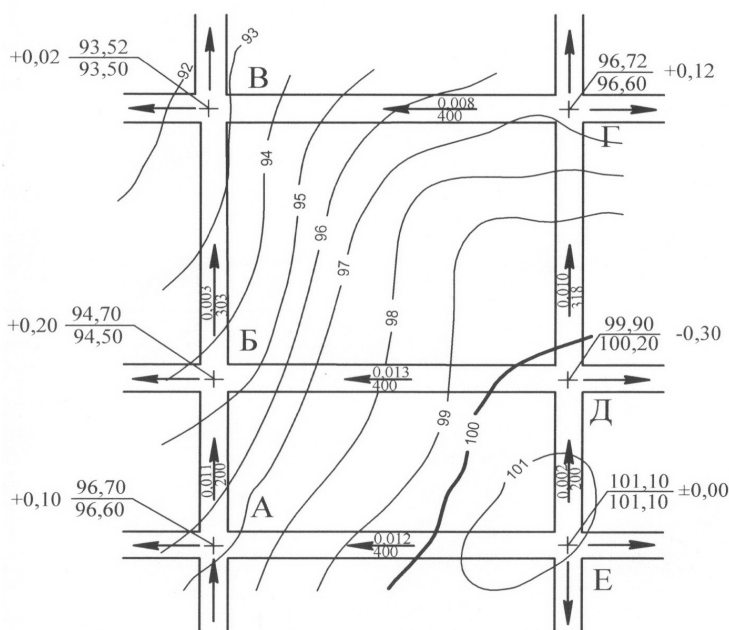


Рис. 8. Фрагмент схемы вертикальной планировки территории кварталов микрорайона. На перекрестках приведены: в числителе – проектные отметки; в знаменателе – черные отметки (разница между ними – рабочие отметки); А, Б, В, Г, Д, Е – названия перекрестков

При выборочной схеме элементов вертикальной планировки отдельными площадками выделяют участки территории, занятой проездами, тротуарами, садовыми дорожками, спортивными и детскими площадками, автомобильными и хозяйственными стоянками и территориями зеленых насаждений.

Так, в поперечном сечении проезды при ширине 4,5 м и более могут быть двускатными или односкатными, в сторону здания либо от здания, в зависимости от направления стока поверхностных вод, а также проектируемого рельефа. Высота бортовых камней на проездах в микрорайоне принимается от 8 до 12 см. Продольные и поперечные уклоны проездов, площадок и других территорий поселений принимают в соответствии с их назначением. Значения этих уклонов приведены в табл. 12.

Таблица 12

Продольные и поперечные уклоны элементов городских территорий

Элементы территорий	Уклоны в ‰	
	продольные	поперечные
Проезды	4–80	20–30
Тротуары	4–80	10–20
Садовые дорожки	5–80	20–30
Спортивные площадки	5	5
Детские площадки	10–15	10–20
Автомобильные стоянки	10–40	5–15
Хозяйственные площадки	5–30	10–20
Зеленые насаждения	5–80	5–80

Вертикальную планировку площадок элементов застройки поселений осуществляют в соответствии с правилами их сооружения. Однако во всех случаях площадки не должны быть горизонтальными во избежание застоя поверхностных вод. Способ вертикальной планировки площадок зависит от их функционального назначения. Так, площадки хозяйственного назначения для стока

6. Вертикальная планировка городских территорий

воды проектируют с односкатным уклоном в сторону расположения ближайшего проезда. По этому же принципу проектируют на территории микрорайона и площадки для стоянок автомобилей.

Спортивные площадки проектируют с приданием поверхности крышеподобной двускатной формы с уклонами не менее 5 % в противоположные от водораздела направления. При расположении их на косогоре вертикальная планировка таких площадок может осуществляться в полунасыпях-полувыемках, с полукторными откосами или подпорными стенками по сторонам площадок.

Площадки для размещения зданий проектируют путем вертикальной планировки различными способами, в зависимости от расположения зданий относительно горизонталей. При незначительных продольных уклонах по линиям вдоль здания и по ширине принятие решений по вертикальной планировке площадок не встречает затруднений, и в наибольшей степени приближается к проектированию по естественному плавному рельефу.

При большой разнице в отметках по углам здания, вертикальную планировку площадок и отмосток осуществляют с выравниванием их путем подсыпок или срезки грунта.

Из архитектурно-эстетических соображений и условий придания планировочной выразительности предпочтение отдают размещению площадок в выемках. Однако насыпные площадки позволяют экономично и рационально использовать грунт, остающийся на месте после закладки фундаментов зданий в траншеи и котлованы.

При значительных поперечных уклонах площадки создают в полувыемках-полунасыпях. При размещении зданий и проектировании площадок для них следуют всегда не только инженерным требованиям вертикальной планировки (соблюдение благоприятных уклонов проездов, водоотвода и т. д.), но и эстетической стороне архитектурно-планировочной композиции застройки.

Проектирование отметок по углам зданий и входам в здания производят с учетом привязки отметок водосборных лотков

прилегающих проездов, обеспечивая сток поверхностных вод от зданий к проездам, с уклоном от здания не менее 20 ‰.

Пример 3. Порядок (последовательность) разработки схемы вертикальной планировки территории жилого квартала микрорайона.

Проект схемы вертикальной планировки территории квартала микрорайона разрабатывают в следующей последовательности:

1. На топографическом плане масштабов 1:1000, 1:5000 или 1:10000 территории устанавливают координаты точек пересечения осей улиц, определяющих территорию квартала.

2. По осям улиц квартала разбивают сквозной замкнутый пикетаж. При этом нулевое значение пикетажа начала очередной улицы должно соответствовать пикетажному значению конца предыдущей.

3. Устанавливают высотное положение основных и дополнительных точек по пикетажу (нивелированием или методом интерполяции по данным горизонталей топоосновы) по осям улиц квартала – *черные* отметки.

4. Разрабатывают продольные профили по осям улиц с проектированием уклонов, соответствующих требованиям СНиП 2.07.01–89* [9,15]. Устанавливают проектные – *красные* отметки.

5. Увязывают между собой значения проектных высотных отметок на перекрестках в точках пересечения осей улиц. Увязку осуществляют корректировкой значений уклонов, расстояний или того и другого одновременно.

6. Рассчитывают рабочие отметки на всех пикетных и плюсовых точках продольных профилей улиц квартала.

7. На план квартала наносят сетку квадратов с длиной стороны: 25; 50; 100; 200 м, в зависимости от требуемой точности определения объемов земляных работ и баланса, а также принятого масштаба топоосновы.

8. По линиям сторон сетки квадратов между осями параллельных улиц разрабатывают внутриквартальные профили (в соответствии с позициями 2, 3, 4, 6).

6. Вертикальная планировка городских территорий

9. Увязывают между собой проектные отметки внутриквартальных профилей с проектными отметками продольных профилей осей улиц в точках образования углов сетки квадратов.

10. По линиям внутриквартальных профилей проектируют проектные уклоны с обеспечением направления сброса дождевой, ливневой и талой воды к дождеприемникам на лотках улиц квартала.

11. Определяют проектные и рабочие отметки в углах сетки квадратов.

12. Определяют баланс (дисбаланс) объемов земляных работ.

6.5. Методы вертикальной планировки территорий

Вертикальная планировка территории (организация рельефа) на всех стадиях проектирования заключается в определении проектных высотных отметок поверхности, приемлемых уклонов и рациональных объемов земляных работ. Точность и методы расчета объемов зависят от стадии проектирования и масштаба чертежа вертикальной планировки.

В практике проектирования вертикальной планировки широкое применение получили два метода: 1) метод профилей; 2) метод проектных горизонталей.

В некоторых случаях в проекте одновременно применяют оба метода. Это так называемый комбинированный метод.

6.5.1. Метод профилей

Метод профилей может быть использован, в основном, при разработке проекта схемы вертикальной планировки территорий, городских районов и жилых микрорайонов, предназначенных под застройку.

При использовании метода профилей на топографический план микрорайона наносят сетку квадратов, по линиям которой составляют профили в масштабе плана. Расстояния между про-

филиями при планировке кварталов принимают равным 20 или 50 м, а при планировке больших территорий – 100 или 200 м. В процессе проектирования метод профилей достаточно трудоемок, и поэтому на практике применяется редко.

Проектирование рельефа застраиваемой территории по методу профилей начинают с нанесения на план участка сетки квадратов с размерами сторон, соответствующими масштабу и сложности рельефа или степени необходимой точности. Профили разрабатывают по всем линиям сетки квадратов с обозначением рельефных особенностей на вертикальных разрезах территории. На чертеже цифровое значение площади в сетке квадратов не указывают. Каждый профиль содержит: отметки существующей поверхности земли; горизонтальные расстояния (в метрах) между точками, для которых даны черные отметки; проектные линии и их уклоны; проектные отметки в определенных точках профиля и горизонтальные расстояния между ними; высотные отметки условного горизонта, от которой строят профиль; рабочие отметки.

Проект вертикальной планировки, выполняемой этим методом, представляет собой план существующей местности в горизонталях, на котором накладывают будущий рельеф территории путем наложения проектных горизонталей.

Объемы земляных работ в квартале застройки с запроектированной вертикальной планировкой территорией определяют по картограмме. Она составляется следующим образом:

– на план (в горизонталях) наносят сетку квадратов с густотой сетки сторон, назначаемой в зависимости от сложности рельефа и требуемой точности подсчета объемов земляных работ, обычно с размерами 20×20 или 40×40 м. Таким образом, в пределах каждого квадрата сетки с вписанными в углах квадрата значениями черных, красных и рабочих отметок формируются элементарные геометрические фигуры (пирамиды или призмы, в том числе усеченные), позволяющие по простейшим формулам определять их объем;

6. Вертикальная планировка городских территорий

– по всем линиям сетки квадратов проектируют продольные профили с нанесением проектной линии;

– во все углы сетки квадратов по данным продольных профилей вписывают черные (существующие) и красные (проектные) отметки, интерполируемые по существующим и проектным горизонталям; здесь же вписывают рабочие отметки. При этом насыпи отмечают знаком «плюс», а выемки – знаком «минус». При наличии в углах сетки квадрата на одной его стороне отметок с противоположными знаками определяют положение точек нулевых работ. Через эти точки на плане квартала проводят линию, разделяющую выемку от насыпи. Расчетная схема для определения положения точек нулевых работ на плане сетки квадратов приведена на рис. 9.

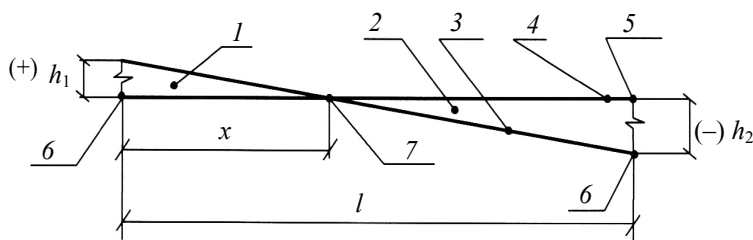


Рис. 9. Расчетная схема определения положения точек нулевых работ:
1 – насыпь; 2 – выемка; 3 – линия проектируемого рельефа; 4 – линия существующего рельефа; 5, 6 – точки смежных вершин углов квадрата; 7 – точка на линии нулевых работ; x – расстояние от вершины угла сетки квадрата до точки (линии) нулевых работ, м; l – длина стороны сетки квадрата, м; h_1 – высота насыпи в точке 6; h_2 – глубина выемки в точке 5 смежного угла сетки квадрата, м

Пример 4. Расстояние x от вершины угла сетки квадрата до линии нулевых работ (рис. 9) определяют по формуле

$$x = \frac{lh_1}{h_1 + h_2}, \quad (12)$$

где h_1 и h_2 – высота (в абсолютных значениях) насыпи и выемки, соответственно, рабочие отметки в углах 6 и 5 сетки квадратов.

Таким образом, образованная сетка квадратов на территории квартала городского микрорайона позволяет выделить на ней участки насыпей и выемок и определить объемы земляных работ. Картограмма объемов насыпей и выемок в пределах двух кварталов жилого микрорайона приведена на рис. 10. На этом рисунке в качестве линий сетки квадратов (прямоугольников) приняты оси улиц.

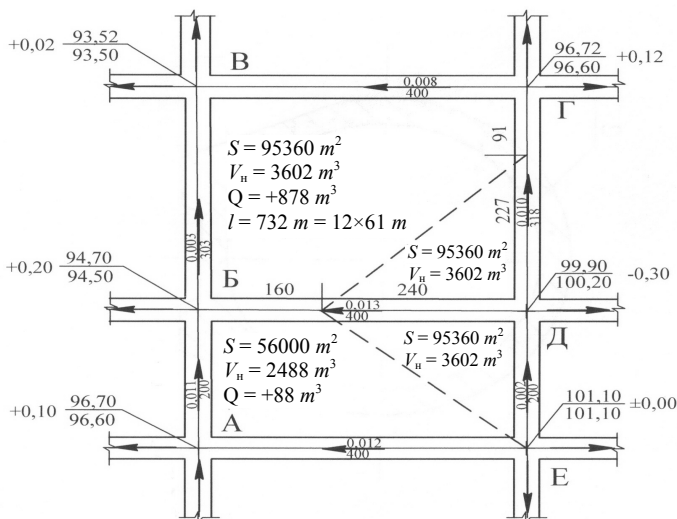


Рис. 10. Картограмма объемов земельных работ территорий двух кварталов жилого микрорайона (без горизонталей):
 А, Б, В, Г, Д, Е – перекрестки улиц; S – площади, $км^2$; V – объемы, $м^3$;
 Q – баланс земляных объемов, $м^3$. Стрелками обозначены направления стока поверхностных вод

Объемы насыпей и выемок определяют для каждого квадрата в отдельности путем умножения средней рабочей отметки на соответствующую площадь фигуры в плане (квадрата, пря-

6. Вертикальная планировка городских территорий

моугольника, треугольника, многоугольника или на всю его площадь) по формулам:

– в общем случае по формуле

$$V_i = Sh, \text{ м}^3; \quad (13)$$

– для трехгранной и многогранной пирамиды

$$V_i = \frac{1}{3}Sh, \text{ м}^3, \quad (14)$$

где S – площадь основания пирамиды, м^2 ; h – высота пирамиды в рамках сетки квадрата, м ;

– для четырехгранной прямой усеченной призмы с разными значениями высот h_1 и h_2 на боковой грани по формуле

$$V = \frac{1}{3}S \left(h_1 + \frac{1}{3}(h_2 - h_1) \right), \text{ м}^3, \quad (15)$$

где h_1 – меньшая высота призмы по грани, м ; h_2 – большая высота призмы по той же грани, м ;

– для прямой многогранной призмы с разными высотами граней, по формуле

$$V = Sh_{\text{cp}}, \quad (16)$$

где h_{cp} – средняя высота призмы, м ;

$$h_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^k h_i}{k}, \quad (17)$$

где h_i – высота грани призмы; k – количество высот граней в элементарной фигуре (призма, пирамида).

Суммарный объем насыпей в пределах территории квартала определяют по формуле

$$Q_H = \sum_{i=1}^n v_H, \text{ м}^3. \quad (18)$$

Суммарный объем выемки в пределах территорий квартала определяют по формуле

$$Q_B = \sum_1^n V_B, \text{ м}^3, \quad (19)$$

где Q_H и Q_B – суммарные объемы насыпи и выемки на территории квартала, м^3 ; V_H и V_B – объемы насыпей и выемок элемента сетки квартала; n – количество элементарных фигур, выделенных сеткой квадратов планировки территории.

Баланс объемов земляных работ определяют по формуле

$$Q = Q_H - Q_B, \quad (20)$$

где Q_H – суммарный объем насыпей на территории, м^3 ; Q_B – суммарный объем выемок на той же территории, м^3 .

При отсутствии баланса (имеет место дисбаланс), по данным измененных значений проектных отметок, пересчитывают объемы земляных работ в каждом элементе сетки квадратов и в целом для территории.

Метод профилей трудоемок и имеет следующие недостатки:

- проектируемая территория, определяемая профилями (разрезами), представляется только цифровым материалом, который трудно воспринимается при чтении, особенно на плане;

- при наличии одного лишь цифрового материала нет наглядности в достигнутом результате организации рельефа территории;

- объем земляных работ и их баланс выявляется только после окончательного завершения всех проектных операций по вертикальной планировке территорий;

- в случаях отсутствия баланса земляных масс (дисбаланс) возникает необходимость в изменении значений отдельных проектных отметок, и, соответственно, проектных линий, что равносильно полному повторению операций проектных работ до тех пор, пока не будет получен баланс земляных масс;

6. Вертикальная планировка городских территорий

– контроль за правильностью расчетов вертикальной планировки возможен лишь в форме полного повторения вычислений (от начала до конца).

Так, например, для подсчетов объемов земляных работ городских улиц и дорог проектные организации используют специальные таблицы, составленные для различной ширины земляного полотна. Обычно в таблицах приводят объемы земляного полотна для разных значений суммы и разницы значений рабочих отметок H_1 и H_2 и длин участка L .

Подсчет объемов земляных работ при строительстве дорог и улиц в проектных организациях ведут по программам для электронных вычислительных машин, дающих возможность при больших объемах работ ускорить расчеты и избежать ошибок, возможных при ручном подсчете.

В объем выемок часто включают объемы боковых канав. При подсчете насыпей объем боковых канав учитывают дополнительно по специальным таблицам.

Поперечный уклон местности менее 100 ‰ мало влияет на изменение объемов земляных работ дорог, и поэтому при расчетах не принимается во внимание. На крутых косогорных участках объемы земляных работ определяют по специальным формулам. Для этого вычерчивают поперечные профили земляного полотна дорог в характерных точках. Площади выемок и насыпей измеряют планиметром или путем разбивки сложного сечения на простейшие фигуры, объем которых легко определяется аналитическим расчетом.

Пример 5. Расчет объемов насыпей, выемок и баланса земляных работ по результатам вертикальной планировки территории квартала или жилого микрорайона, ограниченного красными линиями улиц (сетка квадрата) с перекрестками А–Б–Д и Е (см. рис. 10), выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют участки улиц, на которых (по данным вертикальной планировки) рабочие отметки на перекрестках имеют од-

ноименный знак, например «плюс» или «минус». На рис. 10 показаны эти участки улиц между перекрестками улиц А–Б; Б–В; В–Г и Е–А, где перекрестки имеют рабочие отметки с одноименным знаком «плюс» – насыпи. Однако участков улиц с отметками, имеющими знак «минус», здесь нет.

2. Определяют участки улицы, на которых на их протяжении от перекрестка до перекрестка или от одного до другого перекрестка рабочие отметки имеют разноименные знаки: «плюс» – насыпь и «минус» – выемка. Такими на рис. 10 являются участки улиц от перекрестка Б до перекрестка Д, а также от перекрестка Д до перекрестка Г.

3. Определяют расположение точек и линий нулевых работ, разделяющих насыпь и выемку. Для этого используется зависимость формулы (12), установленная по расчетной схеме определения положения точек нулевых работ, приведенной на рис. 9.

Так, на участке улиц Е–А и Е–Д, между перекрестками, точкой нулевых работ является точка Е.

Рабочая отметка в точке Е, определенная разницей проектной (красной – 100, 10) и черной отметок (100, 10), будет равна ± 0 . Расстояние между перекрестками Б и Д (см. рис. 10) равно 400, а точка нулевых работ между перекрестками будет находиться на расстоянии 160 м от перекрестка Б и 240 м – от перекрестка Д. Эти данные подтверждаются расчетами, приведенными ниже. Так, используя зависимость формулы 12, получим расстояние x от перекрестка в точке Б до точки нулевых работ на оси участка улицы Б–Д:

$$x = \frac{lh_1}{h_1 + h_2} = \frac{400 \times 0,20}{0,2 + 0,3} = \frac{80}{0,5} = 160 \text{ м,}$$

где h_1 и h_2 – рабочие отметки перекрестка Б и Д, принимаются в абсолютных значениях. Тогда расстояние от точки нулевых работ до перекрестка Д будет равно 240 м.

6. Вертикальная планировка городских территорий

Таким же образом определяют, например, расстояние x от перекрестка Г до точки нулевых работ на оси улицы Г–Д по формуле (12), которое составит:

$$x = \frac{318 \times 0,12}{0,12 + 0,30} = \frac{38,6}{0,42} = 90,85 \approx 91 \text{ м.}$$

Соединяя (пунктирной линией на рис. 10) точки нулевых работ на осях улиц Б–Д и А–Е, а также на осях улиц Д–Г и Д–Б, получаем линии раздела насыпей и выемок в сетке кварталов А–Б–Д–Е и Б–В–Г–Д.

4. Оценивают в границах сетки квадратов (прямоугольников), как показано на рис. 10, виды геометрических фигур. Эти фигуры образованы контурными линиями оснований, линиями нулевых работ и линиями прямых боковых граней. В результате этих действий на боковых гранях фигур сетка квадратов образует многогранники, основаниями которых являются стороны многоугольников сетки квадратов. Эти многогранники образуют пирамиды и призмы, в том числе усеченные.

5. Определяют объемы земляных работ элементарных геометрических фигур, заключенных в границах сетки квадратов. При вычислениях используют соответствующие зависимости формул 13–19. В *примере б* в сетке квартала, ограниченного линиями осей улиц А–Б–Д–Е, образованы две геометрические фигуры: пирамида с основанием; усеченная призма с многогранным основанием, ограниченная линиями осей улиц Е–А; А–Б, частью улицы Б–Д и линиями нулевых работ в данном квартале.

Объем пирамиды (выемка) в этой сетке квартала, определенный по формуле (14) для трехгранной пирамиды, составит:

$$V_6 = \frac{1}{3} S \cdot h = \frac{1}{3} 24000 \cdot 0,3 = 2400 \text{ м}^3,$$

где $S = a \times b = 200 \times 2400 : 2 = 24000 \text{ м}^2$; $h = 0,30 \text{ м}$.

Объем насыпи, заключенной в прямой многогранной усеченной призме, определенной по формуле (15), составит:

$$V_{\text{н}} = \frac{1}{3} S \left(h_1 + \frac{1}{3} (h_2 - h_1) \right) = \frac{1}{3} 56000 \left(0,1 + \frac{1}{3} (0,2 - 0,1) \right) = \frac{1}{3};$$
$$56000 \left(0,1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{1}{3} (56000 \cdot 0,133) = \frac{1}{3} 7465 = 2488 \text{ м}^3.$$

6. Определяют баланс (дисбаланс) объемов насыпей и выемки в квартале по формуле (20). Он составит:

$$Q = V_{\text{н}} - V_{\text{в}} = 2488 - 2400 = + 88 \text{ м}^3.$$

Этот объем насыпи в границах основания призмы должен быть сбалансирован выемкой грунта, например за счет устройства водоотводной канавы вдоль улицы или тротуара на части территории квартала. И тогда в результате вертикальной планировки территории квартала, с учетом устройства канавы (траншеи под фундаментом зданий), объем составит:

$$Q_6 = 2488 - 88 - 2400 = 0.$$

Результаты расчетов объемов земляных работ в сетке квартала Б–В–Г–Д приведены на рис. 10 в виде численных значений, где дисбаланс объемов составляет:

$$Q_{\text{н}} = V_{\text{н}} - V_{\text{в}} = 3602 - 2724 = 878 \text{ м}^3,$$

а баланс

$$Q_6 = 3602 - 878 - 2724 = 0 \text{ м}^3.$$

Это равенство обеспечивается за счет объема на устройство, например котлована для сооружения здания с размерами в плане 12×61 м с глубиной 1,5 м.

6.5.2. Метод проектных горизонталей

Метод проектных горизонталей является наиболее наглядным способом решения вопросов проектирования вертикальной планировки улиц и проездов.

6. Вертикальная планировка городских территорий

Этот метод заключается в том, что на топографическом плане наносят проектные горизонталы нового рельефа, который образуется после изменения естественного рельефа путем планируемых срезок и подсыпок грунта.

Он позволяет наглядно изобразить на чертеже характер проектируемой поверхности и степень изменения существующего рельефа для отдельных объектов застройки (улиц, зданий, парков, площадей и др.).

Составление проекта вертикальной планировки территории методом проектных горизонталей начинают с определения высотного положения осей улиц, тротуаров и других элементов застройки.

Проектирование вертикальной планировки территорий улиц выполняют после разработки схемы вертикальной планировки квартала микрорайона (см. раздел 6.4), принятия общего принципиального высотного решения территории города и определения проектных продольных уклонов по улицам. Это позволяет перейти к более детальной проработке изменения существующего рельефа. Такую детальную проработку вертикальной планировки осуществляют методом проектных (красных) горизонталей. Их наносят на геоподоснову с показанными на ней улицами, зданиями, площадками и другими элементами застройки. Вертикальная планировка, разработанная в красных (проектных) горизонталях, дает возможность определить не только проектные отметки любой точки территории, но и рабочие отметки. Они, в свою очередь, позволяют определить участки срезки и подсыпки грунта, а также объемы земляных работ.

Красные горизонталы в отличие от черных отображают новый проектируемый рельеф застраиваемой территории и новую поверхность, преобразованную в целях решения задач планировки, застройки и благоустройства. Исходя из этого, красные горизонталы представляют собой линии проекций на горизонтальную плоскость следа от пересечения рельефа горизонтальными плоскостями с определенным шагом.

Красные горизонталы проектируют на плане территорий масштабов 1:500 и 1:1000. Их наносят на чертеж с интервалом по высоте через каждые 0,1; 0,2; 0,25 или 0,5 м, называемым *шагом горизонталей*, и обозначают $h_{ш}$.

Проектирование вертикальной планировки городских территорий в красных горизонталях начинают, как правило, с разработки улиц. Перед началом формирования проектных горизонталей оценивают элементы поперечного профиля улицы, например, приведенного на рис. 11.

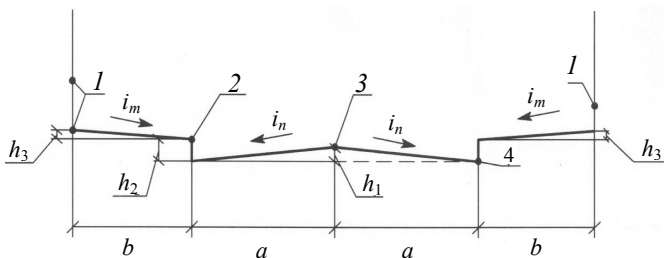


Рис. 11. Поперечный профиль улицы:

1 – красная линия или линия застройки; 2 – линия кромки проезжей части (верхняя линия бордюрного камня-ограждения); 3 – ось улицы; 4 – лоток; i_m – поперечный уклон тротуара; i_n – поперечный уклон проезжей части; a – ширина полосы проезжей части; b – ширина тротуара; h_1 – превышение оси улицы над лотком; h_2 – высота бордюра (превышение верха бордюрного камня над лотком); h_3 – превышение отметки красной линии над бордюром

Как видно из рис. 11, превышение оси улицы над лотком h_1 возникает за счет устройства поперечного уклона проезжей части. Его определяют по формуле

$$h = ai_n, \quad (21)$$

где a – ширина полосы проезжей части, м; i_n – поперечный уклон проезжей части, доли единицы.

Превышение линии кромки верха бордюрного камня над лотком h_2 обосновывают расчетом или принимают по проекту в пределах до 45 см [9, 15].

6. Вертикальная планировка городских территорий

Превышение красной линии над верхом бордюра h_3 определяют по формуле

$$h_3 = bi_m,$$

где b – ширина тротуара, м; i_m – поперечный уклон тротуара, доли единицы.

Фрагмент вертикальной планировки улицы методом проектных горизонталей приведен на рис. 12.

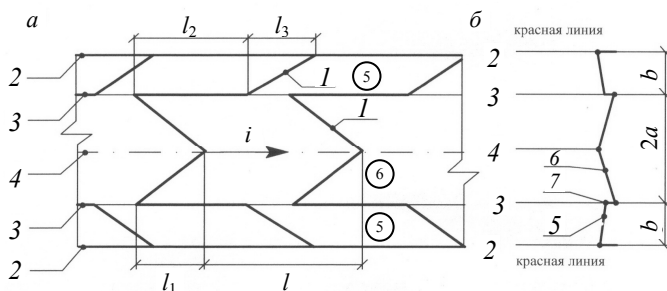


Рис. 12. Фрагмент вертикальной планировки улицы методом проектных горизонталей:

a – план улицы в горизонталях; $б$ – поперечный профиль; 1 – проектные горизонталей; 2 – красные линии; 3 – линии лотков; 4 – ось улицы; 5 – тротуары; 6 – проезжая часть улицы; 7 – отметка бордюрного камня; i – продольный уклон улицы; l_1 – сдвиг проектной горизонтали на дорожном покрытии от оси 4 к лотку 3; l_2 – сдвиг проектной горизонтали по боковой поверхности бордюра за счет возвышения бордюра над лотком; l_3 – сдвиг проектной горизонтали на тротуаре от кромки проезжей части к красной линии 2; l – расстояние между проектными горизонталями на плане

При симметричном поперечном профиле улицы относительно ее оси каждая точка на поверхности покрытия, равноудаленная от нее в ту или иную сторону, будет иметь определенную и одинаковую высотную отметку. Последующие точки на горизонтали, равноудаленные от оси улицы, также будут иметь одинаковые отметки.

Таким образом, проектные горизонталей, лежащие на плоскости улицы, будут иметь сдвиги в характерных точках попе-

речного профиля. Места сдвигов проектных горизонталей находятся на линиях лотков, кромок проезжей части, красных линиях и других, например краевых границах тротуарных дорожек, линиях отмоستков зданий, линиях подошв откосов насыпей и выемок и линиях границ подпорных стенок.

Величина сдвига проектной горизонтали от оси к лотку l_1 , скачок горизонтали за счет высоты бордюрного камня l_2 и сдвиг ее к красной линии l_3 зависят от принятых значений поперечных и продольных уклонов улицы. Расчетную величину вышеупомянутых сдвигов проектных горизонталей на плане улицы определяют по формулам:

$$l_1 = \frac{h_1}{i}; \quad (23)$$

$$l_2 = \frac{h_2}{i}; \quad (24)$$

$$l_3 = \frac{h_3}{i}, \quad (25)$$

где i – продольный уклон улицы, %; h_1 – превышение оси улицы над лотком, м; h_2 – высота бордюра, м; h_3 – превышение отметки красной линии над бордюром, м.

Величину сдвига горизонтали l_1 откладывают на чертеже вертикальной планировки улицы по линии лотка в сторону, противоположную направлению уклона улицы.

Величину сдвига l_2 откладывают на чертеже плана также по линии лотка, но в сторону, совпадающую с направлением уклона улицы.

Величину сдвига l_3 откладывают на чертеже плана по красной линии в сторону, совпадающую с направлением уклона улицы.

Так, например, на участке улицы длиной 400 м, между перекрестками Д и Б (см. рис. 8), поперечный профиль представ-

6. Вертикальная планировка городских территорий

лен двускатной проезжей частью с двумя полосами для встречного движения и тротуарами (см. рис. 11). Применительно к данному рисунку, ширина проезжей части будет равна 7 м, ширина полосы движения – 3,5 м (поперечный профиль симметричен относительно оси), ширина тротуаров – 3,0 м. Поперечные уклоны полос движения равны 20 ‰, а тротуаров 30 ‰, и они направлены к лотку. Продольный уклон улицы равен 0,013 ‰ и направлен от перекрестка Д к перекрестку Б.

В этом случае превышение оси улицы над лотком h_1 , определенное по формуле (21), составит $h_1 = a \cdot i_n = 3,5 \times 0,020 = 0,07$ м, высота камня бордюрного ограждения $h_2 = 0,20$ м, а высота h_3 превышения красной линии над линией верха бордюра, определенная по формуле (22), составит: $h_3 = b \cdot i_n = 3,0 \times 0,03 = 0,09$ м (см. рис. 11).

Тогда сдвиг горизонтали относительно оси улицы на плане полосы проезжей части произойдет по линии лотка в сторону, противоположную направлению уклона улицы, т. е. в сторону перекрестка Д. Величину сдвига горизонтали определяют на *примере 7* по формуле (23), и она составит $l_1 = \frac{h_1}{i} = 0,07 : 0,013 = 5,38$ м.

Сдвиг этой горизонтали по вертикальной стенке бордюра, определенный по формуле (24), произойдет в сторону перекрестка Б и составит: $l_2 = \frac{h_2}{i} = 0,20 : 0,013 = 15,38$ м.

Далее сдвиг этой горизонтали, уже по плоскости тротуара, определенный по формуле (25), произойдет к красной линии 2 (см. рис. 12) в сторону уклона улицы к перекрестку Б и составит:

$$l_3 = \frac{h_3}{i} = 0,09 : 0,013 = 6,92 \text{ м.}$$

Соединив на плане точки сдвига (см. рис. 12), получим ломаную симметричную проектную горизонталь, подлежащую выносу в натуру при разбивочных работах в строительстве.

Расстояние l между смежными проектными горизонталями зависит от продольного уклона улицы и шага горизонталей $h_{ш}$. Его определяют по формуле:

$$l = \frac{h_{ш}}{i}, \text{ м,} \quad (26)$$

где $h_{ш}$ – шаг горизонталей, м; i – продольный уклон улицы.

Это расстояние между горизонталями на чертеже вертикальной планировки будет одинаковым для всех плановых элементов улицы, в том числе проезжей части, тротуаров, газонов, площадок, имеющих на протяженности улицы неизменную величину продольного уклона. В таком случае все линии проектных горизонталей на фрагментах плана улицы будут параллельны друг другу (см. рис. 12).

Таким образом, линии проектных горизонталей, расходящиеся на чертеже вертикальной планировки под углом в противоположные стороны от оси проезжей части, образуют условные стрелки. Направление этих стрелок горизонталей совпадает с направлением уклона улицы и водостока.

Так, при шаге горизонталей, равном 0,20 м, и продольном уклоне улицы, равном 0,005, расстояние между проектными горизонталями на плане улицы составит:

$$l = \frac{0,20}{0,005} = 40 \text{ м.}$$

С этим интервалом наносят горизонтали на план улицы в соответствующем масштабе.

Пример 8. Для участка улицы Г–Д, приведенного на рис. 8, имеющего продольный уклон 0,010 при шаге горизонталей 0,20, расстояние между проектными горизонталями будет равно:

$$l = \frac{0,20}{0,010} = 20 \text{ м.}$$

6. Вертикальная планировка городских территорий

Таким образом, убеждаемся, что чем круче продольный уклон улицы, тем чаще на чертеже вертикальной планировки располагаются проектные горизонталы с одинаковым шагом проектирования.

При проектировании вертикальной планировки улиц методом проектных (красных) горизонталей, их отметки должны быть кратны принятому шагу горизонталей. Так, при шаге горизонталей 0,2 м проектные горизонталы будут иметь, например отметки 100,00; 100,20; 100,40; 100,60; 100,80 и т. д. Однако на плане вертикальной планировки улиц полное значение высотных отметок указывают только для главных (базовых) горизонталей (они приводятся кратными одному метру), например 100,00 или 99,00; 101,00, а на промежуточных горизонталях указывают высотные значения как кратные значениям величины шага после запятой, например 100,20; 100,40; 100,60; 100,80; 101,00.

В большинстве случаев проектирования высотные отметки перекрестков как опорные точки топоплана городского квартала устанавливают без учета величины шага проектных горизонталей. Поэтому на практике проектирования возникает необходимость устанавливать местоположение проектных горизонталей на осях улиц с учетом шага проектных горизонталей.

Расстояние от точки пересечения осей улиц перекрестка до ближайшей горизонтали определяют как частное от деления превышения перекрестка над ближайшей к ней проектной горизонталью на величину продольного уклона улицы.

Пример 9. Определение мест расположения красных горизонталей по осям улиц называют *градуированием*. Пример градуирования проектных горизонталей на плане улицы Д–Г, применительно к фрагменту рис. 8, приведен на рис. 13.

Проектная отметка на перекрестке улиц Д (рис. 13) составляет 99,90 (см. рис. 8). Продольный уклон i улицы Д–Г равен 0,010, а принятый шаг горизонталей – 0,20. Ближайшая проектная горизонталь у перекрестка в сторону падения рельефа будет иметь отметку 99,80, разница высот между отметками составит:

$$h' = 99,90 - 99,80 = 0,10 \text{ м.}$$

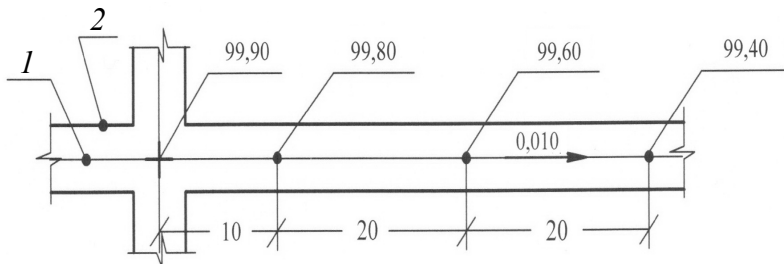


Рис. 13. Пример градуирования проектных горизонталей на чертеже плана улицы Д–Г:

1 – ось улицы; 2 – красные линии; Д и Г – перекрестки; 99,80 – вертикальная отметка проектной горизонтали; 0,010 – продольный уклон улицы; 10 – расстояние от точки пересечения осей улиц на перекрестке до ближайшей проектной горизонтали, м; 20 – расстояние между проектными горизонталями с шагом 0,20 м

Тогда расстояние по направлению уклона улицы от перекрестка до ближайшей проектной горизонтали составит:

$$l' = \frac{h'}{i} = \frac{0,10}{0,010} = 10 \text{ м.}$$

На плане улицы смежные проектные горизонтали с шагом 0,20 будут одинаково расположены друг от друга на расстоянии

$$l = \frac{0,20}{0,010} = 20 \text{ м.}$$

Таким образом, определив расчетом места расположения проектных горизонталей, их наносят на план улиц.

Пример 10. Варианты вертикальной планировки участков улиц приведены на рис. 14–20.

Пример решения вертикальной планировки участка многополосной улицы в красных (проектных) горизонталях приведен на рис. 14 [23].

6. Вертикальная планировка городских территорий

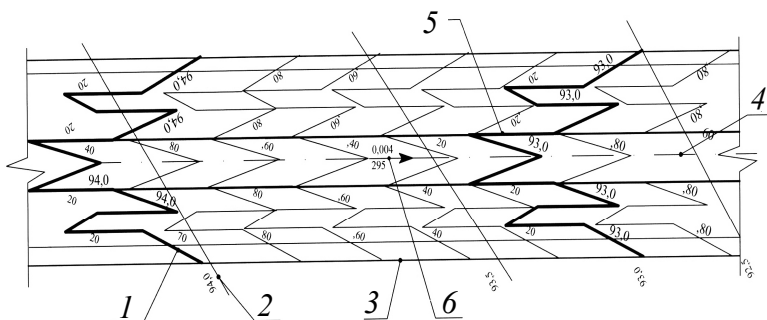


Рис. 14. Пример решения вертикальной планировки многополосной улицы на участке Е-Г (см. рис. 8):

1 – проектные горизонтали; 2 – горизонтали естественного рельефа; цифры над горизонталями показывают высотное значение горизонталей; 3 – красная линия; 4 – ось улицы; 5 – кромка проезжей части; 6 – направление уклона

На участках улиц могут быть понижения и водоразделы. Расположение красных горизонталей в этих случаях проектируют индивидуально для каждого перекрестка. Примеры вертикальной планировки участков улиц в области вогнутого и выпуклого переломов продольного профиля приведены, соответственно, на рис. 15 и 16.

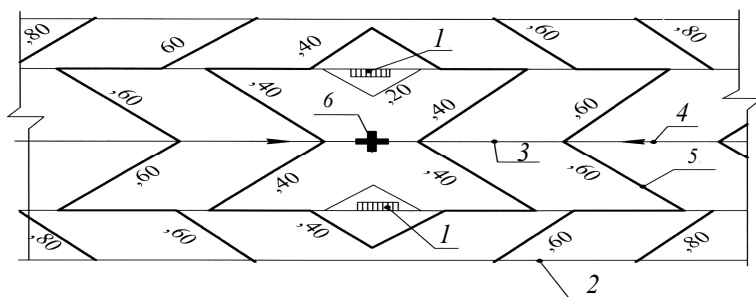


Рис. 15. Вертикальная планировка улицы в точках вогнутого перелома продольного профиля:

1 – дождеприемник; 2 – красная линия; 3 – ось улицы; 4 – направление уклона; 5 – горизонталь; 6 – точка перелома продольного уклона. Цифры над горизонталями – значение их высотных отметок

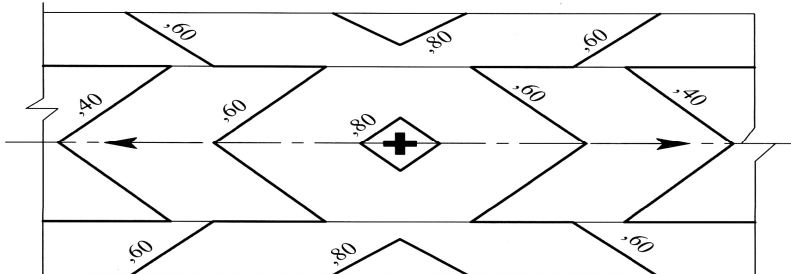


Рис. 16. Вертикальная планировка участка улицы в точках выпуклого перелома водораздела – проектной линии (применительно к перекрестку на улице В-Г, см. рис. 8). Обозначения соответствуют обозначениям рис. 15

В пониженных местах лотка улицы в обязательном порядке устанавливают дождеприемные колодцы водосточной сети. Если на участках улиц между перекрестками расположение красных горизонталей зависит от поперечного профиля и продольного уклона, то особенности рельефа определяют решение вертикальной планировки территорий. Они могут быть разнообразными, и поэтому напрямую связаны с организацией поверхностного водоотвода, созданием удобного водостока, движением транспорта и с категориями пересекающихся улиц.

Из всего многообразия случаев вертикальной планировки перекрестков встречаются следующие наиболее характерные и основные решения:

1. Перекресток расположен на косогоре (рис. 17). В этом случае возможны два основных варианта – пересечение улиц, одинаковых по категории, и пересечение неравнозначных улиц, например, магистральной и жилой. В первом случае, перекресток может быть односкатным с уклоном, направленным в сторону понижения рельефа, причем переход от двухскатного поперечного профиля улицы к односкатному происходит постепенно. Во втором случае, при пересечении неравнозначных по категории

6. Вертикальная планировка городских территорий

улиц основное внимание уделяют главной из них. Вертикальную планировку такого перекрестка проектируют как главный элемент планировки, с привязкой к нему элементов второстепенной улицы. При таком решении вертикальной планировки на проезжей части главной улицы создается лоток, пересекающий второстепенную улицу со стороны притока воды к перекрестку.

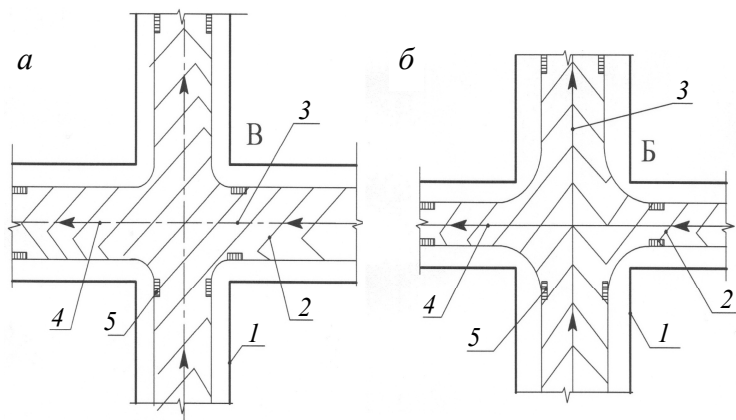


Рис. 17. Вертикальная планировка перекрестка, расположенного на холме (применительно к перекресткам Б и В (см. рис. 8)):
а – пересечение равнозначных улиц; б – пересечение главной и второстепенной улиц; 1 – красная линия; 2 – линия проектной горизонтали; 3 – оси улиц; 4 – направление уклона; 5 – дождеприемник

2. Довольно часто встречается расположение перекрестка, когда улица запроектирована по водоразделу (рис. 18, а) или по тальвегу (рис. 18, б). При расположении перекрестка на холме или на бугре (рис. 19, а) поверхностный водоотвод с него будет полностью обеспечен, поскольку уклоны по всем улицам направлены от перекрестка.

3. Наиболее неудобным следует считать размещение перекрестка в низине (рис. 19, б), когда к нему поступает вода со всех улиц. Отвод поверхностных вод с такого перекрестка может быть

обеспечен лишь закрытой водосточной системой с устройством дождеприемных колодцев по лоткам всех улиц. При этом середину перекрестка приподнимают для обеспечения стока к водоприемным решеткам колодцев. В этом случае, когда перекресток находится в седловине, уклон по двум улицам направлен к перекрестку, а по двум другим – от него (рис. 20). Для отведения поступающего к нему стока на другие улицы, вертикальную планировку решают путем возвышения середины перекрестка.

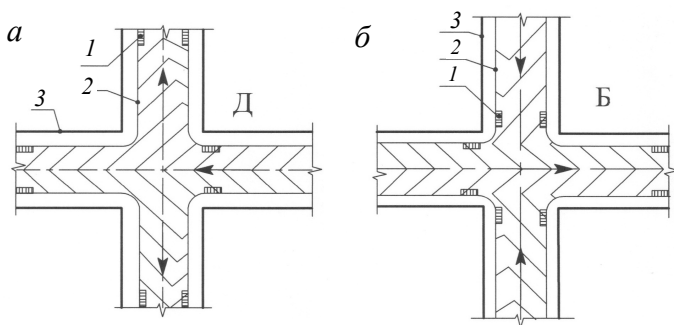


Рис. 18. Вертикальная планировка перекрестка, расположенного: *а* – на водоразделе; *б* – на тальеге (применительно к перекресткам Б и Д, см. рис. 8); 1 – дождеприемник; 2 – лоток; 3 – красная линия

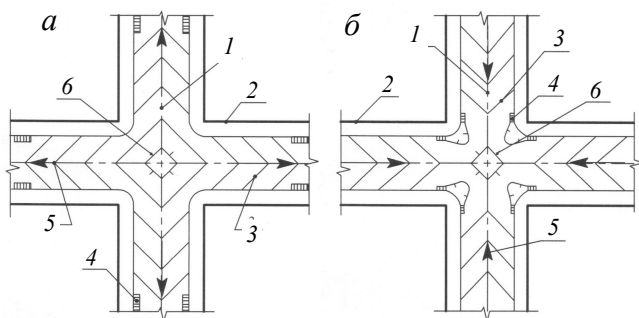


Рис. 19. Вертикальная планировка перекрестка, расположенного: *а* – на бугре; *б* – в низине; 1 – ось улицы; 2 – красная линия; 3 – горизонталь проектная; 4 – дождеприемник; 5 – направление уклонов улиц; 6 – бергштрихи

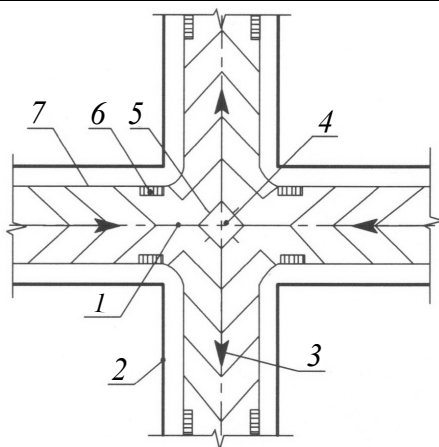


Рис. 20. Вертикальная планировка перекрестка, расположенного в седловине:

1 – ось улицы; 2 – красная линия; 3 – направление уклона улиц; 4 – возвышенная центральная часть площади перекрестка; 5 – бергштрих возвышения; 6 – дождеприемник; 7 – лоток

6.5.3. Вертикальная планировка улиц и площадей в условиях затруднённого водоотвода с использованием пилообразного лотка

Проектные продольные уклоны улиц от перекрестка к перекрестку, а также на их коротких участках обычно не меняют. Переломы продольного профиля улиц с разным уклоном сопрягают вертикальными выпуклыми или вогнутыми кривыми, имеющими определенные допустимые радиусы. Такие сопряжения выполняют в соответствии со специальными расчетами, приведенными, например, в литературном источнике [25].

В тех случаях, когда на отдельных участках улиц продольный уклон равен или близок к нулю или он, по нормам СП.42 [9] и СНиП [10], имеет значения меньше минимально допустимого уклона, по условиям водоотвода, равного $i \leq 0,004$, то в практике проектирования возникает дополнительная необходимость в орга-

низации поверхностного стока. Подобные случаи возникают при трассировании улиц параллельно или под очень малым углом к горизонталям существующего рельефа. Таких ситуаций при разработке проектов вертикальной планировки стараются избегать еще на стадии разработки генерального плана города или поселка. Однако в действительности имеет место наличие участков улиц с нулевыми или очень малыми продольными уклонами. К ним, например, относятся участки проложения улиц вдоль урезом водоемов, озер, равнин, по болотам и набережным. В таких случаях поверхностный водосток организуют путем создания так называемого пилообразного лотка, используя на поверхности дорожного покрытия искусственно созданные водоразделы и тальвеги.

Создание пилообразных лотков образует по полосам проезжей части улиц множество малых и слабо различимых последовательно расположенных искусственных водосборных бассейнов. Они создаются системой продольных и поперечных водоразделов и линией лотка. Вода, собранная в таких бассейнах, отводится по лоткам к решеткам дождеприемных колодцев.

Пилообразный лоток создается по кромке проезжей части улиц путем изменения высоты бортового камня над лотком. Обычно на городских улицах применяют бортовой камень высотой 0,15 или 0,20 м. При пилообразном лотке высоту бортового камня меняют от минимального значения на водоразделе, равного от 0,08 до 0,10 м, до максимального – в месте расположения решетки дождеприемного колодца, равного от 0,20 до 0,45 м.

Как правило, в этих условиях значение величины продольного уклона по лотку улиц принимают равным 0,004. Сток воды с проезжей части осуществляется за счет поперечного уклона улицы от оси к лотку, а затем в дождеприемные колодцы за счет продольных уклонов по лотку. При этом в пределах водосборных бассейнов улиц величина поперечного уклона на дорожном покрытии плавно меняется в результате изменения высоты бортового камня. Эти плавные изменения уклонов поверхности

6. Вертикальная планировка городских территорий

улиц происходят на участках дорожного покрытия, ограниченных водораздельными линиями. Как правило, продольная водораздельная линия на проезжей части улицы располагается между осью улицы и лотком на расстоянии 2,5–3,5 м от линии лотка, а поперечные водораздельные линии располагают в промежутках между водосборными колодцами.

Расстояние по лотку от водораздела до дождеприемного колодца определяют в случае нулевого продольного уклона по формуле (27) в соответствии с расчетной схемой, приведенной на рис. 21.

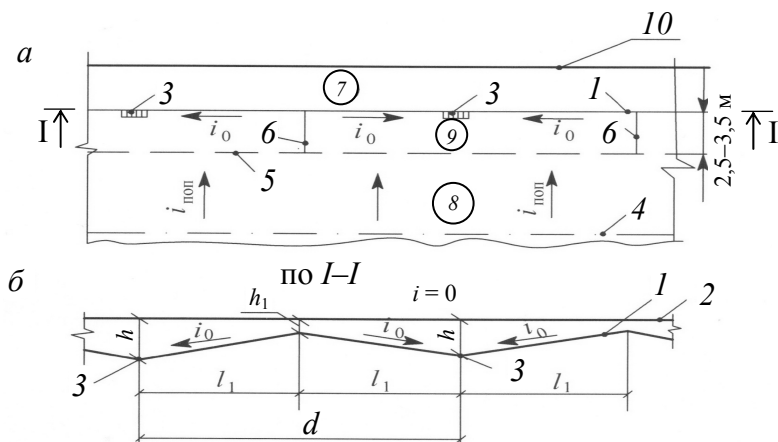


Рис. 21. Расчетная схема для определения расстояния между дождеприемниками для случая нулевого продольного уклона $i=0$ улицы. План и продольный профиль участка улицы между дождеприемниками с равноплечными лотками:

a – план участка улицы с нулевым продольным уклоном; *б* – продольный профиль улицы по лотку; I-I – сечения по лотку 1 улицы; 1 – пилообразный лоток; 2 – верхняя линия бортового камня – кромка проезжей части (на фрагменте *a* – линия лотка); 3 – дождеприемный колодец; 4 – ось улицы; i_0 – минимальный уклон лотка, принимаемый равным 0,004 (4 ‰); 5 – продольная линия водораздела на проезжей полосе улицы между односкатной и двускатной поверхностями; 6 – поперечная линия водораздела на полосе проезжей части; 7 – обочина (тротуар); 8 – проезжая часть; 9 – водосборный бассейн на проезжей части улицы; 10 – красная линия

$$l = \frac{h - h_1}{i_0}, \quad (27)$$

где l – расстояние от водораздела (повышенной точки лотка) до дождеприемного колодца, м; h – максимальная высота бортового камня в месте расположения дождеприемного колодца, м; h_1 – минимальная высота бортового камня над лотком в точке водораздела, м; i_0 – продольный уклон лотка, минимально допустимый по условиям свободного стока и равный 0,004.

В этом случае пилообразный продольный уклон лотка в пределах от водоразделов до дождеприемных колодцев обеспечивается за счет плавных и равномерных изменений его высотных отметок. Пилообразный продольный профиль лотка проектируют равноплечным. Расстояние по лотку от поперечной линии водораздела b до тальвега с дождеприемником 3 (см. рис. 22) определяют по формуле (27).

Пример 11. При граничных условиях высоты бортового камня $h = 0,20$ м и $h_1 = 0,08$ м, при продольном уклоне по лотку $i_0 = 0,004$ и продольном уклоне улицы $i = 0,000$, расстояние между дождеприемными колодцами (рис. 21) определяют по формуле

$$d = l_1 + l_1 = 2l_1. \quad (28)$$

Тогда расстояние между смежными дождеприемными колодцами в этом случае будет равно:

$$d = \frac{2(h - h_1)}{i_0} = \frac{2(0,2 - 0,08)}{0,004} = 60 \text{ м.}$$

В случае затрудненного естественного стока с территории и назначении проектного продольного уклона i в пределах от 0,000 до 0,004, расстояния между дождеприемниками или поперечными линиями водоразделов водосборных бассейнов на проезжей части улицы определяют в соответствии с расчетной схемой, приведенной на рис. 22. Пилообразный профиль лотка проектируют разноплечным.

6. Вертикальная планировка городских территорий

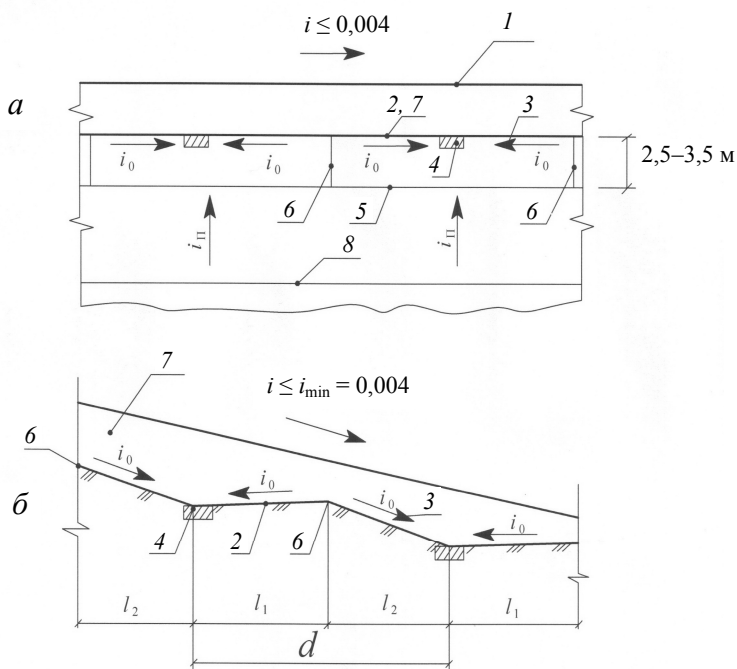


Рис. 22. Расчетная схема для определения расстояния между дождеприемниками в условиях затрудненного естественного водостока с проектным продольным уклоном улицы $i \leq 0,004$ и пилообразным лотком:

a – план участка улицы; *б* – продольный профиль по лотку улицы; 1 – красная линия; 2 – лоток; 3 – направление стока; 4 – дождеприемник; 5 – продольная линия водораздела вдоль улицы; 6 – поперечная линия водораздела водосборного бассейна на проезжей части; 7 – вертикальная стенка бордюра; 8 – ось улицы

В соответствии с расчетной схемой, приведенной на рис. 22, расстояния l_1 и l_2 от дождеприемных колодцев до водоразделов определяют по формулам:

$$l_1 = \frac{h - h_1}{i_0 - i}; \quad (29)$$

$$l_2 = \frac{h - h_1}{i_0 + i}. \quad (30)$$

Расстояние d по лотку между смежными дождеприемниками определяют по формуле

$$d = l_1 + l_2, \quad (31)$$

где l_1 – расстояние от дождеприемника до линии правого водораздела; l_2 – расстояние от дождеприемника, соответственно, до левого водораздела водосборных бассейнов улицы.

Пример 12. Для этого случая проектирования пилообразного профиля по лотку участка улицы длиной 393 м (см. рис. 8) от перекрестка Б до перекрестка В с проектным продольным уклоном, равным 0,003, при граничных условиях: $h = 0,20$; $h_1 = 0,08$ м и $i = 0,003$. Расстояние l_1 , определяемое по формуле (29), будет равно:

$$l_1 = \frac{h - h_1}{i - i_0} = \frac{0,20 - 0,08}{0,003 - 0,004} = \frac{0,12}{0,001} = 120 \text{ м},$$

а расстояние l_2 , определяемое по формуле (30), составит:

$$l_2 = \frac{h - h_1}{i + i_0} = \frac{0,20 - 0,08}{0,003 + 0,004} = \frac{0,12}{0,007} = 17,14 \text{ м}.$$

Тогда расстояние между дождеприемниками, определяемое по формуле (31), составит:

$$l_1 + l_2 = 17,14 + 120 = 137,14 \text{ м}.$$

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

По подразделу 6.1

1. Дайте определение термину «вертикальная планировка территорий».

6. Вертикальная планировка городских территорий

2. Объясните понятия: «черные» и «красные» отметки рельефа.

3. На каких стадиях проектирования выполняют вертикальную планировку территорий?

4. Перечислите этапы действий при разработке вертикальной планировки территорий.

5. На какие группы по сложности выполнения вертикальной планировки делят рельеф местности?

6. Перечислите территории с точки зрения градостроительства, отнесенные к группе сложных рельефов.

7. Какие точки рельефа территории относят к опорным при проектировании вертикальной планировки квартала жилого микрорайона?

По подразделу 6.2

1. Определите цель вертикальной планировки территорий.

2. Определите основные задачи вертикальной планировки территорий.

3. Какие задачи вертикальной планировки территории относят к частным?

По подразделу 6.3

1. Каков основной принцип проектирования вертикальной планировки территорий поселения?

2. Какими способами выполняют вертикальную планировку территорий?

3. В какой последовательности выполняют проекты вертикальной планировки территорий микрорайонов?

4. В какой последовательности разрабатывают проекты вертикальной планировки городских кварталов?

5. Какие формы рельефа придают территории квартала в результате вертикальной планировки?

По подразделу 6.4

1. С какого этапа проектирования начинают разработку схемы вертикальной планировки микрорайона?

2. По какому основному признаку оценивают рельеф местности?
3. Для каких рельефов приемлем критерий крутизны заложения откосов, а для каких – уклон? Где находится граница этих критериев?
4. В чем заключается определение высотной отметки точки методом интерполяции значений?
5. Напишите формулу определения высотной отметки точки на рельефе местности с использованием метода интерполяции значений.
6. Какой нормативный документ определяет предельное значение величины продольного уклона улицы?
7. Какие основные требования выполняют при проектировании сети на перекрестке улиц микрорайона?
8. Какие участки территорий микрорайона проектируют при выборочной схеме вертикальной планировки?
9. Какая схема вертикальной планировки используется при планировке спортивных площадок?
10. Как используются эстетические элементы территорий при выборе места расположения спортивных площадок или других площадей в городе?

По подразделу 6.5.1

1. Какие два метода вертикальной планировки территорий применяются в практике проектирования?
2. В чем заключаются особенности проектирования вертикальной планировки территорий методом профилей?
3. От чего зависит частота нанесения сетки квадратов на топографический план территории при расчете объемов земляных работ?
4. Какова методика расчета линий нулевых работ в сетке квадратов?
5. Какие формы фигур в плане получаются при использовании метода профилей?

6. Вертикальная планировка городских территорий

6. Какие простейшие объемные формы фигур используются при определении объемов земляных работ?

7. По каким теоретическим зависимостям определяют суммарный объем насыпей и выемок на проектируемой территории?

8. Что такое баланс и дисбаланс объемов земляных работ?

9. Какой способ определения объемов земляных работ используется при проектировании городских улиц и дорог?

10. Приведите последовательность разработки проекта вертикальной планировки территорий методом профилей.

По подразделу 6.5.2

1. В чем заключаются особенности метода проектных горизонталей при разработке проекта вертикальной планировки территорий?

2. Для каких объектов территорий рационально применять проектирование методом проектных горизонталей?

3. С каким шагом проектируют горизонтали методом проектных горизонталей?

4. За счет какого проектного решения возвышается ось улицы над лотком?

5. Напишите зависимости расчетных величин сдвигов проектных горизонталей на плане улицы.

6. По каким линиям плана улиц происходят сдвиги горизонталей? В какую сторону по отношению к направлению уклона происходят сдвиги и за счет каких факторов?

7. Как определяют расстояния между смежными проектными горизонталями при нанесении их на план улиц?

8. Какие правила существуют при присвоении проектным горизонталям высотных отметок на чертеже вертикальной планировки?

9. Как осуществляют градуирование проектных горизонталей?

10. Перечислите случаи вертикальной планировки перекрестков в зависимости от возможного рельефа на территории местности квартала.

По подразделу 6.5.3

1. Какие типы рельефа относят к условиям затрудненного водостока?

2. Какой прием проектирования дождевого стока по улицам и площадям городов применяют в проектах вертикальной планировки?

3. Напишите зависимость расстояния от водораздела до дождеприемника и расстояния между дождеприемными колодцами в случае, когда $i \leq 0,004$.

4. Напишите зависимости расстояний между водоразделами и дождеприемником в случае, когда $i_0 = 0,004$ и $i \leq 0,004$.

7. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА ДОЖДЕВЫХ ВОД

Регулирование стока ливневых, дождевых и талых вод в рамках основ рационального природопользования [28] и положений [11] предусматривает выравнивание расхода, поступающего на очистные сооружения или насосные станции. Регулирование стока этих вод с целью уменьшения диаметра труб применяют также перед отводными коллекторами большой протяженности.

Для регулирования стока талых, дождевых и ливневых вод устраивают пруды или резервуары, а также используют укрепленные овраги и близлежащие пруды, не являющиеся источниками питьевого водоснабжения, непригодные для купания и спорта и не используемые в рыбохозяйственных целях.

При возникновении больших расходов стока в регулирующие пруды и резервуары через разделительные камеры направляют лишь дождевые воды. При этом все талые воды и стоки от часто повторяющихся дождей малой интенсивности направляют в обход пруда.

В случае целесообразности использования регулирующего пруда как очистного сооружения в него направляют весь поверхностный сток. При этом предусматривают специальное оборудование для удаления мусора, нефтепродуктов и осадка, образованного в результате отстоя.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождей для водосбросов и выпусков в пруды устанавливают для каждого объекта ливнестоков с учетом местных условий и возможных последствий переполнений, в случае выпадения дождей с интенсивностью, выше расчетной [11].

8. КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДООТВОДНЫХ СИСТЕМ

8.1. Дождевые водостоки

Системы отвода поверхностных вод в городах называют *дождевой (ливневой) канализацией, или водостоками*. Водосточная система в городах предназначена для отвода вод:

- дождевых и талых поверхностных;
- от полива и мытья улиц;
- из дренажных систем и внутренних водостоков зданий.

Проектирование дождевой канализации осуществляют на основании действующих нормативных документов, в том числе СП 32.13330, СанПиН 2.1.5.980 и Водного кодекса РФ.

Устройство городских водостоков создает благоприятное условие для эксплуатации улиц, так как обеспечивает бесперебойное и безопасное движение транспорта и пешеходов, увеличивает срок службы дорожных одежд и подземных сооружений.

Схема расположения водостока на улице поселения приведена на рис. 23 [26].

С ростом благоустройства городов значение поверхностного стока многократно возрастает. В городах, где преобладают грунтовые поверхности и газоны, а дорожные одежды водопроницаемы (щебеночные и гравийные покрытия, брусчатые и булыжные мостовые), средний коэффициент стока поверхности водосборного бассейна составляет от 0,3 до 0,5. Поэтому большая часть дождевой воды впитывается в грунт или задерживается на поверхности. В центральной части современного города преобладают водонепроницаемые поверхности – кровли зданий, асфальтобетонные покрытия площадей, дорог, улиц и тротуаров. Коэффициент стока для них составляет от 0,6 до 0,85. В этом случае почти вся поверхностная вода за очень короткое время собирается в пониженные места рельефа и при недостаточной пропускной способности водостоков затопливает их и прилегающие территории [26].

8. Конструкции элементов водоотводных систем

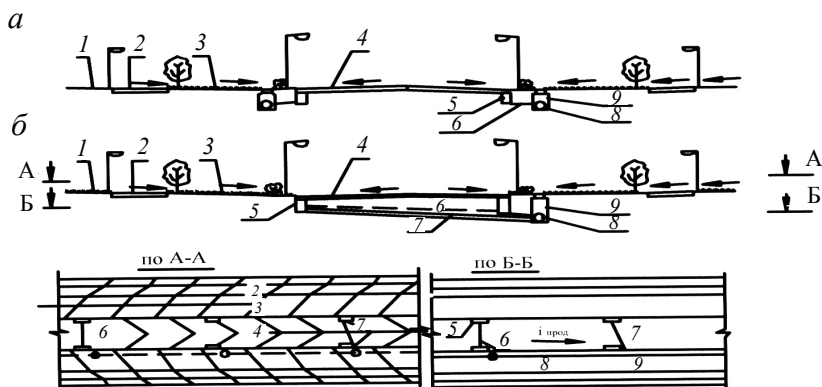


Рис. 23. Схема расположения водостока на улице:

а – при двустороннем (дублированном) продольном водостоке; *б* – при одностороннем продольном водостоке; 1, 3 – разделительные зеленые полосы; 2 – тротуар; 4 – проезжая часть; 5 – водоприемный колодец; 6 – водосточные ветки (последовательное присоединение водосточных веток); 7 – то же, параллельное; 8 – продольный водосток; 9 – смотровой колодец

Отвод поверхностных вод в городских условиях может осуществляться следующим образом:

- 1) *самостоятельно* – по открытым водостокам или подземным трубопроводам при *раздельной системе* канализации;
- 2) *совместно* – с бытовыми и производственными сточными водами при *общесплавной системе* канализации;
- 3) *частично совместно* – с бытовыми и производственными сточными водами при *полураздельной системе* (уличная сеть трубопроводов – раздельная, а главные коллекторы – общесплавные).

В России в основном принята раздельная система канализации с самостоятельной сетью для отвода поверхностных вод – водостоками. В зависимости от размеров города и степени его благоустройства применяют открытую, закрытую или смешанную системы поверхностного водоотвода.

Открытая система состоит из лотков и кюветов, входящих в состав поперечного профиля улиц, водоотводных канав, тальве-

гов, русел малых рек. *Закрытая система* состоит из сети трубопроводов, водоприемных и смотровых колодцев и камер. *Смешанная система* включает в себя элементы закрытой и открытой сети.

В крупных и средних городах нашла применение закрытая основная система водостока. На ранних стадиях развития города используют элементы открытой системы.

Принципиальная схема водосточной сети в городах включает в себя следующие элементы:

- вертикальную планировку территории, обеспечивающую сток поверхностных вод к водоотводящей сети;
- лотки на проезжей части улиц и водоприемные колодцы;
- систему трубопроводов: водосточные ветки и продольные водостоки, прокладываемые по улицам;
- главные водоотводящие коллекторы, трассируемые по направлению тальвегов, преимущественно под улицами;
- городские водоемы, используемые для регулирования паводковых вод (пруды-регуляторы);
- очистные сооружения на устьевых участках водосточной сети [25].

8.2. Элементы водостоков

При проектировании водостоков в населенных пунктах, в первую очередь, устанавливают направление основных водосточных магистралей, совмещая их с пониженными местами – тальвегами. Магистраль закрытого водостока обычно располагают по направлению улиц и параллельно линии застройки. Имеются случаи, когда по условиям рельефа водосток прокладывают через территорию квартала. Водоотводные устройства на прилегающих территориях проектируют с учетом сброса воды в главную магистраль.

Из дождеприемников, располагаемых в лотках, вода по отводным трубам диаметром 300–400 мм поступает в трубу водостока. Водосток каждой улицы через разветвленную сеть при-

8. Конструкции элементов водоотводных систем

мыкающих уличных водостоков присоединяют к магистральному водостоку (коллектору), сбрасывающему сточные воды в реку, тальвег или очистные сооружения.

Заглубление магистрального водостока назначают с таким условием, чтобы к нему можно было подвести боковые водосточные трубы с прилегающих улиц. Уклон труб водостока обычно принимают равным уклону местности и во избежание отложения в них наносов проверяют расчетом. Минимальный продольный уклон труб должен быть таким, чтобы при заполнении водостока на $\frac{1}{3}$ высоты скорость была не менее 0,70 м/с.

Чтобы вода в трубах не замерзала, глубину заложения водостока назначают не менее глубины сезонного промерзания грунта и увеличенной на 0,3 м – при диаметрах труб до 500 мм. При больших диаметрах труб допускается их заглубление на величину глубины промерзания за вычетом 0,5 м [9, 10, 11].

Современное градостроительство осуществляется на местности с самым разнообразным, в том числе и сложным рельефом. Для обеспечения поверхностного водостока рельеф местности территорий приспособливают и преобразуют методами вертикальной планировки. При рациональном решении вопросов вертикальной планировки на городских территориях исключаются замкнутые пониженные места. Уклоны склонов местности находятся в диапазоне от 4 до 50–80 ‰, что обеспечивает самотечный сток воды без размыва поверхности. Сток поверхностных вод не концентрируется в отдельных точках, а равномерно распределяется по длине лотка. Такая планировка обеспечивает благоприятные условия освоения территорий развития района с наименьшими затратами на строительство закрытых элементов водосточной сети.

8.2.1. Лотки

Поверхностные воды собираются в специальные лотки – открытые элементы водосточной сети при любой системе водо-

отвода. Лотки шириной 30–50 см и глубиной 15–20 см укрепляют монолитным или сборным цементобетоном. Они располагаются непосредственно в зеленых зонах или вдоль тротуаров. Чаще всего лотки размещают вдоль бортового камня проезжей части улиц и внутриквартальных проездов (прибордюрные лотки) с целью сбора поверхностных вод с улиц и прилегающих территорий и отвода их в дождеприемные колодцы водосточной сети.

Расстояние между дождеприемными колодцами определяется допустимой длиной свободного пробега воды в уличных лотках. При этом рассчитывают величину максимально возможного наполнения лотка, ширину и глубину потока воды в лотке, не затрудняющего движение транспорта и пешеходов. В зависимости от категории улицы, условий движения транспорта и пешеходов наибольшая ширина прибордюрного лотка принимается в пределах от 0,8 до 2,5 м при глубине околобортового камня до 5–6 см. Расстояние от водораздела до первого дождеприемного колодца может достигать 300 м, а между дождеприемными колодцами, в зависимости от продольного уклона улиц, оно составляет от 50 до 200 м. На магистральных улицах расстояние между колодцами, как правило, не превышает 60 м.

8.2.2. Колодцы дождеприемные

Эти колодцы состоят из рабочей камеры и люка с решеткой. Устанавливают колодцы в лотке проезжей части около бортового камня так, чтобы решетка находилась заподлицо с дорожным покрытием или была ниже его на 2–3 см. При небольшом поверхностном стоке возможно устройство дождеприемных колодцев закрытого типа с вертикальной решеткой, совмещенной с бортовым камнем.

Глубина заложения дождеприемного колодца устанавливается в соответствии с принятой наименьшей глубиной заложения водостоков, но не менее 0,8 м. Для нормальной эксплуа-

8. Конструкции элементов водоотводных систем

тации колодца его высота должна быть такой, чтобы придонный бетонный лоток в колодце находился вне зоны промерзания. Минимальный диаметр круглого колодца составляет 0,7 м. Размер люка с решеткой должно быть не менее 0,4×0,8 м. Колодцы устраивают, в основном, с плавным очертанием дна без прямков для осадка.

Конструкция сборного железобетонного дождеприемного колодца приведена на рис. 24.

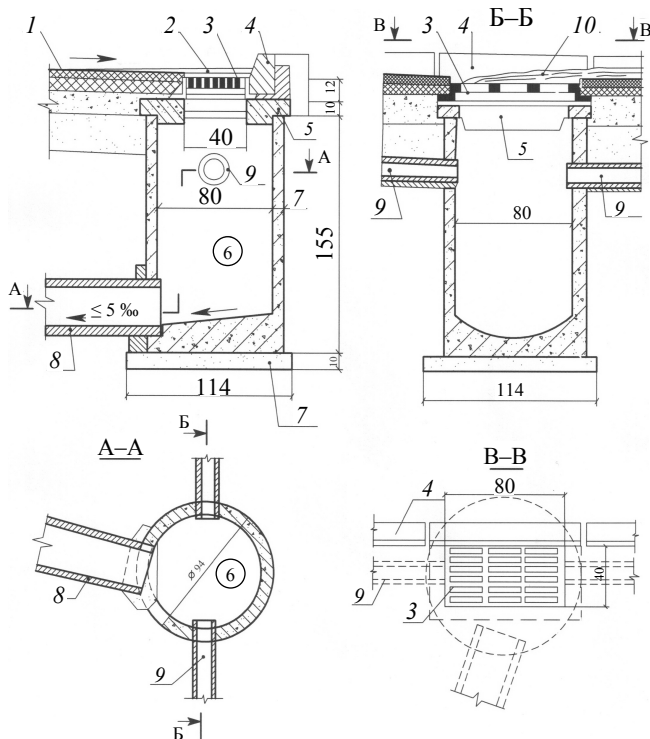


Рис. 24. Сборный железобетонный дождеприемный колодец:
 1 – дорожная одежда; 2 – лоток проезжей части; 3 – водоприемная решетка с люком; 4 – бортовой камень; 5 – плита перекрытия; 6 – рабочая камера с днищем и лотком; 7 – песчаное основание; 8 – водосточная ветка; 9 – дренажные трубы; 10 – поток дождевой воды над решеткой

Дождеприемный колодец представляет собой железобетонный стакан с днищем и плитой перекрытия, чугунным люком и решеткой. В рабочей камере устанавливают боковые отверстия для присоединения труб дорожного дренажа и водосточных веток.

8.2.3. Водосточные ветки, продольный водосток, главные коллекторы

Эти элементы водостоков включаются в закрытую систему трубопроводов с диаметром: от 0,15 до 0,40 м для водосточных веток; от 0,40 до 1,20 (1,50) м – для продольных водостоков и от 1,5 до 3,5 м – для главных коллекторов [11].

Для городских водостоков широко применяют асбестоцементные, пластмассовые и железобетонные трубы.

Данные характеристики труб для городских водостоков приведены в табл. 13.

Таблица 13

Характеристика труб для водостоков

Материал трубы	Внутренний диаметр, мм	Длина, м	Масса, т	Тип стыковых соединений
Асбестоцементные	150–600	3–6	0,06–0,90	на муфтах
Пластмассовые (полиэтиленовые, винилпластовые)	150–1000	6,0–11,5	0,02–1,40	сварные, раструбные, на муфтах
Железобетонные	400–3500	1,8–6,5	1,0–11,5	раструбные, фальцевые

Чертежи круглой железобетонной трубы с раструбными и фальцевыми стыковыми соединениями приведены на рис. 25.

Трубы диаметром более 1 м для удобства монтажа и уменьшения давления на основание изготавливают с плоской подошвой (рис. 26).

Железобетонные трубы изготавливают из бетона класса не ниже В 22,5 с морозостойкостью не ниже F50 и водопогла-

8. Конструкции элементов водоотводных систем

щением не более 6 % по массе бетона. Армируют трубы двухслойными спиральными каркасами из стали В-I или А-III диаметром 6–10 мм [28].

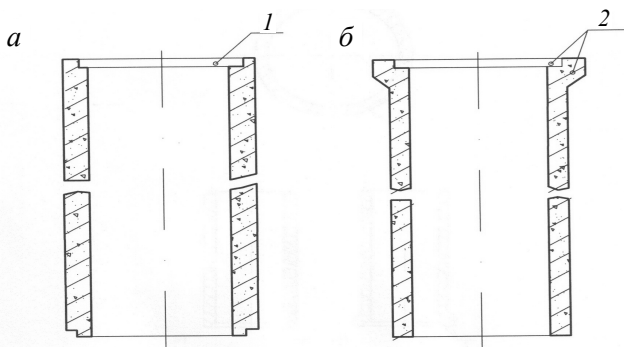


Рис. 25. Железобетонные трубы для водоотков:
а – фальцевые; б – раструбные; 1 – фалец; 2 – раструб

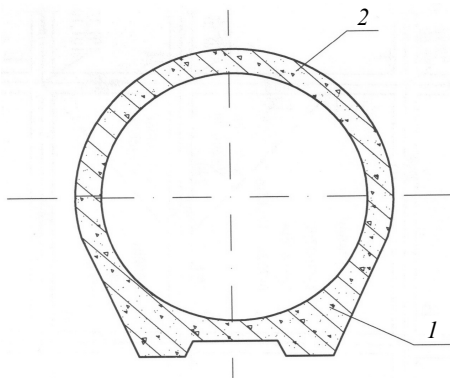


Рис. 26. Железобетонная труба с плоской подошвой:
1 – подошва; 2 – свод

Для водосточных коллекторов сечением 10–20 м² применяют также прямоугольные трубы из сборных железобетонных элементов или объемных секций. При необходимости коллекторы устраивают методом щитовой проходки в виде тоннелей диаметром до 6 м со сборной железобетонной обделкой.

При проектировании систем водоотводящих трубопроводов и коллекторов учитывают, что самотечные трубы можно прокладывать на местности с определенными уклонами, которые определяются допустимыми скоростями протока сточных вод – минимальной и максимальной.

Минимальную скорость, при которой не происходит заиливание трубопровода, называют самоочищающейся скоростью. Она составляет от 0,7 до 1,5 м/с для труб стоков диаметром от 0,2 до 1,5 м и более. Соответствующие наименьшие значения уклонов труб принимают в диапазоне от 5 ‰ – для труб диаметром от 0,20 м, до 0,5 ‰ – для труб диаметром больше 2 м. Водосточные ветки с учетом их частого засорения укладывают с уклоном не менее 20 ‰.

Максимальная скорость (7 м/с) установлена на водосточной сети из условия механической сохранности труб. Соответствующие максимальные уклоны составляют от 30 до 40 ‰ на водосточных ветках, но не превышают 20–30 ‰ на крупных коллекторах.

8.2.4. Колодцы смотровые, поворотные, соединительные, перепадные

Для нормального функционирования и ремонта системы трубопроводов на водосточной сети устраивают колодцы различного назначения: смотровые, поворотные, соединительные, перепадные. Как правило, эти функции могут совмещаться в смотровых колодцах. Конструкция сборного смотрового колодца приведена на рис. 27.

Смотровые колодцы устанавливают в местах [9, 11]:

– присоединения водосточных веток к продольному водостоку (длина ветки не должна превышать 40 м) и продольного водостока к коллектору (см. рис. 23);

– изменения направления, уклона и диаметра трубопроводов, а также на прямых участках в зависимости от диаметра труб с определенным расстоянием (табл. 14).

8. Конструкции элементов водоотводных систем

Рекомендуемые положениями СП.42 [9] и СП.32 [11] значения расстояний между расположениями смежных смотровых колодцев по трассе, в зависимости от диаметра канализационных труб, приведены в табл. 14.

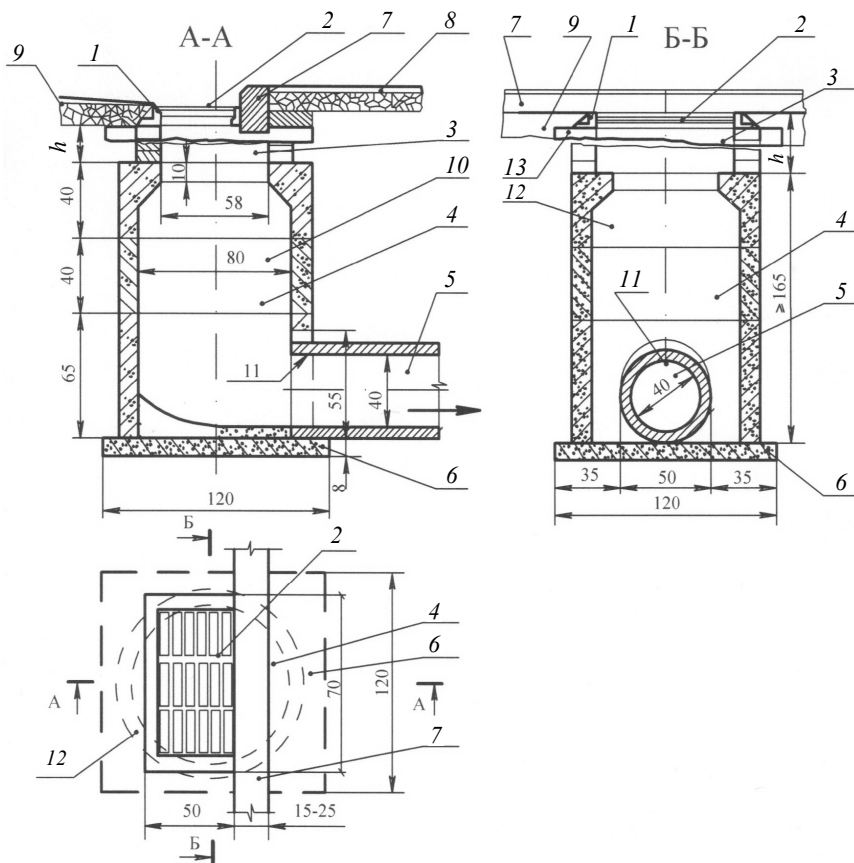


Рис. 27. Сборный смотровой колодец:

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 – щельга; 12 – верхнее кольцо с горловиной (или верхняя плита с люком); 13 – придонный лоток из бетона

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. рис. 27). 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 табл. 15.

Таблица 14

Рекомендуемые расстояния между смотровыми колодцами по трассе водостока в зависимости от диаметра канализационных труб (по СП.32 [11])

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

Таблица 15

Диаметр рабочей камеры смотрового колодца в зависимости от внутреннего диаметра присоединяемой трубы, см

Наименование геометрического элемента колодца	Диаметр труб			
Внутренний диаметр присоединяемых труб	менее 60	70	80–100	120
Внутренний диаметр рабочей камеры колодца	100	125	150	200

Для труб и коллекторов диаметром более 120 см рабочие камеры обычно изготавливают прямоугольными по индивидуальным проектам. Диаметр горловины принимают равным 70 см, а высота горловины зависит от глубины заложения трубопровода.

Водосточные ветки присоединяют к колодцам в пределах высоты рабочей камеры, обычно в щельгу 11 (рис. 27) с продольным водостоком (щельга – верхняя точка внутреннего диаметра трубы). Однако при этом не должно быть перепадов по высоте более чем 75 см. Поэтому на трубопроводах больших диаметров допускается присоединять ветки на уровне средней части продольного водостока.

Смотровой колодец со сборным лотком (рис. 27) может выполнять функцию поворотного колодца с углом поворота 90° . На дне колодца устраивают монолитный бетонный лоток плавного очертания.

На тех участках трассы, где уклоны местности для трубопроводов превышают максимально допустимые значения, на водостоке устраивают перепадные колодцы. Их сооружают также в местах пересечения линий водостока с другими подземными коммуникациями и перед затопленными выпусками в водоемы.

8.2.5. Дождеприемники

По трассе открытого водосборного прибордюрного лотка улиц и площадей, а также во всех понижениях пилообразного профиля лотка через каждые 40–60 м размещаются водоприемные колодцы (дождеприемники).

Дождеприемники, по ГОСТ 8020–90, устраивают, в соответствии с нормами СП и СНиП [11], в местах:

- затяжных участков спусков (подъемов);
- у перекрестков и пешеходных переходов со стороны притока поверхностных вод;
- понижений в конце затяжных участков спуска;
- понижений при пилообразном профиле лотков улиц и площадей;
- улиц, дворовых и парковых территорий, не имеющих естественных стоков поверхностных вод.

В пониженных местах, наряду с дождеприёмниками, имеющими горизонтальные водоприёмные решетки с щелевыми отверстиями, применяют также вертикальные решетки, устраиваемые в одной плоскости со стенкой бордюрного ограждения. Допускается также применение дождеприёмных решеток комбинированного типа – горизонтальных и вертикальных.

На участках с затяжными продольными уклонами применяют дождеприёмники с горизонтальными отверстиями.

В пониженных местах лотков с пилообразным продольным профилем и на участках с постоянным продольным уклоном менее 0,005 дождеприёмники оборудуют малыми прямоугольными решетками, а при уклоне, равном 0,005 и более, – большими прямоугольными решетками.

Расстояние между дождеприёмниками при пилообразном продольном профиле лотка назначают расчетом (см. п. 6.5.3) в зависимости от величины значений продольного уклона и глубины воды в нем.

Длина ветки бокового присоединения от дождеприёмника до смотрового колодца на коллекторе должна быть менее 40 м, при этом допускается установка не более одного промежуточного водоприёмника. Диаметр труб присоединения назначают по расчетному притоку воды к дождеприёмнику. Так, при уклоне 0,020, он должен быть не менее 200 мм.

К дождеприёмникам допускается присоединять водосточные трубы зданий, а также дренажные трубопроводы.

Расстояния между дождеприёмными решётками на участке улиц с продольным уклоном одного направления устанавливают расчетом исходя из условия, что ширина потока в лотке перед решеткой не превышает 2 м. Расчетные расходы дождевых вод, а также гидравлический расчет канализационных сетей определяют по методикам, приведенным в СНиП 2.04.03–85* «Канализация» и СП.32 [11].

Расход ливневых вод может быть определен по упрощенной формуле

$$Q = \varphi q F, \quad (32)$$

где F – площадь бассейна, га; q – интенсивность дождя, л/с на 1 га; φ – коэффициент стока, учитывающий потери.

Продолжительность расчетного дождя принимается равной «времени добегания» [11]. В городских условиях – это время пробега воды по склонам территорий до первого водопримемного колодца, а далее – по подземным трубопроводам. Скорость стекания зависит от расхода воды, поэтому задача расчета стока решается методом последовательных приближений, в соответствии с методикой, приведенной в п. 3.

При высоком стоянии грунтовых вод для осушения земляного полотна улиц и понижения уровня грунтовых вод в городских условиях устраивают дренажи, конструкция и методы расчета которых аналогичны методам, применяемым на дорогах общего пользования [10].

8.2.6. Перепадные колодцы и пруды-регуляторы

На тех участках трассы, где уклоны местности превышают значения максимально допустимых величин уклонов трубопроводов, на водостоке устраивают *перепадные колодцы*. Их сооружают также в местах пересечения водостока с другими подземными коммуникациями и перед затопленными выпусками в водоемы.

На трубопроводах диаметром до 500 мм перепады в колодцах устраивают в виде стояка из металлических труб с водобойной плитой в основании. При диаметре более 500 мм перепады сооружают в виде плавных прямолинейных (высотой до 3 м) или спиральных водосливов, а также в виде шахтных конструкций с водобойным устройством [10].

Пруды-регуляторы. При значительных размерах водосборных бассейнов и больших расчетных расходах сточных вод поверхностный сток регулируют естественными или искус-

ственными прудами-регуляторами. Строительство их позволяет существенно уменьшить поперечное сечение главных коллекторов и снизить их стоимость. На коллекторе устраивают камеру с водосливом, через который в пруд попадает избыток расчетного расхода воды. Остальная вода непосредственно подается по коллектору в водоприемники.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

По подразделу 8.1

1. Назовите основные предназначения водосточной системы в городах.
2. Каким образом отводят поверхностные воды в поселениях?
3. Какая система канализации получила основное применение в России?
4. Перечислите основные элементы водосточной сети (водостоков).

По подразделу 8.2

1. Как на территориях городов располагают основную водосточную магистраль?
2. Как создают в поселениях водосточную сеть?
3. Какие правила по заглублению водостоков выполняют при прокладке водосточной сети?
4. Какие минимальные продольные уклоны применяют при прокладке закрытых водостоков?

По подразделу 8.2.1

1. В каких местах проезжей части улиц размещают водосточные лотки?
2. Как размещают дождеприемные колодцы на водосточной сети города?

8. Конструкции элементов водоотводных систем

По подразделу 8.2.2

1. Перечислите составляющие части дождеприемных колодцев.
2. Опишите конструкцию дождеприемных колодцев.
3. Какие требования предъявляются к месту размещения дождеприемных колодцев на водосточных сетях?

По подразделу 8.2.3

1. Что представляет собой водосточные ветки?
2. Что представляет собой продольный водосток? Где его располагают на водосточных сетях?
3. Что такое главный коллектор на водосточных сетях?
4. Дайте техническую характеристику труб для городских водостоков.
5. Как назначают минимальное значение скорости движения воды в водосточных трубах?

По подразделу 8.2.4 и 8.2.5

1. В каких местах на водосточных сетях устанавливают колодцы смотровые, поворотные, соединительные и перепадные?
2. По какой формуле определяют расстояния между смотровыми колодцами на магистральных канализационных линиях?
3. Как назначают размеры рабочей камеры смотровых колодцев?
4. Какие функции, кроме смотровой, может выполнять дождеприемный колодец?
5. В каких местах водосточных систем располагают дождеприемники?

По подразделу 8.2.6

1. В каких местах дождевых водостоков устанавливают перепадные колодцы?
2. Опишите конструкцию перепадного колодца.
3. Как работают пруды-регуляторы? При каких условиях и режимах их создают?

9. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ВОДОСТОЧНОЙ СЕТИ

Атмосферные осадки являются важнейшим источником пресной воды на Земле. Действия по очистке стоков дождевых вод на территориях поселений, в том числе городских, является важнейшими мероприятиями в природопользовании [28]. Они направлены, кроме защиты территорий от воды, на восполнение запасов, снижение дефицита пресной воды, в первую очередь, в сельскохозяйственном производстве, растениеводстве, рыбном хозяйстве и др. С этой точки зрения, дождевые, ливневые и талые воды на территориях поселений подвергают очистному процессу.

Поверхностные сточные воды современного города загрязнены нефтепродуктами, взвесьями, хлористыми солями и другими веществами. Загрязненность поверхностного стока зависит от воздействия многих факторов: вида стока (дождевые, талые, моечные воды), вида поверхностного покрова, степени загрязненности воздушного бассейна, продолжительности дождя и др. Перечень основных загрязняющих веществ в сточных водах и степень их загрязнения приведены в табл. 16 [26].

Таблица 16

Степень загрязнения сточной воды основными загрязняющими веществами

Основные загрязняющие вещества	Средние значения загрязненности вод, мг/л		
	дождевые воды	талые воды	моечные воды
Взвешенные вещества	500	3000	500
Нефтепродукты	25	30	50
Хлориды	20	300	20
Плавающий мусор	0,1*	0,3*	0,1*

Примечание. *Средние значения загрязненности вод даны в м³/1000 га.

Например, в первые минуты дождя концентрация взвешенных веществ в стоке может превышать 1000–3000 мг/л,
120

9. Очистные сооружения на водосточной сети

и даже до 15000 мг/л, что намного превышает аналогичный показатель в промышленном и бытовом стоках. К концу дождя загрязненность стока обычно уменьшается в десятки раз.

Поверхностные сточные воды не допускается сбрасывать в водоемы без очистки [16]. Однако создание мощной системы очистных сооружений чрезвычайно дорого и трудоемко. Поэтому на очистные сооружения большинства городов отводят только наиболее загрязненную часть поверхностного стока. Расчетные (пиковые) расходы относительно осветленной воды от интенсивных и продолжительных дождей и весенних паводков сбрасывают в водоемы без очистки. Также допускается сбрасывать без очистки воды с территорий городских лесопарков [11].

Очистные сооружения располагают на устьевых участках главных коллекторов отдельно для каждого водосборного бассейна площадью от 50 до 3000 га.

Отработанные промышленные, бытовые и сточные воды подлежат обязательной очистке. Ее осуществляют в очистных сооружениях. Состав и тип таких сооружений выбирают в зависимости от местных условий, характеристики и количества сточных вод, поступающих на очистку, требуемой степени их очистки и метода обработки осадка.

Очистку поверхностных вод с территории городов осуществляют на локальных или групповых очистных сооружениях различного типа [11].

Различают следующие типы сооружений для очистки сточных вод:

- механические;
- биологической очистки;
- насыщения очищенных вод кислородом;
- глубокой очистки;
- физико-химической очистки;
- сооружения для ионообменной очистки вод;
- электрохимической очистки;

– обработки осадка сточных вод.

Сооружения для обработки осадка сточных вод включают в себя дополнительно следующие сооружения:

– уплотнители и сгустители осадка перед обезвоживанием или сбраживанием;

– метантенки;

– аэробные стабилизаторы;

– сооружения для механического обезвоживания осадка;

– иловые площадки;

– обеззараживания, компостирования, термической сушки и сжигания осадка;

– хранения и складирования осадка.

Качество очистки поверхностных и сточных вод сбрасываемых в водоприемники, должны отвечать требованиям СанПиН 2.1.5.980, Водного кодекса РФ и категории водопользования водоема.

Очистные сооружения на дождевой водосточной сети, в отличие от бытовой и промышленной канализации, обеспечивают только механическую очистку сточных вод – улавливают мусор, взвешенные вещества, нефтепродукты. Степень очистки сточных вод должна составлять: для взвешенных веществ (от данных табл. 16) и нефтепродуктов – не менее 80 %, для мусора – 100 %.

Принцип работы очистных сооружений дождевых вод основан на отстое сточных вод – осаждении взвешенных частиц крупностью более $5 \cdot 10^{-2}$ мм, всплывании и удалении нефтепродуктов мельче 10^{-5} мм. Поэтому степень очистки зависит от времени отстоя t и составляет при $t = 2$ ч – 80 % и при $t = 8$ ч – 95 % [26].

Основные расчетные параметры включают в себя: расходы дождевых, талых и моечных вод; степень загрязнения поверхностного стока; требуемая степень очистки. С учетом этих параметров назначают размеры очистных сооружений.

9. Очистные сооружения на водосточной сети

Расчетный расход дождевого стока, направляемого на очистку, определяют при периоде однократного превышения интенсивности предельного дождя, принимаемого в пределах от 0,05 до 0,1 года [11].

Длину очистного сооружения L (м) определяют по формуле

$$L = 1,2 ut \cdot 3600, \quad (33)$$

где u – скорость протекания воды в очистном сооружении, м/с; t – время отстоя, ч.

Пример 13. Скорость протекания, при которой происходит процесс осаждения из воды взвешенных частиц указанной выше крупности, составляет не более 0,01 м/с. Принимая минимальное время отстоя равным 2 ч, получаем длину очистного сооружения, равную около 100 м.

Площадь поперечного сечения очистного сооружения S (м²) определяют по формулам:

$$S = Q_p / u, \quad (34)$$

или

$$S = bh, \quad (35)$$

где Q_p – расчетный расход воды, м³/с; b и h – соответственно, ширина и глубина сооружения, м.

Для ориентировочных расчетов суточный объем поверхностного стока, поступающий на очистные сооружения с территорий жилых и общественно-деловых зон городов, принимается, в зависимости от структурной части территории, в соответствии с данными табл. 17 [11].

Зная расчетный расход сточных вод Q_p и оперируя приведенными здесь формулами, можно определить глубину и ширину сооружения. Для удобства эксплуатации ширину очистных сооружений принимают в пределах 40 м.

Объем осадочной части сооружения зависит от объема осадка и регулярности его очистки. Годовой объем осадка V_o (м³/год) определяют по формуле

$$V_o = C \Xi V_B S_B / 100p, \quad (36)$$

где C – содержание взвешенных частиц в поверхностных сточных водах, %; Ξ – степень очистки сточных вод; p – плотность осадка, принимается в пределах от 1,4 до 1,9 т/м³; V_B – объем воды, поступающей на очистку с 1 га, м³; S_B – площадь водосборного бассейна, га [25].

Таблица 17

Структурный объем поверхностного стока

Структурная часть территории города	Объем поверхностных вод, поступающий на очистку, м ³ /сут, с 1 га территории
Городской градостроительный узел	Более 60
Примагистральные территории	50–60
Межмагистральные территории с размером квартала:	
до 5 га	45–50
от 50 до 10 га	40–45
от 10 до 50 га	35–40

По известной длине и ширине очистного сооружения определяют глубину осадочной части h_{oc} , м. Глубину осадочной части при периодичности очистки сооружения один раз в год определяют по формуле

$$h_{oc} = \frac{V_o}{b \cdot L}, \text{ м.} \quad (37)$$

Очистные сооружения на водосточной сети устраивают преимущественно в виде открытых прудов.

При отсутствии свободной территории и небольшой площади водосбора строят *очистные сооружения закрытого типа*.

Очистное сооружение открытого типа представляет собой пруд-отстойник в устьевой части главного водосточного коллектора.

9. Очистные сооружения на водосточной сети

Схема очистного сооружения открытого типа (пруд-отстойник) приведена на рис. 28 [26].

В коллекторе 1 устраивают камеру с водосливом 2, которая пропускает в отстойник 10 наиболее загрязненную часть поверхностного стока. Когда расход воды в коллекторе превысит пропускную способность отстойника, верхний, более чистый, слой водного потока через водослив сбрасывается в обводной коллектор 12 и без очистки поступает в водоем.

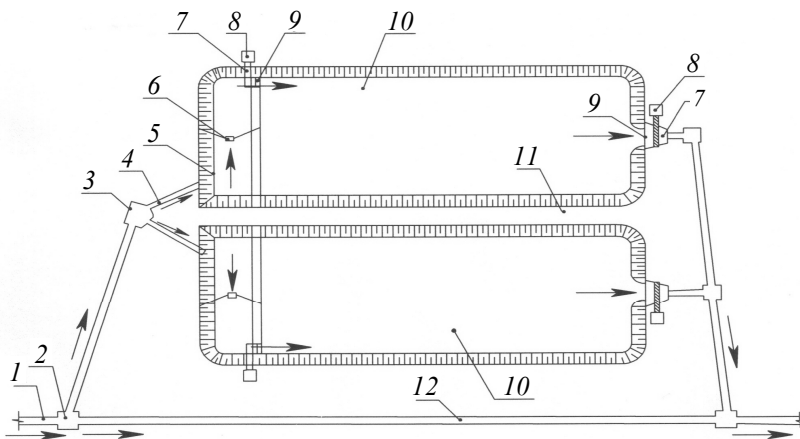


Рис. 28. Схема очистного сооружения открытого типа (пруд-отстойник):

1 – главный водосточный коллектор; 2 – камера с водосливом; 3 – разделительная камера; 4 – подводящий трубопровод; 5 – карман грубой очистки; 6 – мусороулавливающая решетка; 7 – сливной лоток для сбора нефтепродуктов; 8 – камера дополнительного отстаивания нефтепродуктов; 9 – щитовой затвор; 10 – секция отстаивания; 11 – разделительная дамба; 12 – обводной коллектор

Для гидроизоляции пруда от окружающей территории под слоем щебня основания устраивают глиняный экран толщиной 70 см. Дно и стены пруда облицовывают железобетонными плитами толщиной 16 см по щебеночной подготовке.

Пруды-отстойники состоят, преимущественно, из нескольких секций 10 шириной до 40 м, разделенных дамбами 11 для

работы технологических машин. В зависимости от расхода сточных вод секции могут работать поочередно или совместно, что регулируется разделительной камерой 3 на коллекторе.

По подводящему трубопроводу 4 поверхностный сток поступает в карман грубой очистки 5, где решеткой 6 улавливается плавающий мусор, а по сливному лотку 7 отводится часть нефтепродуктов. Затем через щитовой затвор 9 вода попадает в секцию отстаивания, где в течение 2 ч происходит гравитационный процесс осветления воды. На выходе из секции отстаивания 10 повторно собирают нефтепродукты и масла с поверхности воды.

Очистные сооружения закрытого типа представляют собой прямоугольную железобетонную трубу сечением 15–25 м².

Схема очистного сооружения закрытого типа приведена на рис. 29.

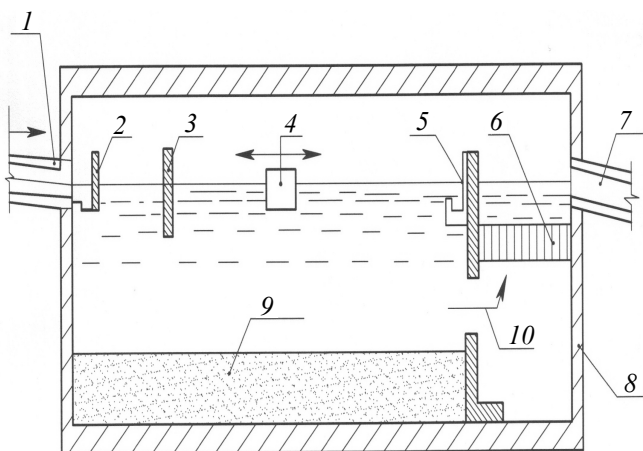


Рис. 29. Схема очистного сооружения закрытого типа (продольный разрез):
1 – подводящий трубопровод; 2 – распределительный лоток; 3 – мусороулавливающая решетка; 4 – понтон для сгона нефтепродуктов; 5 – сливной лоток нефтепродуктов; 6 – фильтр доочистки; 7 – отводящий трубопровод; 8 – корпус очистного сооружения; 9 – осадок; 10 – направление сброса осветлённой воды к фильтрам доочистки

9. Очистные сооружения на водосточной сети

Для интенсификации процесса очистки и сокращения длины сооружений их дополнительно оснащают передвижным понтоном 4 для сгона нефтепродуктов и фильтрами доочистки 6 в виде металлических сетчатых кассет, заполненных материалами с высокой адсорбционной способностью: древесной стружкой, сипроном и визапроном.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

1. Какова роль очистки дождевых вод в поселениях в сфере природопользования?
2. Перечислите наименования основных загрязнителей дождевых вод в городах.
3. Как меняется концентрация взвешенных частиц в стоке дождевой воды по ходу выпадения атмосферных осадков?
4. Перечислите типы очистных сооружений на дождевой водосточной сети.
5. В чем заключается принцип очистки дождевых вод? От чего зависит степень очистки атмосферных стоков?
6. Перечислите основные параметры, по которым назначают размеры очистных сооружений.
7. Как определяют величину годового объема осадка в очистных сооружениях открытого типа?
8. Из скольких секций состоят открытые пруды-отстойники?
9. В чем заключаются особенности очистки сооружений закрытого типа?
10. Назовите основные типы очистных сооружений в водосточных системах.

10. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДСКИХ ВОДОСТОКОВ

Одним из основных принципов организации строительства водостоков является опережающая прокладка подземных коммуникаций [3, 9]. Подземные сети, включая водостоки, должны быть построены до начала дорожных работ и застройки районов.

Городские водостоки сооружают, как правило, открытым – наиболее экономичным способом. Закрытые методы прокладки применяют только в стесненных условиях и при расположении трубопроводов на большой глубине. При строительстве водосточной сети сначала прокладывают главные коллекторы, затем продольные водостоки, к которым присоединяют поперечные ветки с водоприемными колодцами.

Строительство водосточной сети характеризуется вытянутым вдоль трассы фронтом работ и складывается из отдельных последовательно выполняемых операций. Наиболее рациональной организацией строительства является поточный метод [10], в рамках которого предусматривают опережающее производство сосредоточенных работ: строительство очистных сооружений, сложных камер и т. п.

Технология строительства водосточной сети включает следующие основные процессы:

- подготовительные работы;
- разработку траншей;
- устройство оснований под трубы и колодцы;
- монтаж элементов водосточной сети;
- заделку стыков;
- засыпку траншей с уплотнением грунта.

Перед укладкой элементов водосточной сети проверяют соответствие проекту параметров отрытой траншеи (отметки дна, геометрические размеры, надежность крепления стенок) и основания.

10. Особенности строительства городских водостоков

Элементы водосточной сети монтируют, руководствуясь следующими принципами:

– укладку труб продольных водостоков, веток и коллекторов ведут снизу вверх, против направления продольного уклона трассы, по аналогии с разработкой траншеи;

– трубы (раструбные) укладывают раструбами вперед;

– при работе в совмещенной траншее сначала укладывают трубы более глубокого заложения;

– смотровые колодцы монтируют перед укладкой подсединяемых труб водостока [27].

При монтаже самотечных трубопроводов водостока особое внимание обращают на точность укладки звеньев труб по продольному профилю трассы. Правильность вертикальных отметок смотровых колодцев (по лоткам колодцев) проверяют геодезическими измерениями, продольных уклонов и отметок труб (по лоткам) между колодцами – по визиркам, а прямолинейность трубопроводов в плане – по шнуру.

Вопросы и задания для самоконтроля уровня остаточных знаний

1. Назовите основной принцип организации застройки городов.

2. Какими способами строительства прокладывают водостоки в поселениях?

3. Каким способом организации строительства сооружают водостоки?

4. Перечислите основные технологические процессы производства работ при сооружении водосточной сети.

5. Перечислите правила монтажа элементов водосточной сети.

6. Как проверяют точность монтажа звеньев водосточных труб?

Библиографический список

1. *Конституция* Российской Федерации от 12.12.1993 г.
2. *Земельный кодекс* Российской Федерации. – М. : Проспект : КноРус, 2011. – 96 с.
3. *Градостроительный кодекс* Российской Федерации (в ред. 17.07.2009 г. № 164-ФЗ.) [Электронный ресурс] : [Официальный сайт компании «Консультант Плюс»]. – Условия доступа: <http://www.consultant.ru/popular/gskrf/>.
4. *Постановление Правительства* Российской Федерации от 19 января 2006 г. № 20 «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства» (с изменениями на 22 апреля 2009 г. в ред. от 04.05.2009).
5. *Постановление Правительства* Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». Собрание Законодательства РФ, № 21, 25.05.2009 (в ред. 18.05.2009).
6. *Постановление Правительства* Российской Федерации № 145 от 5 марта 2007 г. «О порядке организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» (с изменениями на 29 декабря 2007 г.).
7. *Постановление Правительства* Российской Федерации № 717 от 2 сентября 2009 г. «О нормах отвода земель для размещения дорог и (или) объектов дорожного сервиса». – М., 2009.
8. *Положение* о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 18 мая 2009 г.
9. *СП 42.13330.2011*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*. – М. : ОАО ЦПП, 2011.
10. *СНиП 2.05.02–85**. Автомобильные дороги. – М. : Госстрой России; ГУП ЦПП, с изм., 2004.
11. *СП 32.13330.2012*. «Канализация. Наружные сети и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85. – М. : Минрегион России, 2012.

Библиографический список

12. *СНиП 23–01–99**. Строительная климатология. – М. : Госстрой России; ГУП ЦПП, 2003.
13. *СанПиН 2.1.5.980–00*. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000.
14. *СН 496–77*. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод. – М. : Стройиздат, 1978.
15. *Рекомендации по проектированию* улиц и дорог городских и сельских поселений, составленные к главе СНиП 2.07.01–89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – ЦНИИТП по Градостроительству Минстроя России. – М., 1992 г. – 88 с.
16. *Правила охраны поверхностных вод* от загрязнения сточными водами*. Утв. Минвозхозом СССР, Главным государственным санитарным врачом СССР, Минрыбхозом СССР 16.05.1974 № 1166-74) (Извлечение). Текст документа с изменениями и дополнениями по состоянию на 12 октября 2006 г. (архив).
17. *ГОСТ 6665–91*. Камни бетонные и железобетонные бортовые. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1991.
18. *ГОСТ 6666–81**. Камни бортовые из горных пород. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1986.
19. *ГОСТ 3634–99*. Люки смотровых колодцев и дождеприемных ливнесточных колодцев. Технические условия. – М. : ГУП ЦПП, 2000.
20. *ГОСТ 8020–90*. Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопропускных и газопроводных сетей. Технические условия. – М. : ЦИТП, 1990.
21. *ГОСТ 17.1.3.13–86*. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2000.
22. *Инженерное благоустройство городских территорий* / В.Э. Бакутис [и др.]. – М. : Стройиздат, 1985. – 386 с.

23. Куликов, Б.С. Инженерное обустройство территорий: учебное пособие / Б.С. Куликов. – Новосибирск : СГГА, 1998. – 96 с.

24. Базавлук, В.А. Состав и содержание разделов проектной и предпроектной документации на линейные объекты инфраструктуры поселений: учебное пособие / В.А. Базавлук. – Томск : ТГАСУ, 2010. – 50 с.

25. Базавлук, В.А. Основы природопользования: учебное пособие / В.А. Базавлук, С.П. Кулижский. – Томск : Изд-во «Печатная мауфактура», 2010. – 200 с.

26. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов : в 2 ч. – Ч. 2. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М., 1987. – 415 с.

27. Тулаев, А.Я. Строительство улиц и городских дорог: учебник для вузов : в 2 ч. – Ч. 1. Сооружение земляного полотна / А.Я. Тулаев, А.А. Авсеенко, Я.С. Малицкий; под ред. А.Я. Тулаева. – М. : Стройиздат, 1987. – 480 с.

28. Киморина, Р.И. Дренажи в инженерной подготовке и благоустройстве территорий / Р.И. Киморина. – М. : АСВ; СПб. : ГАС, 2002. – 2 с.

Интернет-ресурсы

- <http://www.garant.ru> (Законодательство РФ, Кодексы, законы, приказы и др. документы);
- <http://www.consultant.ru> (Законодательство РФ, Кодексы, законы, приказы и др. документы);
- <http://www.guz.ru> (Электронная библиотека ГУЗа);
- <http://www.tsuab.ru> (Электронная библиотека ТГАСУ);
- <http://www.goscadastre.ru> (Сайт некоммерческого партнерства «Кадастровые инженеры»);
- <http://www.ru> (Геоинформационный портал);
- <http://www.economy.gov.ru> (Министерство экономического развития РФ).

**Нормы санитарно-защитных зон сооружений очистки воды от загрязнений (по данным табл. 1 СНиП 2.04.03–85*.
Канализация. Наружные сети и сооружения)**

Сооружения	Санитарно-защитная зона, м, при расчетной производительности сооружений, тыс. м ³ /сут			
	до 0,2	св. 0,2 до 5	св. 5 до 50	св. 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой осадков в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	–
Земледельческие поля орошения	150	200	400	–
Биологические пруды	200	200	300	300
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	–	–	–
Насосные станции	15	20	20	30

Примечания:

1. Санитарно-защитные зоны канализационных сооружений производительностью свыше 280 тыс. м³/сут, а также при отступлении от принятой технологии очистки сточных вод и обработки осадка устанавливаются по согласованию с главным санитарно-эпидемиологическими управлениями министерств здравоохранения.

2. Санитарно-защитные зоны, указанные в настоящем Приложении 1, допускаются увеличивать, но не более чем в два раза в случае расположения жилой застройки с подветренной стороны по отношению к очистным сооружениям или уменьшать не более чем на 25 % при наличии благоприятной розы ветров.

3. При отсутствии иловых площадок на территории очистных сооружений производительностью свыше 0,2 тыс. м³/сут размер зоны следует сокращать на 30 %.

4. Санитарно-защитную зону для полей фильтрации площадью до 0,5 га располагают на расстоянии не менее 100 м от сооружений механической и биологической очистки на биофильтрах производительностью до 50 м³/сут.

**Климатическое районирование территорий России
(по данным СНиП 23-01-99* Строительная климатология. –
М. Госстрой ГУП ЦПП 2003)**

Климатический район	Климатический подрайон	Среднемесячная температура воздуха в январе, °С	Средняя скорость ветра за три зимних месяца, м/с	Среднемесячная температура воздуха в июле, °С	Среднемесячная относительная влажность воздуха в июле, %
I	IA	от –32 и ниже	–	от +4 до +19	–
	IB	от –28 и ниже	5 и более	от 0 до +13	более 75
	IV	от –14 до –28	–	от +2 до +21	–
	II	от –14 до –08	5 и более	от 0 до +14	более 75
II	IIA	от –14 до –32	–	от +10 до +20	–
	IIA	от –1 до –14	5 и более	от +8 до +12	более 75
	IIБ	от –3 до –5	5 и более	от +12 до +21	более 75
	IIВ	от –4 до –14	–	от +12 до +21	–
III	IIIГ	от –5 до –14	5 и более	от +12 до +21	более 75
	IIIА	от –14 до –20	–	от +21 до +25	более 75
	IIIБ	от –5 до +2	–	от +21 до +25	–
IV	IIIВ	от –5 до –14	–	от +21 до +25	–
	IVА	от –10 до +2	–	от +28 и выше	–
	IVБ	от +2 до +6	–	от +22 до +28	50
	IVВ	от 0 до +2	–	от +25 до +28	–
	IVГ	от –15 до +2	–	от +25 до +28	–

Примечания:

1. Климатический подрайон IД характеризуется продолжительностью холодного периода года (со средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С) 190 дней в году и более.

2. Климатическое районирование разработано на основе комплексного сочетания средней месячной температуры воздуха в январе и июле, средней скорости ветра за три зимних месяца, средней месячной относительной влажности воздуха в июле.

**Перечень примеров решения задач
при проектировании элементов дождевых водостоков**

Наименование примера в разд. 6	Страница
1. Пример назначения крутизны склона и уклона рельефа и сооружений	63
2. Пример определения высотной отметки точки методом интерполяции горизонталей	65
3. Пример последовательности разработки схемы вертикальной планировки территории жилого квартала	71
4. Пример определения положения точек нулевых работ на плане сетки квадратов	74
5. Пример последовательности расчета объемов земляных работ в сетке квадратов их баланса (дисбаланса)	78
6. Пример определения объемов насыпей и выемок, баланса и дисбаланса объемов земляных работ с использованием сетки квадратов на плане вертикальной планировки	80
7. Пример расчета сдвига проектных горизонталей на плане улицы	86
8. Пример определения расстояния между проектными горизонталями и выбора масштаба плана чертежа	87
9. Пример градирования проектных горизонталей	88
10. Примеры вариантов вертикальной планировки перекрестков	89
11. Пример расчета расстояния между дождеприемниками при нулевом продольном уклоне улицы ($i = 0,000$)	97
12. Пример расчета расстояния между дождеприемниками при продольном уклоне улицы ($i = 0,004$)	99
13. Пример расчета геометрических размеров очистных сооружений для дождевых вод (в разд. 9)	125

Учебное издание

Владимир Алексеевич Базавлук

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ.
ДОЖДЕВЫЕ ВОДОСТОКИ**

Редактор М.В. Пересторонина
Технический редактор А.С. Шестакова
Компьютерный набор Е.В. Предко

На обложке фотография двухуровневой Пушкинской развязки
в г. Томске (tomsk.bezformata.ru)

Подписано в печать 15.11.12.
Формат 60×84 /16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 7,91. Уч-изд.л. 7,16. Тираж 200 экз. Заказ № 495.

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.