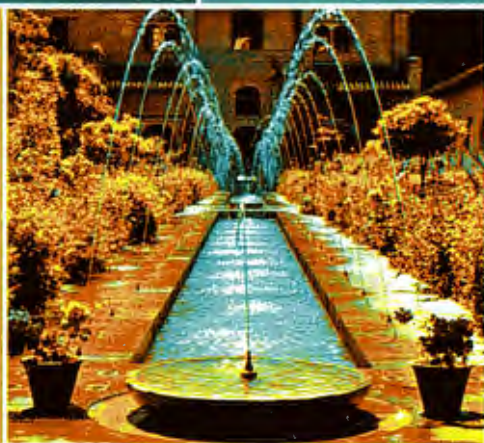


Высшее профессиональное образование

Е. Д. Сабо
В. С. Теодоронский
А. А. Золотаревский

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Учебник



Ландшафтное
строительство

Е. Д. САБО, В. С. ТЕОДОРОНСКИЙ, А. А. ЗОЛОТАРЕВСКИЙ

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УЧЕБНИК

Под редакцией Е. Д. САБО

*Допущено
Учебно-методическим объединением
по образованию в области лесного дела
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 250203 «Садово-парковое и ландшафтное
строительство» направления подготовки 250200
дипломированных специалистов «Лесное хозяйство и ландшафтное
строительство»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2008

УДК 7.047(075.8)

ББК 26.82я73

С12

Авторы:

Е.Д. Сабо (введение, гл. 4 — 10, 14, приложение); *В.С. Теодоронский* (гл. 1 — 3);
А.А. Золотаревский (гл. 11 — 13, 15)

Рецензенты:

Генеральный директор ГУП «Мосэзеленхоз» *В.Г. Воскобойников*;
зав. кафедрой общей и промышленной экологии МГУ природообустройства,
д-р техн. наук, проф. *Б.Ф. Никитенков*

Сабо Е.Д.

С12 Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е.Д. Сабо, В.С. Теодоронский, А.А. Золотаревский ; под ред. Е.Д. Сабо. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 336 с.

ISBN 978-5-7695-4318-0

Рассмотрена роль воды в природных и антропогенных ландшафтах. Описаны способы корректировки водного режима почв в условиях избыточного и недостаточного увлажнения, различные гидротехнические и гидромелиоративные сооружения, оптимальные способы организации и механизации строительных работ.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть полезен специалистам в области садово-паркового строительства.

УДК 7.047(075.8)

ББК 26.82я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Сабо Е.Д., Теодоронский В.С., Золотаревский А.А., 2008

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-4318-0

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь человечества с древнейших времен неразрывно связана с водой. Вода давала человеку питье и еду, морепродукты, обеспечивала транспортные пути, служила местом отдыха и развлечений. Почти все города и другие населенные пункты располагались по берегам рек и озер, морей и океанов. По мере перехода к оседлому образу жизни, перехода от охоты и собирательства к скотоводству и земледелию стали выявляться недостатки натурального природопользования, связанные с водным режимом почв.

Следующим этапом стало улучшение (мелиорация) природных почв, которые при недостатке влаги приходилось увлажнять, а при избытке — осушать.

Все это постепенно приводило к увеличению достатка людей, а вследствие этого — к стремлению сделать жизнь более разнообразной и красивой. Усложнялась архитектура зданий и участков застроек; появились водопровод в качестве источника водоснабжения, искусственные каналы как транспортные пути в дополнение к естественным, бассейны, фонтаны, малые архитектурные формы, напрямую связанные с водой. Из-за возросших требований человека к комфорту и красоте постепенно происходило антропогенное изменение ландшафтов. Имея такое начало, все последующее развитие ландшафта, как правило, было неразрывно связано с тем или иным использованием воды на благо человека (включая водную энергетику) при одновременной защите своей жизни и имущества от стихийных разрушительных сил природы (наводнений, воздействий волн на береговые территории, подтоплений и затоплений подземных частей строений и др.). Не следует забывать и о том, что вода — один из важнейших элементов биосферы.

Один из основоположников учения о биосфере, великий русский ученый В. И. Вернадский* писал: «Человечество как живое вещество неразрывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки земли — с ее биосферой. Оно не может быть от нее независимым ни на одну минуту».

* *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. — М. : Наука, 1989. — 261 с.

Многие исследователи отмечают, что система «человек — окружающая среда» стала настолько сложной и все внутренние и внешние связи так многообразны, что локальные непрогнозируемые воздействия на эту систему могут привести к совершенно непредсказуемым результатам.

Это необходимо помнить всегда, когда дело касается гидромелиорации (т. е. улучшения условий с помощью изменения водного режима и процессов, связанных с водой) вообще и гидромелиорации ландшафта в частности.

Основное применение гидромелиорация получила в сельском хозяйстве (по некоторым сведениям — около 8... 10 тыс. лет назад), а затем — в лесном хозяйстве. Гидромелиорация ландшафта как элемент практического использования, возможно, имеет не менее древнюю историю, но как наука стала формироваться только в последние десятилетия XX в.

Область применения гидромелиорации ландшафта обширна как в новом строительстве, так и при реставрации памятников истории, культуры, архитектуры, а также при восстановлении церквей и монастырей, многие из которых имели и имеют сегодня такие фрагменты ландшафта, как реки, ручьи, водоемы различного происхождения, родники с обычной или целебной водой и т. д.

С точки зрения современного использования можно смело утверждать, что почти в любой зоне естественного увлажнения создать высококачественный газон без дренажа тяжелых или заторфованных почв, без полива в засушливые периоды вегетации, а также без промывки засоленных почв в ряде южных районов практически невозможно. То же самое относится и к другим видам ландшафтного строительства.

При проведении работ по гидромелиорации ландшафта необходимо помнить, что часто водные мелиорации бывают наиболее эффективными в сочетании с другими видами мелиорации: лесомелиорацией, фитомелиорацией, агромелиорацией и др.

Одновременно необходимо учитывать как динамический характер природных процессов, так и динамику взглядов на ландшафтную архитектуру, которая изменяется в соответствии с общим изменением стиля архитектуры и образа жизни различных категорий людей.

Для большинства природных климатических процессов, особенно связанных с водой, характерна цикличность.

Колебания климатических параметров бывают различной продолжительности. По длительности они подразделяются на внутривековые, вековые и многовековые. Например, широко известны 11- и 80—90-летние циклы солнечной активности, оказывающие как непосредственное влияние на живые организмы, так и опосредствованное влияние через количество осадков,

температуру воздуха и почвы, дефицит влажности и другие показатели.

Длительные циклы, связанные как с космическими, так и с геотектоническими процессами, могут сильно влиять на жизнь человечества как путем постепенного изменения основных экологических факторов, так и путем кратковременных ударных воздействий, обычно называемых локальными или глобальными катастрофами.

Если воздействие кратковременных и средних циклов более или менее известно, то на долговременные циклы стали обращать более пристальное внимание только в последние десятилетия, особенно в связи с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду.

Вопросами долговременных изменений природных процессов занимается целый ряд крупнейших институтов. Так, по данным ИРСС (специального отчета межправительственной группы экспертов по изменению климата) за 2001 г. среднегодовая температура воздуха на земле в течение XX в. выросла на $0,9^{\circ}\text{C}$ и больше всего в районе полюсов.

Начиная с 1960 г. путем прямых измерений зафиксировано уменьшение снежного и ледникового покрова на 10 %, а количество осадков в северном полушарии увеличилось на 5... 10 %. В то же время уровень мирового океана только за XX в. поднялся на 0,1... 0,2 м.

Концентрация углекислого газа в атмосфере земли за период с 1750 по 2000 г. увеличилась на 31 % и достигла максимального уровня за последние 20 тыс. лет. За этот же период концентрация атмосферного метана выросла на 151 % и считается максимальной за последние 420 тыс. лет. В то же время концентрация закиси азота (N_2O) в атмосфере выросла с 1750 г. на 17 % и является максимальной за последние 1 000 лет.

Произошедшие и дальнейшие изменения не могут не оказывать влияния как на жизнь человечества в целом, так и на ландшафтное строительство в частности.

В данном учебнике основное внимание уделено вопросам, которые в известных курсах гидротехнических мелиорации или отсутствуют, или изложены под другим углом зрения.

Последовательность изложения материала базируется не на видах мероприятий, а на особенностях природных процессов и явлений, которые рассматриваются с экосистемных позиций. При этом к конкретному процессу подходят как с позиций использования его для блага человека, так и с позиций защиты от него в случае проявления агрессивных и разрушительных тенденций.

В данном учебнике сознательно не рассматриваются такие базовые дисциплины, связанные с водой, как метеорология, гид-

рология, гидрометрия, гидравлика и гидрогеология, сведения о которых при необходимости можно получить в многочисленных изданиях по этим направлениям.

Термины и условные обозначения, принятые в тексте, максимально унифицированы с действующими ГОСТами, СНиПами, инструкциями, а также с учебниками и учебными пособиями, опубликованными в течение последнего десятилетия.

Авторы выражают свою благодарность доценту кафедры почвоведения В. Н. Карминову, ведущему инженеру кафедры садово-паркового строительства В. В. Трушкиной, а также другим сотрудникам Московского государственного университета леса за помощь в работе.

РАЗДЕЛ I

ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ НА ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Глава 1

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ РОЛЬ ВОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Строительство искусственных водоемов уходит в глубь веков истории. В древности водоемы строились для хозяйственного использования.

С развитием общества, его культуры и искусства водоемы стали играть и художественно-эстетическую роль.

Искусственные водоемы известны в Древнем Китае, Индии, Египте, Ассирии, Древнем Риме, Испании.

В странах с жарким сухим климатом значение водоемов было особенно велико. Водные сооружения достигли совершенства в Индии. Бассейны с их простыми геометрическими очертаниями украшали пейзажи садов и содержали необходимый запас воды в период отсутствия дождей.

В *Древнем Китае* вода была обязательным элементом любого сада. В садах и парках при создании искусственных холмов устраивали водоемы, в основном неправильной формы. Создавалась система разветвленных водоемов и крупных озер. Это служило основным мотивом планировки китайского сада.

В *Японии* сад не был предназначен только для прогулок, а служил для созерцания пейзажей с определенной точки наблюдения.

Недостаток земли и характер отдыха оказали влияние на приемы замкнутой композиции японского сада. В японском саду («озеро», «остров») вода использовалась как подчеркивающий элемент созерцательного микроландшафта, выявляющего его природную красоту. Озеро, пруд, ручей или водопад отличались разнообразными изгибами берегов, что усиливало масштаб восприятия сада.

В *странах Европы* в средние века в связи с развитием садоводства водоемы строились как чисто утилитарные на угодьях сеньо-

ров и крестьян. При монастырях устраивались аптекарские огороды с небольшими водоемами. Вокруг замков устраивались рвы, наполненные водой.

В *Испании* арабами были построены дворцовые ансамбли Альгамбра и Генералиф в Гранаде, в которых до настоящего времени большой известностью пользуются гидротехнические устройства в виде миниатюрных декоративных водоемов, каскадов, водопадов.

Смена различных стилей в искусстве и архитектуре приводила к изменению направлений в садово-парковом искусстве, в частности в использовании форм водоемов в садах.

В *Италии* в эпоху Ренессанса и Барокко в садах при виллах водные устройства приобрели большое художественное значение в композиции и планировке. Широкое распространение получили спокойные водные поверхности геометрической формы в сочетании с водопадами, каскадами, фонтанами. Главные композиционные оси садов вилл Д'Эсте, Ланте, Казерта были богато и с большим искусством образованы водными устройствами.

Во *Франции* в XVII в. в период классицизма устройство декоративных водных элементов в парках достигает максимального развития. Каналы с пластичным очертанием берегов и бассейны трактуются как главные паркообразующие элементы (парки Во-ле-Виконт, Трианон, Марли). Версальские сады и парки с каналами, бассейнами и фонтанами, созданными выдающимся садовником и планировщиком Ленотром, являются грандиозным произведением на тему использования воды в садово-парковом искусстве, своеобразной энциклопедией гидротехнических устройств. Сады и парки Версаля создавались на низменной болотистой местности, и система каналов сыграла существенную не только высоко художественную, но мелиоративную роль в осушении территории.

В *России* в усадебных парках широко строились водоемы для различных целей, прежде всего — для хозяйственных, для разведения рыбы, водоплавающей птицы, для установки водяных мельниц. Кроме того, водоемы служили источником воды для тушения пожара. Водоемы размещались вблизи самой усадьбы или на территории плодового сада и огорода. В богатых поместьях хозяйственные водоемы постепенно приобретали декоративное значение.

Своеобразие русского ландшафта — равнинная территория, пересеченная оврагами, небольшими речками и ручьями, — удачно использовалась русскими паркостроителями. Для создания водоемов в русле ручья, оврага или балки сооружалась запруда. Береговые откосы земляной плотины укреплялись дерном или диким камнем. С напорной стороны возводилась подпорная стенка из тесаного камня. При минимальных затратах и сравнительно не-

больших водных источниках удавалось создавать водоемы больших размеров. Водоемы в усадебных парках XVIII — XIX вв. имели вид естественных водоемов и органично вписывались в окружающий ландшафт, обогащая его.

В XVIII в. с развитием промышленности, науки, искусства и архитектуры наступает расцвет русского садово-паркового искусства. Образцами считаются заложенные еще Петром I сады в Санкт-Петербурге и парки с водными системами-каналами и водоемами геометрической формы в Петергофе и Стрельне. В начале XIX в. в садово-парковом искусстве в парках происходит изменение размеров и форм водоемов. Появляются системы живописных озер с островами, протоками и ручьями, которые усиливают эффект композиции, придают глубину перспективы. Большие размеры водоемов позволяют использовать их для катания на лодках, устраивать по берегам прогулочные маршруты.

Возникновение пейзажных парков в Европе в конце XVIII в. (в *Великобритании* — парки Ричмонд, Стоу, Кью, во *Франции* — парки Эрменонвиль, Монсо) привело к устройству водоемов, искусственных озер с живописным очертанием береговой линии, с раскрытием видов и панорам на архитектурные сооружения, массивы и куртины деревьев и кустарников, луга и т. д.

В *Великобритании* теоретиками и создателями пейзажных парков были Ч. Бриджман (парк Ричмонд), У. Кент и Л. Браун (парк Стоу), У. Чемберс (парк Кью).

Во *Франции* создателем парка Эрменонвиль явился Рене-Луи Жирарден, парка Монсо в Париже — Кармотел.

В *ФРГ* известен своим искусно созданным ландшафтом парк Мускау, в котором река с протоками и пруды являются основным элементом композиции парка. Парк был создан в период 1815 — 1845 гг. паркостроителем Г. Пюклером Мускау.

В *России* создаются всемирно известные дворцовые парки Павловск, Ораниенбаум, Екатерининский, Гатчинский. В ландшафте каждого из них водоемы играют главенствующую роль, их искусное устройство отличается большим своеобразием.

Русские паркостроители умело использовали природные условия местности: рельеф, растительность, особенности климата. Использовались также национальные традиции. Водные пространства в виде прудов, озер, каскадов, водопадов играли главенствующую роль в усадебных парках Царицыно, Ольгово, Суханово, Марфино, Горенки, Кузьминки.

В *Украине* созданы шедевры садово-паркового искусства, такие как Софиевка, Тростянец, Веселые Боковеньки, Качановка. Особенностью этих самобытных парковых ансамблей было сочетание различных водных устройств с растительностью и архитектурой построек. Эта черта стала характерной для всего последующего русского паркостроения. Водные устройства в русских пар-

ках XVIII — XIX вв. стали большим подспорьем для создания водоемов в современных парках XX в.

В городах *США* в XIX в. создаются системы городских парков, основными композиционными элементами которых являются водоемы, озера, протоки (Чикаго, Питсбург, Вашингтон).

В *Голландии* в XX в. среди крупных европейских парков заслуживает внимания парк в Амстердаме («Бос парк»). Он был заложен в 1934 г. в районе полей по проекту архитектора-паркостроителя Ван-Эстерена. На большой территории был вырыт канал для состязаний по академической гребле длиной 220 м и шириной 65 м и создано большое озеро. Вырытая земля использовалась для насыпки холмов и гряд, создания искусственного рельефа и организации посадок деревьев и кустарников методом лесных культур с последующим их формированием в живописные куртины, массивы, группы. Среди насаждений были проложены дороги различного назначения: тропинки для пешеходов, дорожки для велосипедистов и верховой езды, дороги для автомобильных прогулок. На открытых местах были устроены площадки для различных видов спорта, специальные детские площадки, лужайки для игр и свободного отдыха. По берегам озера выделены участки для приема солнечных ванн, рыбной ловли и т.д. Было создано крупное водное пространство, так называемое Новое море, которое предоставлено любителям водного спорта для катания на яхтах, скутерах и др. Строительство парка основывалось на современных принципах ландшафтной планировки с максимальным использованием водного пространства, что позволило организовать разнообразные виды отдыха на лоне природы.

В зарубежной, а также в отечественной практике в XX в. сложилось строительство частновладельческих садов с небольшими искусственными бассейнами. Независимо от размера садов к их строительству привлекаются ландшафтные архитекторы, которые на небольшом участке стремятся создать выразительную ландшафтно-планировочную композицию. Приемы устройства водных элементов, применяемые в частных садах, рассчитаны на индивидуальное пользование садом и не всегда приемлемы для крупных парков, рассчитанных на большое число посетителей.

Во многих городах России многие городские парки и сады расположены по берегам рек, водохранилищ, водоемов и связаны с ними в единую систему, что способствует созданию разнообразных художественных композиций.

Так, в Москве насчитывается более 200 водоемов общей площадью водного зеркала более 220 га. В парках Москвы имеются значительные по размеру водоемы, такие как Виноградно-Серебряный на р. Серебрянка (площадью 19 га), Черкизовский пруд на р. Сосенка (площадью 12 га), Большой академический пруд на р. Жабинка (площадью 19 га) и др.

Одной из важнейших задач благоустройства территории парка является приведение водоемов в порядок: расчистка, укрепление берегов, предохранение от заиления и загрязнения сточными водами. Так, реконструированы и благоустроены Тестовские пруды, пруд в парке садово-паркового искусства «Студенец», пруд у Новодевичьего монастыря, пруд в Центральном парке культуры и отдыха им. Горького, пруд у Купального домика в Нескучном саду. Большой интерес представляют Путяевские пруды в парке Сокольники, где восстановлена старая система Оленьих прудов с каскадом из девяти водоемов и прокладкой прогулочных маршрутов.

В Измайловском лесопарке восстановлены плотины на р. Серебрянке, пруды расчищены от заиления, водорослей и т. д. Создан большой водоем площадью 110 га. Интерес с точки зрения планировки и композиции представляет система водоемов в фестивальной парке «Дружба». Парк Северного речного вокзала связан с каналом Москва — Волга, с речным портом.

В середине XX в. была организована зона отдыха и спорта на западе Москвы, включающая в себя территории Хорошевского и Серебряного бора площадью 334 га, пойму Москвы-реки у с. Строгино площадью 350 га, Татарово-Крылатскую пойму площадью 750 га. Активное освоение этих территорий было осуществлено параллельно со строительством водоемов, благоустройством береговой полосы и созданием пляжей.

В середине XX в. в Ленинграде созданы искусственные водоемы в Московском и Приморском парках Победы.

В *Минске (Беларусь)* создано Комсомольское озеро, водохранилища и каналы по р. Свислочь, образующие систему обводнения города.

Водоемы пронизывают структуру города и в сочетании с зелеными насаждениями образуют своеобразные объекты озеленения как общегородского, так и районного значения. При создании системы озеленения Минска большая роль отводилась обводнению территории города. С этой целью была проведена реконструкция р. Свислочь путем регулирования русла, благоустройства и озеленения берегов. В верховьях реки создано Заславское водохранилище площадью водного зеркала 3 500 га. Это позволило ликвидировать паводки в низменных районах, обеспечить водоснабжение промышленных предприятий и в целом оздоровить окружающую среду. В целях развития обводнения города была развита Вилейско-Минская водная система. В черте города создано Дроздовское водохранилище, вошедшее в структуру центрального городского парка (рис. 1.1).

Работы по строительству водоемов велись в городах степных и лесостепных районов с сухим и жарким климатом. На территории Воронежской обл. в ряде районов построено более 100 водоемов.

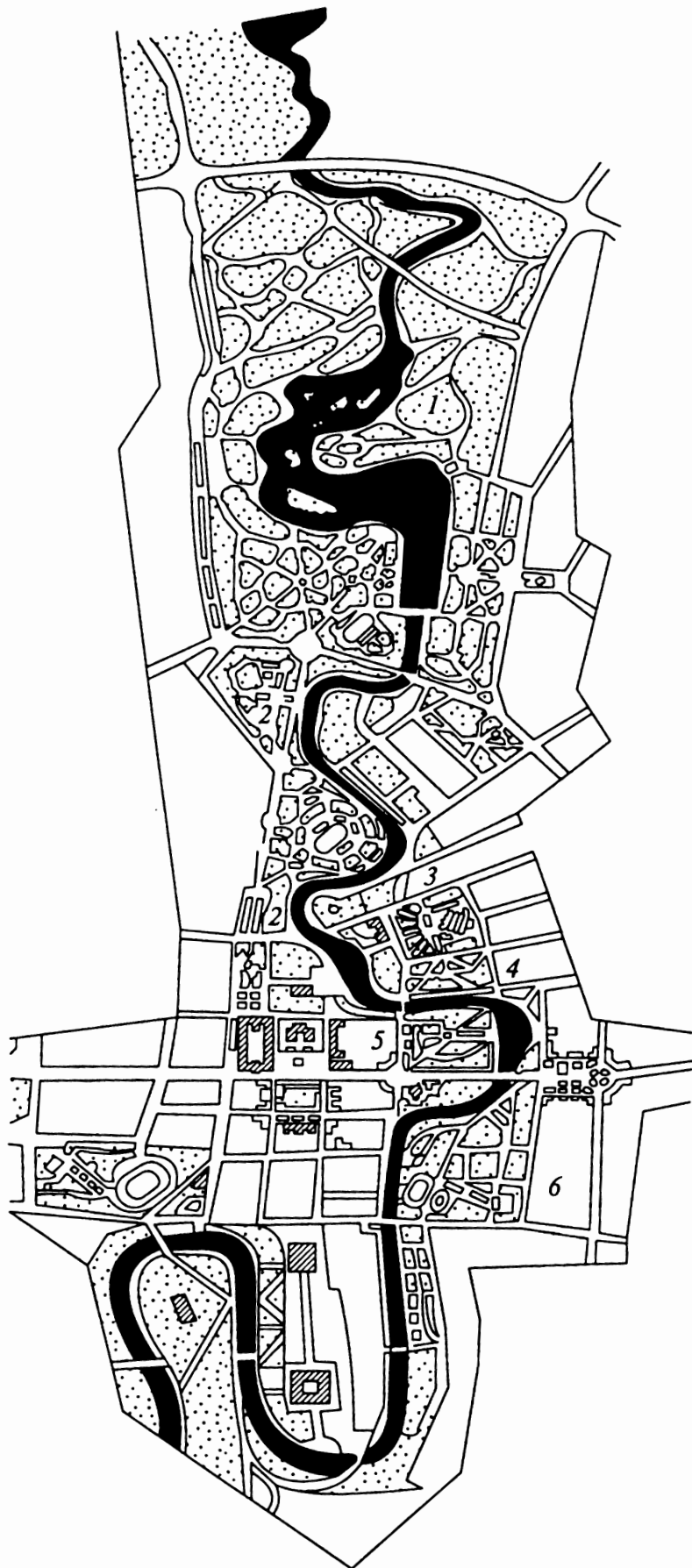


Рис. 1.1. Водно-парковая система (парки неразрывно связаны с р. Свислоч) центра Минска (Беларусь):

1 — парк Победы; 2 — спортивный парк; 3 — парк у театра оперы и балета; 4 — парк им. Марата Казея; 5 — парк им. Янки Купалы; 6 — Центральный детский парк



Так, в Таловском районе насчитывается уже более 220 прудов общей площадью до 1 000 га. Увеличение числа прудов и водоемов на землях сельскохозяйственных угодий оказывает благотворное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, способствует развитию рыбоводства, разведению водоплавающей птицы и т. д.

Одним из недостатков при строительстве воронежских водоемов явилось отсутствие достаточно крупных массивов насаждений, хаотичность и бесплановость размещения растительности по их берегам. Установлено, что массивы и полосы древесно-кустарниковых насаждений вокруг водоемов играют большую роль, уменьшают силу ветра, эрозию почвы, препятствуют сильному испарению и интенсивному заилению воды, что заметно удлиняет срок их службы. Строительство водоемов одновременно с посадкой деревьев по заранее разработанному проекту способствует в степных и лесостепных районах созданию парков и лесопарков, предназначенных для отдыха населения.

Обводнение территории парка с учетом функционального назначения водоемов, экономических соображений и композиционно-художественных требований является вполне разрешимой задачей.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение водных сооружений в садах и парках Древнего мира?
2. Какова роль водных сооружений в садах и парках эпохи Возрождения (на примере Италии)?
3. Какие вы знаете водные сооружения в парках России (на примере исторических садово-парковых ансамблей Санкт-Петербурга)?
4. Какие вы знаете водные сооружения в парках капиталистических городов США и Европы XIX—XX вв.? Каковы условия их создания?
5. Каковы условия создания водных сооружений в городских парках России?

ТИПОЛОГИЯ ВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Функции водоемов многообразны. Большое значение имеют водоемы в специализированных парках спортивного типа. Водоемы активно используются для развития водного спорта (плавание, прыжков в воду, гребли, парусного спорта), а также для купания, устройства пляжей, катания на лодках, рыбной ловли. Водоемы имеют важное массовое физкультурное и оздоровительное значение. В зимнее время на водоемах устраивают катки для массового катания.

Водоемы могут служить не только для любительского и спортивного рыболовства, но и для хозяйственного разведения рыбы и водоплавающей птицы. Для этих целей специально выделяются пруды-копани. В больших водоемах разводят рыбу для промысловых целей. Рыбы играют полезную роль, уничтожают личинки комаров, очищают листья и стебли водных растений, поедают гнилые водоросли, уменьшая тем самым загрязнение и зарастание водоемов. Разведение рыбы способствует хорошему санитарному состоянию прудов и рек. Необходимой мерой борьбы с разведением личинок комара и зарастанием водоемов, обеспечивающей хорошее их санитарное состояние, является создание проточности воды, ее периодическая сменность, а также устранение мелководья. По санитарным нормам глубина водоема у кромки берега должна составлять не менее 0,8... 1,0 м.

К водоемам прежде всего относятся моря, озера, реки, каналы, водохранилища, пруды.

К водным устройствам относятся бассейны, фонтаны, быстротoki, перепады, водопады и др.

По функциональному назначению водоемы подразделяются:

- на прогулочные пруды и водоемы для катания на лодках;
- спортивные водоемы для игр на воде, для катания на гребных и парусных лодках;
- водоемы для катания на моторных лодках;
- водоемы для спортивного плавания, а также купальные водоемы с устройствами для прыжков в воду;
- водоемы любительские для спортивного рыболовства;
- водоемы, предназначенные для детей (детские, игровые).

На величину водоема существенную роль оказывает рекреационная нагрузка в садах и парках.

В табл. 2.1 приведены рекомендуемые виды растений для озеленения водоемов.

В зависимости от использования водоема в каждом отдельном случае предъявляются различные требования к величине, форме, глубине, конфигурации берегов и дна водоема, к качеству воды и устройству парковых сооружений.

По *своему местоположению* в парках водоемы подразделяются:

- на водоемы, примыкающие к морю, озеру, реке, водохранилищу;
- водоемы внутри парковой территории — местные ручьи и речки с каскадами, озера лесного характера и ледникового происхождения.

По *своей величине*, влияющей на планировку и композицию парка, водоемы подразделяются:

- на водоемы в парках с площадью водной поверхности свыше 30 % по отношению к общей территории парка; наличие больших водных поверхностей способствует созданию спортивных парков;
- водоемы в парках (водохранилище, озеро, река) с площадью водных поверхностей в пределах 15... 30 %;
- водоемы в парках (ручей, пруд, озеро, водное устройство) с площадью водной поверхностью до 15 %.

Водные поверхности, включенные в парковые территории, обосновывают композицию пейзажей, размещение сооружений и трассировку дорог.

Водоемы подразделяются также:

- на естественные и искусственные;
- большие (главные реки, реки I... II порядка, озера, водохранилища площадью свыше 100 га), средние (реки III порядка, водохранилища и пруды площадью 10... 100 га) и малые (реки IV порядка, ручьи, озера, пруды площадью менее 10 га, водные устройства);
- глубокие (более 3 м), средней глубины (1... 3 м) и мелкие (до 1 м);
- текущие (реки, ручьи, каналы) и стоячие (озера, водохранилища, пруды);
- протяженные (реки, каналы) и компактные (озера, водохранилища, пруды, бассейны) и т.д.

Выделяют водоемы в парках, создаваемых на пойменных территориях. Такие водоемы создаются при ширине поймы не менее 400 м, выделяя заторфованные участки. При этом допускается затопление парковых территорий в пойме один раз в 10 лет (10 % обеспеченности) и затопление капитальных объектов паводками один раз в 100 лет (1 % вероятности). При проектировании водоемов в парках в поймах рек возможны следующие варианты инженерной подготовки территории:

- частичная подсыпка пляжей и площадок под здания;

Рекомендуемые виды растений для озеленения водоемов

Вид растения	Окраска растений	Высота, мм	Время цветения	Места произрастания растений
Кувшинка (лилия водяная)	Белая окраска цветков	150...200	Апрель — сентябрь	В естественном состоянии произрастает в прибрежной части медленно текущих вод рек
Сальвиния (папоротник водяной)	Ярко-зеленая окраска надземной части	30	Июнь — август	В естественном состоянии произрастает на болотистых берегах рек с медленным течением. Рекомендуется высаживать в прибрежной части водоема
Калужница болотистая	Желтая окраска цветков	20...40	Апрель — август	В естественном состоянии произрастает на болотах. Можно высаживать группами в при- брежной части водоема
Незабудка болотная	Голубая окраска	15...45	Май — июнь	Произрастает на болотистых берегах рек. Реко- мендуется размещать в прибрежной части у во- ды на переднем плане
Белокрыльник болотный	Белая окраска соцветий	20...25	Май — июль	В естественном состоянии произрастает в прибрежных (влажных) частях водоемов
Касатик желтый	Желтая окраска цветков	75...160	Май — июль	В естественном состоянии произрастает в болотистых местах. Рекомендуется для посадки группами в прибрежных частях водоемов

- устройство польдеров с самотечным сбросом вод в нижние части водохранилища;

- сплошная или частичная подсыпка территории, обвалование, осушение, а также создание новых акваторий и искусственных форм рельефа.

Водоемы используются как в утилитарных, так и в декоративных устройствах. К *утилитарным устройствам*, наиболее часто применяемым, относятся колодцы, плескательные бассейны, рыбные пруды и каналы.

В качестве *декоративных устройств* используются декоративные водные зеркала, каскады, водопады, струйные и пристенные фонтаны с объемной скульптурой.

При проектировании водоемов различного назначения в садах и парках необходимо прежде всего учитывать композиционные особенности территории и состояние воды.

При понижении температуры вода способна переходить из жидкого состояния в твердое. При резком повышении температуры вода переходит из жидкого состояния в газообразное. Вода может быть спокойной и подвижной (течь, падать, бурлить, капать и т.д.). Вода может журчать, создавать зеркальное изображение, менять цвет и фактуру поверхности.

Вода необходима для развития биологических организмов, полезной фауны в водоемах. Вода утоляет жажду человека, создает благоприятные условия для отдыха, без нее не могут обходиться животные, птицы, растения. Вода находится всюду: в атмосфере, на земле, под землей, в свободном состоянии и в соединениях.

При проектировании водоема в парке необходимо учитывать все свойства воды. Большое значение имеет «пластика» воды. Вода не имеет конкретных размеров и формы. В то же время вода меняет объем и величину в зависимости от характера ограничивающих ее поверхностей. При проектировании водоемов можно получить определенную площадь поверхности воды, ее цвет, состояние. В ряде случаев необходимо использовать гравитационные характеристики воды. Например, для получения текущей воды днище канала делается с уклоном. В нижней точке устраивается приемная емкость, откуда циркуляционным насосом вода подается к верхней точке. Чтобы получить воду голубого цвета, можно рационально облицевать емкость (ванну) керамической плиткой голубого цвета. Подкрашивать воду красителями не рекомендуется.

Важными свойствами являются статичность, динамичность, отражательная способность воды, ее физическое состояние. При создании водоемов в садах и парках большое значение имеет использование статического и динамического состояния воды. Обе категории имеют определенное воздействие на человека: статическое — это состояние покоя, равновесия; динамическое — состояние движения, изменчивости.

Статичность воды. Стоячая вода вызывает умиротворение, меланхолию, спокойствие. Такое состояние может вызвать вид воды в озере, пруду, бассейне, медленно текущей реке. Форму берегов водоемов в парке можно резко менять, но статичность воды как нейтральный, рефлектирующий элемент, усиливающий созерцательность, остается неизменным. Так, стоячая вода в каналах и водоемах была одинаково важным элементом как в классических французских парках XVII в., так и в пейзажных английских парках XVIII в.

Динамичность воды. Вода может иметь несколько разновидностей по своей динамичности (подвижности): быстро текущая река, водопад, водомет, каскад, фонтан и т.д. Состояние подвижной воды стимулирует в человеке энергию, эмоциональность, внимание. Для динамики воды большое значение имеет уклон дна и характер краев у барьеров, через которые вода при движении переливается. Ровные края дают почти стеклянную пленку падающей воды; рваные, зубчатые края создают определенный рисунок струй и их разнородное звучание. Сужение русла, по которому движется вода, вызывает завихрения ее потока, бурление, хлокотание воды. Определенное влияние на характер течения воды оказывает и структура поверхности русла. При шероховатости, неровности русла вода начинает шуметь и разрушать поверхность русла.

Динамичность воды была важным свойством в итальянских парках эпохи Возрождения XVI в. Много примеров такого использования воды дают парки Италии, где активно применялись разнообразные формы движения воды.

Движение воды может сопровождаться определенным звучанием. Диапазон звучания может быть создан самый обширный: от настоящего рева, грохота — до звонкой капли и нежного шороха. При этом звучание легко усилить цветовым или световым сопровождением. Движение воды, сопровождаемое звучанием, вызывает у человека целую гамму переживаний: от успокоения — до сильного возбуждения. Многое зависит от звуков, создаваемых водой.

Отражательная способность воды. Эту способность воды учитывают при проектировании водоема. Вода четко рефлектирует все окружающие ее детали. Зеркальное свойство воды в ее стоячем состоянии достигает такого уровня, что трудно отличить, где находятся реальные предметы, а где их отражение.

Физическое состояние воды. При проектировании водоемов может быть использован и переход воды из жидкого состояния в твердое под влиянием зимних температур. При этом необходимо учитывать, что летом темная по колориту вода зимой превращается в лед со светлой поверхностью. На подвижной воде могут образовываться причудливые ледяные скульптуры и подлинные

природные фантазии, которые сказочно выглядят под лучами лунного и солнечного света.

На состояние воды оказывает влияние ветер. Одинаково важны и сила ветра, и его направление. При этом надо учитывать, что вода передает действие ветра и на ту часть своего объема, где ветер отсутствует. Часто можно наблюдать волнение поверхности воды там, где ветра нет.

Освещение воды. Разнообразное впечатление от воды связано с особенностями ее освещения. Вода может давать ослепительные блики, мерцать, отражать свет, искриться, являть собой темную тяжелую массу. Под определенным воздействием света вода меняет свое состояние от оживленной игривой массы до неподвижной стальной поверхности. Особенно эффектно воздействие света на воду в ее движении. Подсвечивание водопадов, каскадов, фонтанов создает целый фейерверк мгновенных состояний воды и каждый раз — все новый и новый «сценарий».

Возможно применение воды для теплоизоляции, шумозащиты, ограждения.

Декоративные возможности воды. Важную роль для объектов ландшафтной архитектуры населенных пунктов имеют фонтаны и небольшие питьевые фонтанчики, которые могут быть выполнены в виде малых архитектурных форм. Большее значение и для современных, и для исторических ландшафтов имеют декоративные фонтаны*.

Скульптурно можно обыграть элементы формы: падающий водопад, запорная арматура, водоприемная чаша. Живописные комбинации цвета, света, музыки и живой изменчивости форм воды в таких фонтанах создают большое эмоциональное воздействие на зрителя. Особого внимания заслуживает искусство создания разнообразных композиций водяных струй в фонтанах. Фонтан в современном понимании — это целая композиция из различных по характеру струй. Можно изменять высоту струй и направление движения воды, а также преобразовывать воду в скульптуры.

Функциональные возможности воды. Вода используется как источник энергии, питьевого и хозяйственного водоснабжения, для мелиорации территории, ее очистки и удаления отходов производства и жизнедеятельности человека, орошения растительности. Утилитарное использование воды не исключает одновременно и выявления ее декоративных свойств. Заслуживает внимания использование воды в качестве ограждения: устройство вместо оград арыков, каналов и рвов, наполненных водой, создание «вод-

* Особенно много примеров дают исторические парки. Достаточно назвать такие шедевры, как Версаль, Петергоф, Тиволи. В настоящее время широко применяется декоративная форма фонтанов в виде цвето- и светомузыкальных композиций. Наиболее известны цвето- и светомузыкальные фонтаны в Москве, Пятигорске, Сочи (Россия), Мисхоре (Крым), Ереване (Армения).

ных стен», завес, каскадов в виде водяной пленки, за которыми можно, например, расположить кафе или ресторан. К ограждающим конструкциям из воды относится и устройство снежных и ледяных сооружений на детских игровых площадках зимой и подобные же сооружения в северных регионах, используемые для временного жилища.

Вода в виде водоналивных плотин может применяться и как ограждение для самой воды. Тело плотины представляет собой замкнутую цилиндрическую оболочку, заполняемую водой. Степень заполнения оболочки может регулировать заданный горизонт воды. Имея в профиле форму капли, такая плотина легко может быть положена на дно реки с выпуском из нее воды и, таким образом, не препятствовать весенним паводкам.

При проектировании и строительстве водоемов возникают специальные требования к состоянию и качеству воды, размерам, форме, глубине, устройству берегов и дна водоемов и садово-парковых сооружений. Любой водоем может служить неиссякаемой «художественной палитрой». Умелое использование ее в композиции парка придает всему садово-парковому ландшафту большую выразительность.

Контрольные вопросы

1. Каковы функции водных сооружений в садах и парках?
2. Дайте характеристику типов водных сооружений по их использованию и месторасположению.
3. Для каких целей используются водосмы в садах и парках?
4. Перечислите композиционные возможности использования воды при создании садов и парков.

АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОЕМОВ

Водоем при умелом использовании в композиции парка придает ландшафту художественную выразительность. Сверкающая спокойная гладь озера или канала, извивающаяся подвижная лента ручья, переливающиеся, играющие под солнцем струи фонтанов, участки с водяными растениями вносят в садово-парковый ландшафт элемент динамики, оживляют пейзажи. Отсутствие водоема обедняет садово-парковый ландшафт. Известный паркостроитель Великобритании Х. Рептон говорил, что вода — это «глаз пейзажа».

При проектировании водоемов в садах и парках следует максимально учитывать специфичность местного климата и микроклимата, общее санитарно-гигиеническое состояние территории, ландшафтные особенности местности: наличие террас, контуры рельефа, неоднородность геологических и гидрологических условий, разнотипность почв и растительности.

При создании парков в поймах рек на заболоченных территориях, в условиях высоких грунтовых вод целесообразно предусматривать формы отдыха посетителей преимущественно на воде. Если в парке площадь водной поверхности занимает 45 % и более от всей территории, то такой парк, как правило, называется гидропарком.

Микроклимат. При проектировании водоемов в парках следует учитывать их влияние на создание благоприятного микроклимата территории. Установлено, что роль водоемов в городском парке заключается в повышении влажности воздуха. Это особенно важно при большой сухости воздушной среды, характерной для городов, где покрытые асфальтом магистрали, улицы и площади занимают большую часть территории и сильно нагреваются солнцем. Вода в водоеме изменяет температурный режим среды. Обладая большой теплоемкостью, вода нагревается и охлаждается медленнее, чем участки сухих местоположений. Более длительное сохранение теплоты вблизи водоема смягчает резкие колебания температуры воздуха.

В городах, находящихся в засушливых условиях, водоемы в сочетании с насаждениями, способствуют вертикальной циркуляции воздуха. Водная поверхность благоприятствует очищению воздушной среды. Водные поверхности водоемов могут эффективно и положительно воздействовать на жилые территории, находя-

щиеся вблизи промышленных предприятий. Наибольший гигиенический и микроклиматический эффект наблюдается в парках с большими водными поверхностями, имеющими зону влияния 400...500 м (воздействие бризов — до 2 км). Воздух очищается от пыли и газа, смягчаются колебания температур, повышается относительная влажность воздуха.

Резервы для устройства водоемов в городе. В пределах городской черты имеются значительные неосвоенные территории: пустыри, неудобные для застройки земли, долины рек, пойменные и заболоченные участки, овраги, карьеры глины, песка и гравия. Освоение под сады и парки территорий с разнообразными местными природными условиями очень актуально в условиях современного города. Для каждого непригодного для застройки участка необходимо определить наиболее целесообразное его использование, дать оценку его качества для организации отдыха населения, определить возможности преобразования его в целях обогащения ландшафта города и в соответствии с этим провести комплексные работы по инженерному благоустройству, в том числе, обводнению — устройству различного типа водоемов.

Большие водные поверхности являются одним из главных формирующих элементов построения развитых городских садово-парковых ансамблей. Мелкие водоемы, небольшие реки и ручьи создают предпосылки для создания живописных композиций в системе озеленения города. Включение водоемов в планировочную композицию парка позволяет достичь функционально оправданного, выразительного садово-паркового ландшафта.

Примерами могут служить парки с водоемами, созданные в XX в., — это парки на берегу морей (парк «Дубки» под Санкт-Петербургом), озер (парк у оз. Киш в Риге) и рек (Центральный парк на Елагином острове в Санкт-Петербурге и др.). Создавали эти парки с максимальным учетом водного пространства, ориентируя к нему ведущие оси аллей, трассируя эспланады и набережные. С видовых площадок, террас проектировщики открывали водные поверхности с необозримыми горизонтами или развернутой панорамой противоположного берега, русла реки с меняющимися картинами берегов. В Центральном парке на Елагином острове Санкт-Петербурга, в районных парках Зеленогорска, Сестрорецка, расположенных на берегу Финского залива, разнообразие садово-паркового ландшафта достигается связями с морем. Центральный парк на Елагином острове имеет сложные пространственные членения благодаря окружению реками и системой южных и северных водоемов на территории, создающих вместе с насаждениями множество пейзажей, контрастных по величине, цвету, настроению. Близость р. Невы и залива не ослабевает эффекта восприятия прудов с естественными очертаниями берегов с группами дубов, лип, ив и кленов, всегда меняющимися отражениями

и фактурой воды. Нависающие над водой и отраженные в ней мосты являются прекрасными видовыми площадками.

Декоративность водоемов. Декоративность водоемов достигается путем устройства специальных бассейнов, разнообразных по форме, величине, глубине (0,4...0,5 м). Такие водоемы устраиваются с низким бортом, позволяющим полностью использовать красоту зеркальной поверхности воды в пейзаже парка. Для хорошего зрительного восприятия площадь бассейна не должна превышать 1/3 окружающего пространства.

В декоративных целях, как уже отмечалось ранее, используются фонтаны различного типа с бассейном или без него. Существуют следующие виды фонтанов:

- высокие многоструйные и одноструйные (высотой 2...5 м);
- фонтаны-завесы;
- фонтаны-тарелки (высотой 40...50 см);
- фонтаны-линзы разного цвета и высоты, обволакиваемые пленкой воды, и др.

Рекомендуемое соотношение между высотой струи H и диаметром бассейна D :

$$D > H > 0,5D.$$

В отдельных случаях для питания крупных фонтанов, а также спортивно-плавательных и декоративных бассейнов используется вода из специально предусмотренных скважин. Воду из питьевого водопровода допускается брать только для питания небольших водных устройств (малые фонтаны, декоративные, детские бассейны).

Важную роль в садах и парках играют питьевые фонтанчики. Их внешний вид и благоустройство места их установки должны отвечать эстетическим и санитарно-гигиеническим требованиям. К фонтанчикам устраивается удобный подход, около них делается водоприемная емкость с отводом в ливневую канализацию или местный водоем. Над фонтанчиком может быть навес, оформленный растениями (лианы, плетистые розы, виноград и др.).

Обработка береговой линии водоема. При проектировании береговой линии водоема учитываются ориентация, господствующие ветры, рельеф, очертания берегов, задачи композиции. При достаточной площади водоема (10...15 га) рекомендуется формирование береговых насаждений в виде чистых по составу групп деревьев, контрастных по высоте, фактуре, цвету крон (различные виды и формы ив, тополей).

При проектировании водоема необходимо учитывать ориентацию берега по сторонам света. При создании водоемов удлиненной формы *северный берег* должен быть хорошо освещен, иметь насаждения с яркой цветовой гаммой, хорошо развитыми крона-

ми деревьев (используются красивоцветущие растения). Для восприятия затененного южного берега высаживаются деревья со светлыми кронами (ивы, березы, тополя).

Восточный берег водоема особенно эффектен во второй половине дня, поэтому здесь растительность представлена в виде компактных групп небольших деревьев и кустарников, травянистых растений.

На западном берегу рекомендуются редко стоящие небольшие группы деревьев и солитеры в чередовании с просветами.

Кроме древесных растений используются и травянистые растения: прибрежные (ирис сибирский, незабудка болотная, кипрей болотный и др.); мелководные — 0,45...0,60 м глубины (аир болотный, касатик золотистый, белокрыльник, трилистник горький и др.); глубоководные — 1,5...1,8 м глубины (ломонос орехоносный, лилия водяная, кувшинка желтая и др.).

Берега водоемов могут быть оформлены в виде одернованного откоса с каменным бортиком, откоса с каменной облицовкой, подпорной стенки с балюстрадой.

При подборе растений для озеленения водоема необходимо руководствоваться видовым составом, высотой растения, местом и условиями произрастания. В табл. 3.1 приведены примеры использования некоторых видов растений для озеленения водоемов.

Для обработки берегов ручейка наряду с растениями может применяться дикий необработанный (естественный) камень, укрепленный габионовой сеткой. Для оформления водоемов на прибрежных и мелководных участках, а также в некоторых местах декоративных бассейнов оборудуют переходы из бетонных блоков, камней.

Острова. Создание островов на акватории водоема обогащает композицию парка. Острова могут быть различными по конфигурации, рельефу. На островах можно размещать один, два вида деревьев (сосна, ель, береза, лиственница, ива). В ряде случаев на островах предусматривают беседки, павильоны, монументы и мостики — при площади острова от 0,1 до 0,6 га и при площади поверхности воды не менее 10...12 га.

При проектировании городских парков может быть использован наибольший диапазон форм и типов водных устройств, позволяющих обогатить пейзажи разнообразными эффектами. Палитру декоративных свойств водных устройств можно расширить путем изменения как количественных соотношений массы используемой воды, так и ее динамических качеств. При этом можно использовать контраст обширных и малых неподвижных водоемов, бурных потоков воды в водопадах и тонкоструйных каскадах, фонтанов в виде мощно вздымающихся столбов и высоких хрупких вертикальных струй и т.д.

Растения водные и прибрежные

Вид растения	Цвет	Высота, см	Время цветения	Место посадки	Место произрастания
Кувшинка (лилия водяная)	Белый	150...200	Апрель — сентябрь	У водосмов	У стоячих и медленно текущих вод
Сальвиния (папоротник водяной)	Ярко-зеленый	30	Июнь — август	То же	На болотистых берегах рек
Калужница болотная	Желтый	20...40	Апрель — август	В искусственных водоемах	На болотах
Незабудка болотная	Голубой	15...45	Май — июнь	У воды на переднем плане	На болотистых берегах рек
Белокрыльник болотный	Белый	20...25	Май — июль	В искусственных водоемах	На влажной почве у водоема
Касатик желтый	Желтый	75...160	Май — июль	По берегам водосмов на глубине до 60 см	На болотах
Суссак зонтичный	Розовый	60...90	Июнь — август	Для посадки в искусственных водоемах на глубине 8...12 см	То же

Использование всего многообразия форм водоемов и водных устройств в композиции садово-паркового ландшафта является действенным средством повышения его художественных достоинств.

При создании парка с водоемами, их размещении, выборе формы, декоративной трактовке водных устройств, а также при определении способа питания водоема очень важно умело использовать характер территории в соответствии с целевым назначением и композиционной значимостью проектируемых водоемов. Техническая возможность и экономическая целесообразность обводнения определяются данными инженерно-геологических изысканий. На основе этих материалов и данных эстетической оценки ландшафта у проектировщиков формируется художественный замысел композиции будущих водных устройств в архитектурно-планировочном построении парка, определяются доступные средства для их воплощения.

При проектировании и сооружении искусственных водных устройств необходимо опираться на закономерности образования различных видов природных водоемов и многообразие декоративных эффектов, которые определяются свойствами воды, проявляющимися в двух основных ее состояниях: текучем и неподвижном.

Главными природными факторами, определяющими возможность обводнения парка и характер форм водных устройств, являются рельеф территории и источники обводнения. Структура рельефа служит канвой, подсказывающей характер системы водных устройств, возможность использования ее статических или динамических декоративных качеств.

Равнинный рельеф. Равнинный рельеф обуславливает возможность устройства стоячих водоемов, образуемых путем использования разного рода природных углублений местности или специально создаваемых ложей, сооружения плотин, дамб, валов. Освоение пониженных поверхностей с выходящими на поверхность или высоко стоящими грунтовыми водами, затапливаемых весенним половодьем, а также заболоченных территорий посредством осушения и образования водоемов, превращения их в парки позволяет оздоровить и повысить уровень благоустройства местности. Тем самым эстетически преобразуется ландшафт и решается задача восполнения дефицита городских земель. На равнинном рельефе чаще всего сооружается один водоем, простирающийся на большое расстояние. Его форма образуется в зависимости от топографии его ложа.

Благоприятные условия для сооружения искусственных водоемов и обеспечения источников их питания возникают в парках, закладываемых на намытой территории (например, в Амстердамском лесопарке в Голландии, в Южно-приморском парке в Санкт-

Петербурге). Наполняются водоемы ключами и родниками подобно естественным озерам в Гатчинском парке. В засушливых условиях наполнение водоемов возможно из артезианских скважин путем специальных инженерных работ по пробивки грунтов.

При создании водоемов-копаней на равнинном рельефе целесообразно использовать водные источники, находящиеся вблизи парковой территории (озера и реки). Для питания таких водоемов вода подводится по специальным каналам или протокам.

Так, в городском парке Ташкента (Узбекистан) из оросительного канала наполнено Комсомольское озеро. На территории Серебряного Бора в Москве водоемы наполнены через протоки из Москвы-реки. Наполнение системы водоемов в Джексон-парке (г. Чикаго, США), образованных в прибрежных лагунных заливах, происходит путем их соединения с оз. Мичиган.

При создании замкнутых водоемов — озер, прудов, бассейнов — учитывается свойство воды иметь горизонтальную поверхность, принимать форму в зависимости от очертания берегов. На территории с равнинным рельефом, как правило, могут быть образованы один или несколько водоемов, расположенных с небольшой разницей в уровнях. При проектировании таких водоемов следует учитывать, что направления горизонталей берега влияют на образование заливов, мысов, островов. Большую роль играет геопластика рельефа. Путем срезки или подсыпки грунта можно придавать водоему любую заданную форму, образовывать острова и мысы. При этом целесообразнее придавать водоемам естественные очертания, согласованные с пластикой поверхности земли, подчеркивая последовательную смену повышенных и пониженных участков берега. Эти преобразования имеют большое значение для создания паркового ландшафта.

Холмистый рельеф. При понижении рельефа, наличии оврагов, балок, узких долин рек, пересекающих территорию парка, имеется возможность устройства террасных прудов. Такая система водоемов в сочетании с протоками, имеющими вид живописных извилистых ручьев, позволяет создавать многообразные композиции. Разностью отметок между уровнями расположения прудов пользуются для обозначения текучести, движения воды. На пересеченном, холмистом рельефе актуально устройство водопадов, каскадов, перепадов в ручьях. Это требует как от проектировщика, так и от строителя большого творческого и художественного мастерства.

Устройство водоемов актуально на пересеченном рельефе, возникшем при его преобразовании, например на карьерах, оставшихся после выработки глины, камня, песка, гравия (например, в Московском парке Победы в Ленинграде или в Воеводском парке в Хожуве (Катовицкая агломерация, Польша), а также в парке Дружбы в Москве). Устройство водоемов предшествуют рекульти-

вазия территории, нарушенной в результате хозяйственной деятельности, ее очистка, инженерная подготовка.

Следует учитывать, что при устройстве водоемов в балках, оврагах или в долине рек создается возможность организации как одного водоема вытянутой формы, так и цепочки водоемов разных очертаний или водных устройств, пересекающих территорию. Такое расположение водоемов выгодно для формирования основной композиционной оси в ландшафте парка.

На холмистом рельефе возможность создания водоемов со спокойной водой ограничена. При проектировании следует внимательно отнестись к источникам питания водоема. При изыскании источников питания могут быть созданы разнообразные водные устройства, в композиции которых можно использовать динамические качества падающих вод или бьющих струй фонтанов. Ниспадающие или вздымающиеся водные струи образуют сверкающую пенящуюся феерию, которая сопровождается звуковыми эффектами, усиливающими зрительное и слуховое эмоциональное воздействие.

Горный рельеф. Горный рельеф представляет большие трудности и широкие творческие возможности для проектировщика и строителя. В нагорном парке возможно создание падающих с высоты по замшелым скалам гремящих водопадов, журчащих вод в глубокой каменной расселине, переливающихся струй из чаши в чашу, «слезящихся» камней, горных источников с хрустально чистой водой под шатрами крупных деревьев. Эффект от воды можно создавать, используя природные данные местности, добавляя искусственные устройства и при этом не нарушая ландшафт. Ярким примером может служить исторический парк при дворцовом комплексе в Алупке (Крым).

При проектировании и строительстве можно использовать прием изменения направления течения воды из горной реки в новое русло. Используя рельеф местности и падение русла, можно получить значительную разницу в отметках воды в реке и новом водотоке, что позволяет образовать каскадную систему водных устройств, водопадов и фонтанов с естественным напором.

В условиях горного рельефа в парке при сооружении фонтанирующих устройств целесообразно воспользоваться разностью уровней рельефа, чтобы создать запас воды на возвышенном участке, обеспечивающий необходимый естественный напор для работы фонтанов, располагаемых в низкой части парка. На основе этой закономерности действуют крупнейший в мире комплекс фонтанов и каскадов в дворцово-парковом ансамбле Петродворца, фонтаны в парках Софиевка в Умани (Украина), парке Вакэ в Тбилиси (Грузия), где собранная из небольших источников вода в верхних водоемах питает разветвленные водные системы на нижних террасах. Разнообразие способов обводнения показывает, что при

строительстве парков в каждой природной ситуации могут быть изысканы возможности для образования тех или иных форм водных устройств.

Парковые пейзажи. Один из главных принципов композиции ландшафта парка с водоемом, способствующий усилению его художественной роли, — формирование системы парковых пейзажей, развивающих тему воды. Наибольший эстетический эффект водных поверхностей в пейзажах парка достигается при создании системы композиционно связанных водных устройств, играющих в композиции парка формирующую роль. При проектировании необходимо учитывать пространственные качества водных поверхностей, которые значительно выделяются среди других элементов паркового пейзажа.

При проектировании эти качества могут определяться следующими положениями:

- раскрытие крупных открытых горизонтальных поверхностей, позволяющих рассматривать береговые пейзажи с различных расстояний;
- чередование замкнутых пейзажных картин с глубокими многоплановыми перспективами, в результате чего происходит постоянная смена разворачивающихся перед зрителем видов;
- объединение пространственно-архитектурных сооружений и пейзажей путем раскрытия перспектив через водное зеркало путем раскрытия перспектив через водное зеркало.

Использование данных положений открывает широкие творческие возможности для подчеркивания архитектурно-планировочной значимости водоемов в ландшафте парка и усиления его декоративных свойств. На рис. 3.1 приведено решение пейзажей и береговой линии на примере парка Тростянец. Большой пруд образован путем устройства плотин по р. Тростянка. Русло реки углублено. Вынутый грунт использован для создания искусственного рельефа. Береговая линия изрезана с целью обогащения пейзажа.

При проектировании крупная водная поверхность, система сконцентрированных или рассредоточенных, но взаимосвязанных водоемов может стать доминирующим элементом в архитектурно-планировочном построении парка.

В зависимости от расположения, величины и формы водоемы могут быть центром композиции парка, служить основной композиционной осью или входить составной органичной частью в композиции большинства пейзажей, чем достигается необходимая насыщенность парка водными пространствами — парк приобретает водный характер (например, система водоемов в Гатчинском парке под Санкт-Петербургом).

Примером центра композиции может послужить водная поверхность исторического Екатерининского парка под Санкт-Пе-

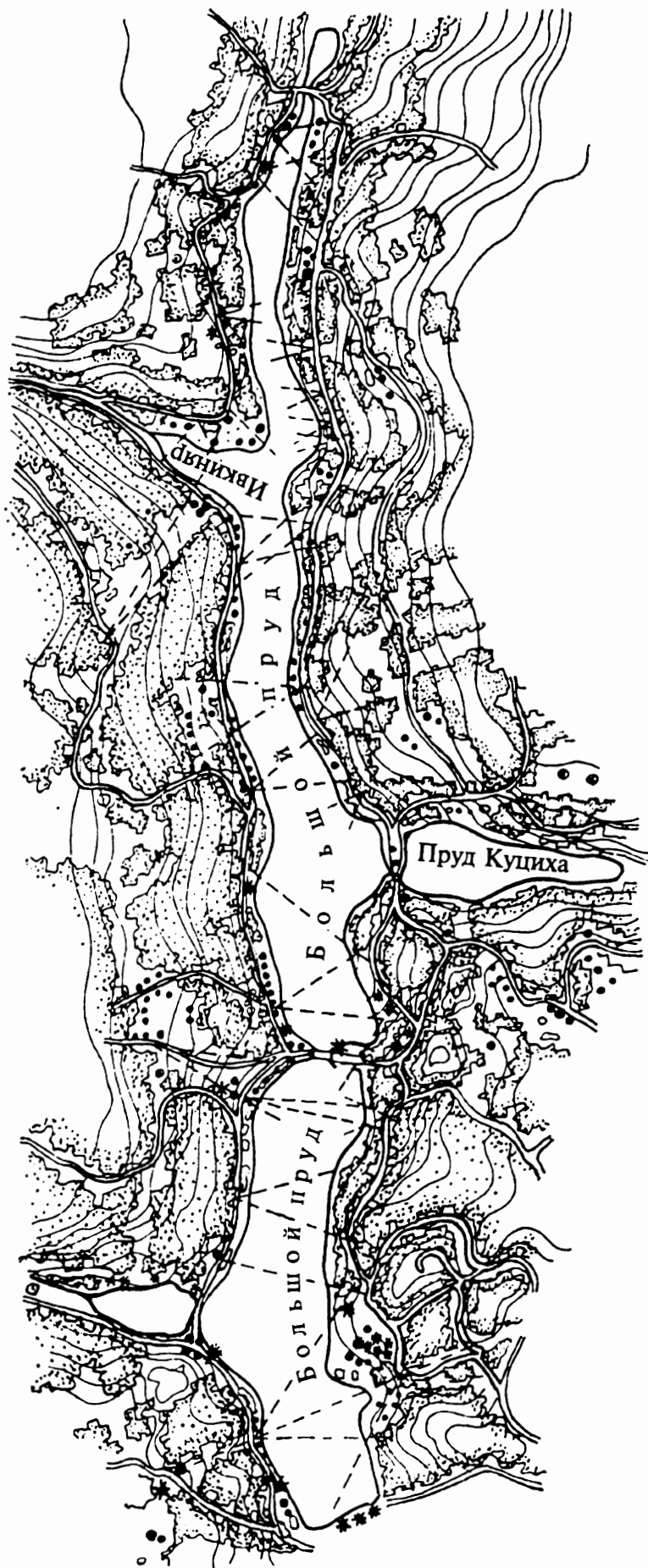


Рис. 3.1.1. Парк Тростянець (Украина, Черниговская обл.)

тербургом (г. Пушкино), где таким центром служит большое озеро длиной 600 м и шириной 250 м, на берегах которого сформированы различного типа архитектурные сооружения, закрытые и открытые пейзажи. С учетом зрительного восприятия через обширное водное пространство по берегу проложена живописная аллея, с которой по мере передвижения открываются непрерывно меняющиеся виды. На водоем направлены оси аллей и образованы видовые точки. Большая открытая поверхность предопределила структуру окружающего ландшафта.

Примером активного включения «большой» воды в композицию парка может служить зона отдыха в пойме Москвы-реки у бывших сел Татарово и Крылатское, вплотную примыкающая к памятнику природы Серебряному бору и входящая в состав Юго-Западного административного округа Москвы. Площадь водных поверхностей в зоне отдыха составляет 275 га, или 36 % общей площади зоны, равной 750 га. Водные поверхности легли в основу планировочного решения зоны отдыха. Для соревнования по гребному спорту к каналу длиной 2 300 м и шириной 115 м, пересекающему центральную часть территории, с двух сторон прилегают обширные водоемы с живописно изрезанными берегами.

В зоне отдыха в Строгинской пойме в Москве главенствующую роль играет центральное озеро диаметром 940 м, созданное на месте песчаных карьеров и объединяемое с более мелкими водоемами в единую систему. Здесь находятся различные устройства для водного спорта, обширные пляжи. На озеро проектируются видовые направления, открытие парковых перспектив.

Свойства водоемов изогнутой формы можно использовать для раскрытия различных по характеру пейзажей, достижения художественного эффекта создаваемых ландшафтов. Необходимо учитывать, что пологие склоны берегов согласуются с закономерностями их образования в естественных водоемах на равнинной территории. Вдоль водной системы можно создать специфический приозерный ландшафт с характерной растительностью — с деревьями с плакучей кроной (различные виды ив), участками водных и прибрежных растений, открытыми береговыми газонными лужайками. При строительстве водоема или при его углублении грунт, вынутый из ложа, можно использовать для пластического обогащения приозерного ландшафта. Из такого грунта насыпаются холмы, которые можно расположить с расчетом образования фона со стороны основных видовых направлений. Одновременно холмы могут служить обзорными площадками, с которых открываются панорамы парка. При такой композиции водоемов каждый из элементов водной системы воспринимается зрителем самостоятельно и отличается от другого элемента своеобразием.

При проектировании парка, расположенного на равнинной территории, особенно важно придать каждому из водных устройств,

образующих систему, пейзажное разнообразие. Эту возможность следует искать при выборе места расположения водоемов.

Формирование пейзажей на спокойной по рельефу территории. Павловский парк является классическим примером использования небольшой маловодной р. Славянка для создания в ее долине целой серии пейзажей с водоемами, которым было придано значение главного элемента ландшафта парковой композиции. Пополнение естественных водных ресурсов водой из р. Ижоры позволило устроить заводи и новые пруды, увеличив таким образом площадь водных поверхностей. Наличие слабого перепада рельефа было использовано для устройства на реке небольших каскадов — перепадов, которые наряду со спокойными водными поверхностями образовали основные акцентные элементы ландшафта долины р. Славянки. Естественные очертания контуров воды не нарушают живописную целостность пейзажей. Изменение направления русла реки и характера рельефа склонов долины позволило создать обилие разнообразных пейзажей, отличающихся трактовкой водных устройств, группировкой насаждений, подчеркнутых архитектурными сооружениями: мостами, павильонами.

Формирование пейзажей на пересеченном рельефе. Классическим примером является парк Софиевка (г. Умань, Украина) — единственный в своем роде парк, где беспокойный рельеф с выходами гранитных глыб на поверхность максимально использован в своеобразных композициях героического ландшафта. Так же как и в Павловском парке, здесь за основу композиции приняли долину маловодной р. Каменки. Выраженное падение рельефа позволило создать систему водоемов и водных устройств в разных уровнях, образующих развитую композиционную ось парка. С большим мастерством создатели парка использовали рельеф, глыбы камня, различную ширину долины р. Каменки, ее порожистое ложе, выбивающиеся из-под камней ключи, что позволило сформировать разнообразные водные устройства.

Прием построения композиционной оси из системы архитектурно оформленных водоемов (фонтанов, каскадов, водяных партеров, каналов), подобно Версалю, Петродворцу, Стрельне, широко использовался в регулярных парках.

В садово-парковом ансамбле Версаля, созданном на заболоченной, почти ровной территории, строгая регулярность планировки подчеркнута центральным открытым пространством, которое пересекает весь огромный парк. Вода является одним из главных элементов оси композиции. Но вода не только играет композиционную роль. Одной из задач строителей парка была мелиорация территории. Основным мелиоративным устройством явился грандиозный крестообразный канал с системой фонтанов и водоемов. В плоскости площади, расположенной перед дворцом, лежат два

крупных водоема, играющих роль своеобразных водных декоративных партеров. Ниже строго по оси находится бассейн со скульптурным фонтаном Латоны, а за зеленым ковром — бассейн Аполлона. Затем начинается уходящая вдаль на 1 500 м гладь большого канала (длина поперечного канала — 1 000 м). Глубина раскрывающейся осевой перспективы от дворца усиливается сужающейся вдали водной лентой канала, которая сливается с бескрайними далями парка.

Для создания уникальной фонтанной системы в регулярном парке Петродворца были использованы природные возможности побережья Финского залива, выгодные условия рельефа береговых террас. Разность в уровнях верхней и нижней террас (31,5 м) позволила создать грандиозный водяной ансамбль из каскадов, фонтанов, канала, образующий кульминационное ядро осевой композиции Нижнего сада. От подножья дворца, венчающего верхнюю террасу, опускаются две водяные лестницы — каскад Большого грота, украшенный золочеными статуями и вазами, вплетенными в сверкающие белизной фонтанные струи воды. Спадающие водные потоки попадают в бассейн с фонтаном «Самсон», высота струй которого составляет 20 м. Это — центр всей водяной композиции Петродворца. От бассейна берет начало канал, пересекающий весь Нижний сад и соединяющийся с морем. Парк изобилует другими водными сооружениями, что во взаимосвязи с насаждениями и безбрежным морским простором подчеркивает водный, приморский характер пейзажей этого неповторимого памятника садово-паркового искусства. Гидравлические сооружения Петергофского водовода обеспечивают обильную подачу воды для ежедневного эффекта фонтанирующих устройств.

Создание развитой системы переливающихся или соединяемых протоками водоемов, образующих своеобразное ожерелье водных зеркал либо пронизывающих все пространство парка, — прием, посредством которого вода активно участвует в композиции пейзажей. Для его осуществления необходимо обилие питающих водоем источников или наличие переувлажненных участков с высоким уровнем стояния грунтовых вод.

Активное включение воды в архитектурно-планировочную структуру парка и максимальное раскрытие декоративных свойств разнообразных водных поверхностей в виде системы в композиции садово-парковых пейзажей имеют большое значение.

При проектировании парка очень важно изыскать возможность создания развитой системы водных устройств, пронизывающей всю территорию. Этим обуславливается необходимость сооружения искусственных водоемов наряду с использованием естественных водоемов. Вопросы композиции водной системы в ландшафте парка и способы строительства отдельных водоемов неразрывно связаны между собой и должны решаться как единая творческая

задача. Специфика этой задачи заключается в том, что основными материалами для построения садово-паркового ландшафта служат природные факторы: пластика рельефа территории, текучесть воды, живые растения. Залогом целесообразности решения технических и архитектурных вопросов, связанных с использованием водоемов в композиции парка, является всесторонний учет конкретных естественных условий местности. Большое значение имеет умение выявить среди всего многообразия те формы водных устройств, которые смогут придать наибольшую художественную выразительность садово-парковому ландшафту.

Устройство водоемов в садах и парках является трудоемким процессом с точки зрения как проектирования, так и строительства. Необходимо определить размеры и характер возможных размеров водоемов и учесть затраты на их строительство. В целях снижения затрат в настоящее время используется различная землеройная техника (земснаряды, экскаваторы, скреперы, транспортеры и т.д.). Применение такой техники позволяет в короткие сроки создавать водоемы с разнообразной конфигурацией берегов, отсыпкой островов и земляных плотин.

Контрольные вопросы

1. Какие условия необходимо учитывать при архитектурном проектировании водных сооружений в парках?
2. Каковы резервы для устройства водоемов в городских парках?
3. Чем достигается декоративность пейзажа парка при архитектурном проектировании водоемов?
4. Какова роль рельефа при проектировании водоемов? Приведите примеры.
5. Какова роль растительности при проектировании водоемов? Приведите примеры.

РАЗДЕЛ II

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ

Глава 4

ДОЖДЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

4.1. Расчетные расходы дождевых вод

Под *гидротехническими мелиорациями* понимается комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на улучшение (мелиорацию) существующих природных условий, оказывающих неблагоприятное влияние на объекты ландшафтной архитектуры (например, улучшение состояния почв, подверженных избыточному, недостаточному увлажнению или различным видам водной эрозии). К таким мероприятиям можно отнести защиту зданий и различных сооружений ландшафтной архитектуры от подтопления и затопления, а также от последствий морозного пучения грунтов.

Все предпринимаемые меры воздействия на природную среду связаны с регулированием водного режима почв и грунтов, а также стока рек, ручьев и других элементов гидрографической сети, осуществляемых методами гидротехнической мелиорации: осушение переувлажненных земель (дренаж); орошение почв в условиях недостаточного увлажнения (ирригация); обводнение; борьба с эрозией почв, оползнями и другими неблагоприятными природными факторами.

Одновременно методами гидротехнической мелиорации можно добиваться повышения эстетичности и комфортности элементов ландшафта, а также улучшения микроклимата приземного слоя воздуха путем строительства водоемов, водотоков, водопадов, водяных гротов, улучшения (каптажа) природных источников (родников), фонтанов и других водяных сооружений, объединяемых общим названием «гидропластика ландшафта».

В результате снеготаяния и выпадения дождевых осадков на поверхности земли образуется поверхностный сток. В результате неровности поверхности и строительства ряда сооружений в отдельных местах происходит скопление воды, вызывающее под-

топление объектов озеленения и сооружений ландшафтной архитектуры. Для предотвращения этого негативного процесса необходима организация поверхностного стока. Для этого проводится комплекс инженерных мероприятий, включающих в себя вертикальную планировку территории и устройство специальной системы водоотведения, которую часто называют дождевой канализацией. Устройство системы водоотведения не только предупреждает подтопление территории, но и препятствует развитию процессов эрозии, образования оврагов, оползней, повышения уровня грунтовых вод и затопления объектов ландшафтной архитектуры.

Существует три основные системы организации поверхностного стока.

1. Открытая система, при которой вода отводится с помощью наземной сети каналов, лотков и кюветов. Открытая система водоотведения обычно применяется на территории дачных участков, поселков, а также крупных парков и лесопарков. Такая система отличается простотой конструкции и относительной легкостью выполняемых работ, небольшими затратами материалов и средств. Недостатками открытой системы при ее эксплуатации являются быстрое засорение и зарастание, что связано с необходимостью регулярных окаживаний, чисток и ремонта ее конструктивных элементов.

2. Закрытая система, которая предусматривает отвод талых и дождевых вод при помощи подземных трубопроводов, называемых водосточной сетью. Закрытая система водоотведения обязательна для применения в городах (на улицах и площадях) и целесообразна на территории городских скверов, бульваров, магистралей, в зонах зрелищных и спортивных комплексов. Вода из таких систем отводится в городскую водосточную сеть.

3. Смешанная система, которая представляет собой сочетание закрытых подземных трубопроводов и открытых каналов и лотков. Смешанная система водоотведения применима в городских парках, где имеются четко выраженные зоны главного входа, аттракционов, спортивных комплексов наряду с зонами пассивного отдыха, имеющими лесопарковый характер насаждений.

В условиях засушливого климата на территории парков, городских садов и бульваров поверхностный сток с дорог и площадок можно сбрасывать на участки самих насаждений — газоны, растительные группировки, куртины древесной растительности — путем поднятия дорог над поверхностью земли.

В условиях избыточного увлажнения озеленяемого объекта такой подход недопустим, так как приводит к дополнительному увлажнению и переувлажнению. В этом случае необходим отвод поверхностного стока наряду с мероприятиями по понижению уровня грунтовых вод, которые будут рассмотрены далее.

На городских объектах озеленения устраивают закрытую систему водоотведения, называемую дождевой канализацией, кото-

рая включает в себя как систему открытых лотков вдоль дорог, площадок и границ различных комплексов, так и систему трубопроводов различного диаметра, проложенных ниже глубины промерзания грунтов. Для попадания вод поверхностного стока с поверхности земли и из элементов открытой сети в закрытую сеть служат дождеприемные колодцы (дождеприемники), которые соединяются с закрытой сетью трубопроводов с помощью так называемых присоединений.

Помимо дождевых вод с территории различных объектов ландшафтной архитектуры необходимо удалять и другие виды сточных вод (бытовых, промышленных), для чего используются различные виды и системы канализации.

В зависимости от способа отведения сточных вод системы канализации подразделяются на следующие виды: общесплавные, раздельные (полные, неполные и полураздельные) и комбинированные. При общесплавной системе канализации все виды сточных вод отводят по единой сети. При раздельной системе канализации отдельные виды сточных вод (в зависимости от загрязнения) отводят по самостоятельным канализационным сетям.

Сеть для отвода атмосферных сточных вод называется *дождевой*, или *водосточной*.

Одним из основных расчетов водоотводящей сети, определяющих ее конструкцию, является гидрологический расчет, конечной целью которого является определение расчетных расходов. Такой расчет производится в соответствии с рекомендациями СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Расходы дождевых вод q_r , л/с, следует определять методом предельных интенсивностей по формуле

$$q_r = \frac{z_{cp} A^{1,2} F}{t_p^{1,2n-0,1}}, \tag{4.1}$$

где z_{cp} — среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока (значения коэффициента z_{cp} для различных поверхностей приведены далее); A — параметр, определяемый по формуле (4.3); F — расчетная площадь стока, га, определяемая по плану; t_p — расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам $t_{тр}$ до расчетного участка, мин, определяемой по формуле (4.4); n — показатель степени, определяемый по табл. 4.1.

Значения коэффициента z_{cp} для водопроницаемых поверхностей

Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия	
дорог	0,224
Булыжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125

Гравийные садово-парковые дорожки	0,090
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
Газоны	0,038

**Значения коэффициента $z_{\text{ср}}$ для водонепроницаемых поверхностей
(в том числе кровли зданий и сооружений, асфальтобетонных
покрытий дорог) в зависимости от параметра A**

Параметр A	300	400	500	600	700	800	1 000	1 200	1 500
Коэффициент $z_{\text{ср}}$...	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23

Расчетный расход дождевых вод для гидравлического расчета дождевых сетей $q_{\text{расч}}$, л/с, определяют по формуле

$$q_{\text{расч}} = \beta q_r, \tag{4.2}$$

где β — коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости сети в момент возникновения напорного режима.

Значение коэффициента β в зависимости от показателя степени n

Показатель степени n	Менее 0,4	0,5	0,6	Более 0,7
Коэффициент β	0,80	0,75	0,70	0,65

Примечание. При уклонах местности 0,01...0,03 указанные значения коэффициента β следует увеличивать на 10...15 %, а при уклонах местности свыше 0,03 — принимать равными единице.

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

Таблица 4.1

Значения n , m_r и γ по районам

Район	Значение n при		m_r	γ
	$P \geq 1$	$P < 1$		
Побережья 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	2,00
Наветренные склоны возвышенностей европейской части России и Северное Предкавказье	0,70	0,66	70	1,54
Ставропольская возвышенность, северные предгорья Большого Кавказа, северный склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82

Район	Значение n при		m_r	γ
	$P \geq 1$	$P < 1$		
Южная часть Западной Сибири	0,72	0,58	80	1,54
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
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 Нижесамурской 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
Черноморское побережье и западный склон Большого Кавказа	0,62	0,58	90	1,54
Побережье Каспийского моря	0,51	0,43	60	1,82
Восточный склон Большого Кавказа, Кура-Араксинская низменность до 500 м	0,58	0,47	70	1,82
Южный склон Большого Кавказа выше 1 500 м, южный склон выше 500 м (Дагестан)	0,57	0,52	100	1,54
Побережье Черного моря, склоны Кавказа до 2 000 м	0,54	0,5	90	1,33
Бассейн Куры, восточная часть Малого Кавказа, Талышский хребет	0,63	0,52	90	1,33

При величине расчетной продолжительности протекания дождевых вод меньше 10 мин в формулу (4.1) следует вводить поправочный коэффициент, равный 0,8 при $t_r = 5$ мин и 0,9 при $t_r = 7$ мин.

Параметры A и n следует определять по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в данном конкретном пункте. При отсутствии обработанных данных допускается параметр A определять по формуле

$$A = q_{20} 20^n (1 + \lg P / \lg m_r)^\gamma, \tag{4.3}$$

где q_{20} — интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при $P = 1$ год, определяемая по рис. 4.1; n — показатель степени, определяемый по табл. 4.1; P — период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый по табл. 4.2; m_r — среднее количество дождей за год, принимаемое по табл. 4.1; γ — показатель степени, принимаемый по табл. 4.1.

Необходимо учитывать особенности расположения коллекторов. При благоприятных условиях расположения коллекторов бассейнов площадью не более 150 га имеет плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 0,005 и менее; коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона на расстоянии от водораздела не более 400 м.

При средних условиях расположения коллекторов бассейнов площадью свыше 150 га имеет плоский рельеф с уклоном 0,005 и менее; коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу с уклоном склонов 0,02 и менее, при этом площадь бассейна не превышает 150 га.

При неблагоприятных условиях коллектор проходит в нижней части склона, площадь бассейна превышает 150 га, а если по тальвегу с крутыми склонами, то при среднем уклоне склонов свыше 0,02.

При особо неблагоприятных условиях коллектор отводит воду из замкнутого пониженного места (котловины).

Если площадь стока коллектора составляет 500 га и более, то в формулу (4.1) следует вводить поправочный коэффициент K , учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади:

Площадь стока, га	500	1 000	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
K	0,95	0,90	0,85	0,8	0,7	0,6	0,55

Расчетные расходы дождевых вод с незастроенных площадей водосборов свыше 1 000 га, не входящих в территорию населенного пункта, следует определять по соответствующим нормам стока для расчета искусственных сооружений автомобильных дорог (согласно ВСН 63-76).

Расчетную продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам t_p , мин, следует принимать по формуле

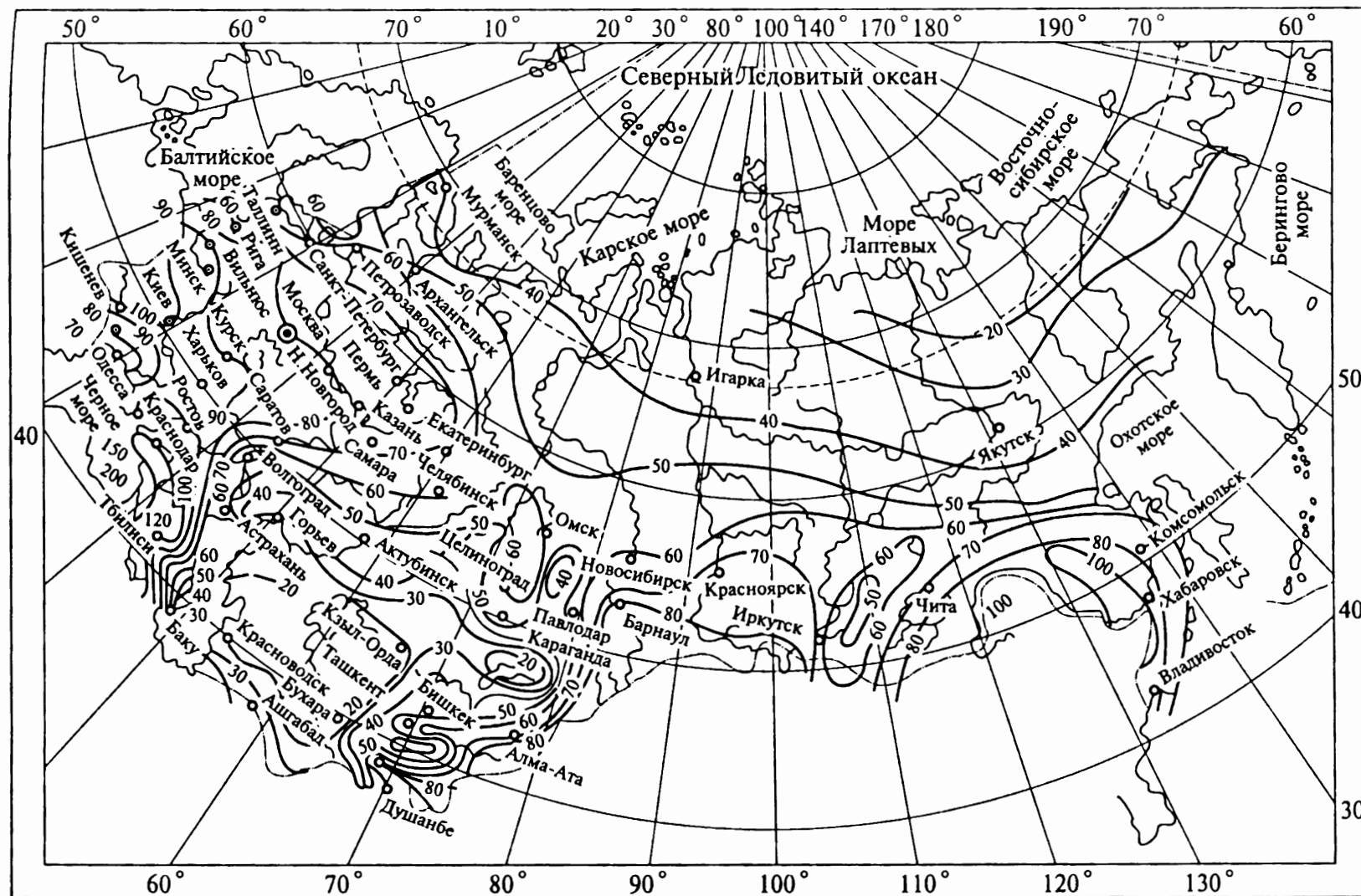


Рис. 4.1. Карта изолиний q_{20} на территории России и стран СНГ

**Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя
в зависимости от условий расположения коллекторов**

Условия расположения коллекторов		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P , лет, для населенных пунктов при значениях q_{20}			
На проездах местного значения	На магистральных улицах	До 60	Свыше 60 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33 ... 0,50	0,33 ... 1,00	0,5 ... 1,0	1 ... 2
Неблагоприятные	Средние	0,5 ... 1,0	1,0 ... 1,5	1 ... 2	2 ... 3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2 ... 3	2 ... 3	3 ... 5	5 ... 10
Особо неблагоприятные	Особо неблагоприятные	3 ... 5	3 ... 5	5 ... 10	10 ... 20

$$t_p = t_{\text{лот}} + t_{\text{дожд}} + t_{\text{тр}}, \quad (4.4)$$

где $t_{\text{лот}}$ — продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин; $t_{\text{дожд}}$ — продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника (при отсутствии их в пределах квартала); $t_{\text{тр}}$ — продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения.

Время поверхностной концентрации дождевого стока следует определять расчетным путем или принимать в населенных пунктах при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей равным 5...10 мин; при наличии их — 3...5 мин.

При расчете внутриквартальной канализационной сети время поверхностной концентрации $t_{\text{лот}}$ принимают равным 2...3 мин.

Продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника $t_{\text{дожд}}$ мин, определяют по формуле

$$t_{\text{дожд}} = 0,021 \sum \frac{l_{\text{дожд}}}{v_{\text{дожд}}}, \quad (4.5)$$

где $l_{\text{дожд}}$ — длина участков лотков, м; $v_{\text{дожд}}$ — расчетная скорость течения на участке, м/с.

Продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения $t_{\text{тр}}$, мин, определяют по формуле

$$t_{\text{тр}} = 0,017 \sum \frac{l_p}{v_p}, \quad (4.6)$$

где l_p — длина расчетных участков коллектора, м; v_p — расчетная скорость течения на участке, м/с.

Территории садов и парков, не оборудованные дождевой закрытой или открытой канализацией, в расчетной величине площади стока и при определении коэффициента z не учитываются. Если территория объекта имеет уклон поверхности 0,008...0,010 и более в сторону улиц и проездов, то в расчетную площадь стока необходимо включать прилегающую к проезду полосу шириной 50...100 м.

Озелененные территории внутри жилых районов (полосы газонов вдоль дорог, бульвары, и т.д.) следует включать в расчетную величину площади стока и учитывать при определении коэффициента поверхности бассейна стока z .

Конструктивные элементы канализации представлены внутренними канализационными устройствами зданий, наружной внутриквартальной канализационной сетью, наружной уличной канализационной сетью, насосными станциями, напорными тру-

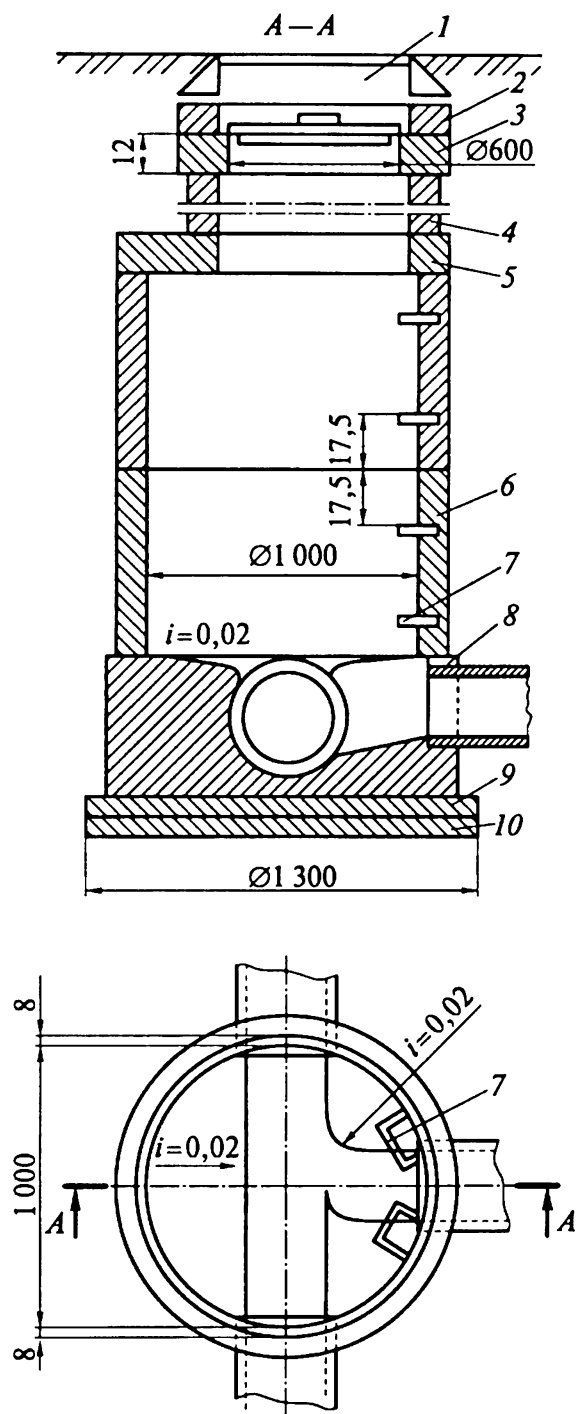


Рис. 4.2. Типовой круглый смотровой колодец из стандартных железобетонных колец для уличной сети диаметром 150...600 мм:

1 — круглый металлический люк с крышкой; 2 — регулировочные вставки или кирпичная кладка; 3 — опорное кольцо; 4 — бетонное кольцо диаметром 700 мм и высотой 300...600 мм; 5 — плита перекрытия; 6 — бетонное кольцо диаметром 1000 мм; 7 — ходовые скобы; 8 — регулировочные вставки или кирпичная кладка; 9 — плита основания; 10 — щебеночная подготовка

бопроводами, очистными сооружениями и устройствами для выпуска очищенных сточных вод в гидрографическую сеть.

Канализационные сети строят с учетом рельефа местности. Всю территорию канализации обычно разделяют на бассейны канализации. *Бассейном канализации* называется часть территории, ограниченная водоразделами. Участки канализационной сети, собирающие сточные воды с одного или нескольких бассейнов, называются *коллекторами*. Коллекторы часто имеют достаточно большие размеры. Коллекторы подразделяются на следующие виды:

- коллекторы бассейнов канализации, собирающие сточные воды с отдельных бассейнов;
- главные коллекторы, принимающие и транспортирующие сточные воды двух или более коллекторов бассейновой канализации;
- загородные коллекторы, отводящие сточные воды транзитом (без присоединений) за пределы объекта канализации к насос-

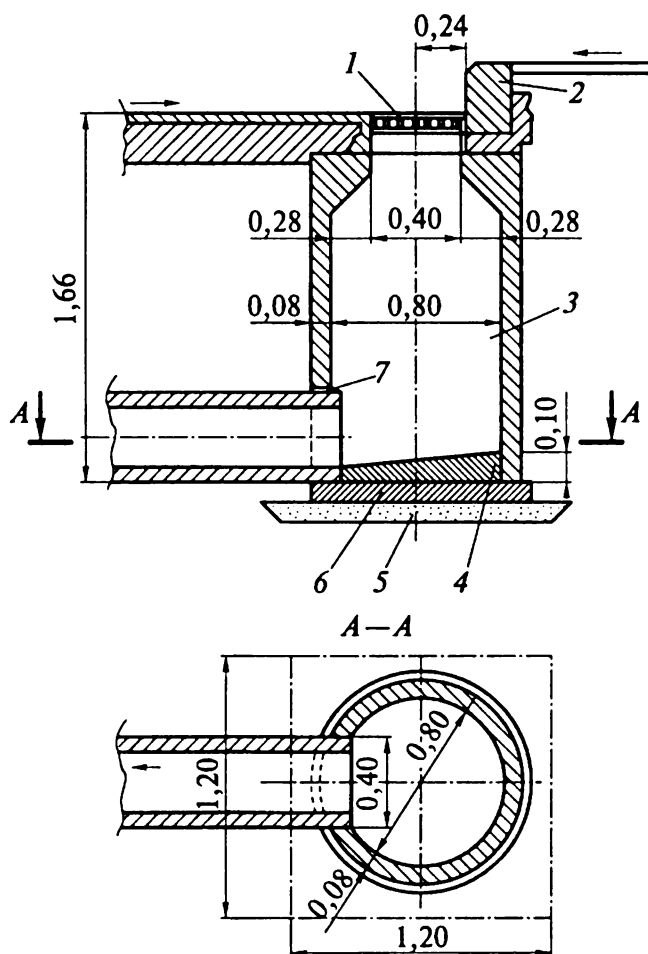


Рис. 4.3. Типовой дождеприемный колодец из сборных железобетонных элементов:

1 — дождеприемная решетка; 2 — бетонный борт; 3 — колодец; 4 — лоток набивной из бетона класса В 15; 5 — песчаная подушка; 6 — плита основания; 7 — заделка отверстий бетоном класса В 15; размеры указаны в м

ным станциям, очистным сооружениям или местам выпуска в гидрографическую сеть.

Для осмотра, промывки и прочистки канализационной сети от засорения устраивают смотровые колодцы (рис. 4.2). Для приема атмосферных сточных вод с проездов, из лотков дождевой канализации или иных сооружений стока применяют дождеприемники, представляющие собой круглые или прямоугольные в плане колодцы с металлической решеткой сверху (рис. 4.3).

Расстояние между дождеприемниками при пилообразном продольном профиле принимают в зависимости от продольного уклона и глубины воды в точке изменения уклона. Расстояния при продольном уклоне одного направления устанавливают расчетным путем исходя из условия, что ширина потока перед решеткой не должна превышать 2 м.

Длина присоединения от дождеприемника до смотрового колодца на коллекторе должна быть не более 40 м. Допускается один промежуточный дождеприемник. Диаметр присоединения определяется по расчетному притоку при уклоне 0,02, но не менее 200 мм. К дождеприемнику допускается присоединение водосточных труб зданий и дренажных трубопроводов.

При полураздельной системе канализации следует применять дождеприемники с приямком (отстойником) глубиной 0,5...0,7 м для осадка и гидравлическим затвором высотой не менее 0,1 м. Присоединение открытого канала или лотка к закрытой сети следует предусматривать через колодец с отстойником не менее указанных ранее размеров. При этом в оголовке канала или лотка необходимо предусматривать решетки с прозорами не более 50 мм. Диаметр присоединения определяют расчетным путем, но не менее 250 мм.

4.2. Нормативы и методы расчета канализационной сети

Канализационную сеть и сооружения на ней рассчитывают на максимально возможный секундный расход воды, который называется расчетным.

Гидравлический расчет канализационной сети можно выполнить по специальным таблицам и номограммам (Приложение), а также по формулам Шези, названным по имени французского гидравлика, предложившего их в 1775 г.:

$$v = C\sqrt{Ri};$$

$$Q = \omega C\sqrt{Ri},$$

где v — средняя скорость потока, м/с; C — скоростной коэффициент (коэффициент Шези); R — гидравлический радиус, м; i —

уклон поверхности воды при равномерном движении (уклон поверхности воды равен уклону дна канала — снимается с продольного профиля); Q — расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; ω — площадь живого сечения потока, м^2 .

Коэффициент Шези определяют по формуле Н. Н. Павловского:

$$C = (1 / n_{\text{ш}}) R^y,$$

где $n_{\text{ш}}$ — коэффициент гидравлической шероховатости (значения коэффициента $n_{\text{ш}}$ открытых русел, для труб и лотков приведены далее); y — показатель степени, $y = 2,5\sqrt{n_{\text{ш}}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R(\sqrt{n_{\text{ш}}} - 0,1)}$.

Гидравлический радиус определяют по формуле

$$R = \omega / \chi,$$

где χ — смоченный периметр, м.

Площадь живого сечения потока определяют по формуле

$$\omega = (b + mh)h,$$

где b — ширина по дну, м; m — коэффициент заложения откоса; h — глубина воды, м.

Смоченный периметр (при трапецеидальном сечении русла) определяют по формуле

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}.$$

Значения коэффициента шероховатости $n_{\text{ш}}$ открытых русел

<i>Характер поверхности</i>	<i>Коэффициент $n_{\text{ш}}$</i>
Строганое дерево, гладкая бетонная поверхность	0,011
Доски нестроганные, бетонная и железобетонная облицовка при хорошем качестве работ	0,012
Кладка кирпичная и из тесаного камня	0,013
Кладка бутовая без облицовки, бетон	0,017
Булыжная мостовая, плотные грунты в естественном состоянии	0,020
Скальные грунты при посредственной обработке, лёссовые и гравелистые грунты	0,0225
Земляные русла, реки, каналы в благоприятных условиях течения	0,025
Естественные потоки с отложением на дне крупного гравия	0,030

Значения коэффициента шероховатости $n_{\text{ш}}$ для труб и лотков

<i>Трубы и лотки</i>	<i>Коэффициент $n_{\text{ш}}$</i>
Керамические	0,014
Бетонные и железобетонные	0,014

Асбестоцементные	0,012
Чугунные	0,013
Стальные	0,012
Кирпичные	0,015

Минимальные диаметры труб для уличных канализационных сетей установлены в зависимости от системы канализации:

- при полной раздельной системе — 200 мм; для бытовой сети — 200 мм; для дождевой сети — 250 мм;
- при общесплавной сети — 250 мм.

Наибольшее расчетное наполнение (h/d) в трубопроводах бытовой канализационной сети рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб d (СНиП 2.04.03-85):

d , мм	150...250	300...400	450...900	1 000 и более
h/d	0,6	0,7	0,75	0,8

В трубопроводах дождевой канализационной сети полной раздельной системы и в трубопроводах сети общесплавной системы следует принимать полное наполнение, при котором $h/d = 1,0$.

Скорость воды и уклон труб. Вода в канализационных сетях должна транспортировать плотные частицы мусора, такие как песок, шлак, бой стекла и т.д. Скорость, соответствующая полному взвешиванию потоком загрязнений, называется *самоочищающей* (критической).

Минимальные расчетные скорости должны быть выше самоочищающих. Для бытовой канализационной сети самоочищающие скорости v_c зависят от диаметра трубы d :

d , мм	150...250	300...400	450...500	600...800
v_c , м/с	0,7	0,8	0,9	1,0
d , мм	900...1 200	1 300...1 500	Свыше 1 500	
v_c , м/с	1,15	1,3	1,5	

Твердые частицы истирают дно трубы, поэтому скорость течения в металлических трубопроводах должна быть не более 8 м/с, а в неметаллических трубах — не более 4 м/с.

Минимальный уклон труб бытовой канализационной сети можно определить по приближенной формуле

$$i = 1/d,$$

где d — внутренний диаметр труб, мм.

Глубина заложения трубопроводов. При проектировании трубопровода глубину его заложения необходимо сделать как можно меньше, но с учетом следующих условий:

- предохранение сточных вод в трубах от замерзания;
- защита труб от механического повреждения;
- возможность присоединения к уличной сети.

Наименьшую глубину заложения канализационных трубопроводов h , м, принимают, основываясь на местном опыте. При отсутствии такого опыта ее можно определить по формуле

$$h = h_{\text{пром}} - e,$$

где $h_{\text{пром}}$ — глубина промерзания грунта, м; e — величина, равная 0,3 м для труб диаметром до 500 мм и 0,5 м для труб большего диаметра.

Трубопроводы не должны разрушаться временными динамическими нагрузками от транспорта. Так, глубина заложения от поверхности земли до верха керамических труб не должна быть меньше 0,7 м.

Наибольшая глубина заложения трубопроводов зависит от профиля земли и способа производства работ. При открытом способе в сухих грунтах глубина заложения не должна превышать 7...8 м, в мокрых грунтах — 5...6 м.

Соединение канализационных труб (в колодцах) одинакового диаметра при разном расчетном наполнении, а также труб разного диаметра можно выполнить по уровням воды или по верху труб.

4.3. Устройство канализационной сети

Для устройства канализационной сети применяют прочные и водонепроницаемые материалы, к которым можно отнести керамические, бетонные, железобетонные и асбестоцементные трубы, а также кирпич и железобетон, из которых выполняют крупные коллекторы. Более мелкие канализационные сети выполняют также из винипластовых, стеклянных и фанерных труб. Напорные трубопроводы выполняют из железобетонных и асбестоцементных труб.

Керамические трубы изготавливают раструбными длиной 1 000 и 1 200 мм и диаметром до 600 мм (ГОСТ 286—82). Внешнюю и внутреннюю поверхности труб покрывают глазурью. Бетонные трубы, применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготавливают диаметром 100...1 000 мм, а железобетонные — диаметром до 2 400 мм (ГОСТ 6482—88). Бетонные и железобетонные трубы изготавливают раструбными и фальцевыми из бетона марки не ниже 300 вибрационным или центробежным способом.

Асбестоцементные безнапорные трубы, применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготавливают без раструбов диаметром 150...600 мм и длиной 2,950 и 3,925 м (ГОСТ 1839—80 с изм.). Соединяют асбестоцементные трубы при помощи муфт.

Заделка раструбных и муфтовых соединений труб самотечных линий состоит из уплотняющей конопатки и асфальтового, асбе-

стоцементного или цементного замка. В настоящее время для уплотнения стыков применяют также резиновые кольца и кольца из поливинилхлоридной смолы (пластизола).

Для осмотра или прочистки канализационной сети сооружают смотровые колодцы, которые подразделяются на линейные, поворотные, контрольные и перепадные.

Линейные смотровые колодцы устраивают на прямолинейных участках сети каждые 35...300 м по ее длине (в зависимости от диаметра труб): при диаметре труб 150 мм — через каждые 35 м; 200...450 мм — 50 м; 500...600 мм — 75 м; 700...900 мм — 100 м; 1 000...1 400 мм — 150 м; 1 500...2 000 мм — 200 м; более 2 000 мм — 250...300 м.

Поворотные смотровые колодцы устраивают в местах изменения уклона канализационной сети и ее направления в плане. Узловые колодцы устраивают в местах соединения линий.

Контрольные смотровые колодцы устраивают в местах присоединения внутриквартальных сетей к уличным сетям. Смотровые колодцы можно выполнять из кирпича и сборного железобетона (см. рис. 4.2). В плане они могут иметь круглую или прямоугольную форму. Диаметр рабочей камеры круглого в плане колодца должен быть не менее 1 м, а диаметр горловины — не менее 0,7 м.

Перепадные смотровые колодцы сооружают на сети для соединения трубопроводов, уложенных на различной глубине. При диаметре труб до 500 мм и высоте перепада до 6 м перепадные колодцы выполняют со стояком из чугунных, асбестоцементных или железобетонных труб. При диаметре труб более 500 мм перепадные колодцы выполняют с водосливом практического профиля и водобойным колодцем в основании. Перепадные колодцы могут сооружаться из кирпича и железобетона. При наличии подземных вод наружная поверхность колодца на 0,5 м выше их верхнего уровня покрывается гидроизоляцией.

Пересечение коллекторов с реками, оврагами, автомобильными и железными дорогами выполняют путем устройства акведуков, дюкеров, эстакад и других сооружений. Коллекторы обычно трассируют по пониженным участкам местности для обеспечения прокладки присоединяемых к ним участков сети вышележащих бассейнов.

4.4. Эксплуатация канализационной сети

Дождевая канализационная сеть рассчитана на многолетнее использование. Это возможно лишь в том случае, если будет налажена ее правильная эксплуатация. Для повышения эффективности действия и увеличения срока службы дождевой канализации необходимо иметь на нее техническую документацию, организо-

вать охрану, уход и надзор за ней, своевременно и с высоким качеством выполнять ремонтные работы.

В задачи службы контроля и надзора входят:

- периодический осмотр устройств дождевой канализации, сопровождающийся устранением мелких неисправностей;
- проведение планово-предупредительного и текущего ремонта и ликвидация аварий;
- наружный осмотр сети, который производят не реже одного раза в два месяца путем обходов трасс линий сети и осмотров внешнего состояния устройств и сооружений на сети без опускания людей в смотровые колодцы.

Для устранения неисправностей работы сети используют различные приемы:

- при диаметре трубопроводов до 200 мм прочистку осуществляют промывкой водой из водопроводной сети;
- при диаметрах трубопроводов более 200 мм прочистку осуществляют промывкой водой с использованием различных снарядов в форме шаров, цилиндров или насадок с реактивной тягой;
- прочистку осуществляют также гидродинамической промывкой высоконапорными струями воды.

Гидравлическую промывку с использованием снарядов применяют для удаления плотного осадка. В качестве снарядов могут быть использованы деревянные или надувные резиновые шары, диски, цилиндры («чушки») из полиуретана с лентой из абразивного материала, нанесенной на боковую поверхность, и другие устройства.

Работы проводят в соответствии с принятыми методиками и инструкциями. Снаряды закрепляют на тросе, навитом на барабан ручной или механической лебедки, и запускают в верховой колодец промываемого участка.

В зависимости от толщины слоя осадка диаметр снаряда должен быть на 10...30 % меньше диаметра труб коллектора. Вначале пропускают снаряд меньшего диаметра, а затем по мере удаления осадка используют снаряды большего диаметра. Скорость продвижения снаряда регулируют с помощью лебедки и троса, на котором он закреплен.

Гидродинамическую промывку можно осуществить с использованием специальной автоцистерны, оборудованной насосом высокого давления, а также лебедкой с гибким шлангом и соплом, создающим реактивное движение струи, способствующей продвижению снаряда в трубопроводе и смыву осадка, который затем аккумулируется в колодце. Осадок извлекают из колодца насосом или бадьей.

Ручную прочистку трубопроводов малого диаметра рекомендуется выполнять с использованием специального снаряда в виде стального троса с витой спиральной оболочкой из пружинистой

проволами с наконечником. Снаряд заводят в верховой колодец через изогнутую направляющую трубу и продавливают до низового колодца. Возможно также применение специальной техники.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужна дождевая канализация?
2. Какие факторы влияют на формирование расчетных расходов дождевых вод?
3. Какими нормативами необходимо пользоваться при проектировании дождевой канализации?
4. Назовите основные сооружения дождевой канализации и нормативы их проектирования.
5. Какие принципы положены в основу эксплуатации канализационной сети?

ВОДООТВЕДЕНИЕ. ДРЕНАЖ**5.1. Целесообразность дренажа**

В результате природных процессов (выпадение дождя, снега, поверхностный склоновый и речной сток и др.), а также действий человека (застройка лесных и полевых участков, прокладка дорог, дорожек и площадок с твердым покрытием, строительство водосмоов, каналов, транспортных линейных сооружений) происходит более или менее длительное задержание воды на поверхности почвы, а также проникновение поверхностных вод в более глубокие горизонты почвы и грунта.

Последствиями указанных процессов часто являются переувлажнение верхних горизонтов почвы, препятствующее нормальному росту и развитию растений, а также подъем уровня грунтовых вод, особенно самого верхнего временного горизонта, называемого верховодкой. Вода верховодки может подтапливать корневые системы растений, ухудшая их развитие, подтапливать или затапливать подвальные помещения зданий и сооружений, сезонно переувлажнять земляное полотно автомобильных дорог, вызывая его деформацию или морозное пучение, приводящее к тем же последствиям.

Указанные процессы приводят к изменению водного баланса почвенно-грунтового покрова со всеми вытекающими из этого негативными последствиями. Поэтому для нормализации водного баланса человек давно уже научился удалять избыточную влагу из мест ее скопления. Для этого применяют различные виды водоотведения, которые в зависимости от характера и сферы действия подразделяются на осушение (дренаж) (для удаления избытка почвенно-грунтовых вод) и дождевую канализацию (для удаления избытка поверхностных вод).

Термин «дренаж» (от *англ.* drain — осушать) широко применяется в мелиорации различных стран и характеризует способ осушения почв и грунтов с помощью искусственных подземных водотоков-дрен, выполненных в виде перфорированных труб или иных полостей, принимающих избыток грунтовых вод и отводящих их за пределы осушаемой территории.

В России традиционно используют два основных термина: «осушение» — для удаления избытка воды сетью открытых каналов; «дренаж» — для удаления избытка воды системой закрытых (подземных) водотоков. Поэтому иногда применяют более конкрет-

ный термин — «закрытый дренаж». В ряде стран, таких как Великобритания и США, термином «дренаж» обозначают любой вид осушения.

Перед тем как приступить к изысканиям, проектированию и, тем более, строительству дренажа, необходимо убедиться в том, что дренаж действительно необходим. При этом степень необходимости дренажа также может быть различной. Совершенно необходим дренаж там, где без него вообще невозможно создание насаждений ландшафтной архитектуры. В то же время могут быть такие ситуации, когда создать насаждения можно, но они периодически будут подвергаться негативным воздействиям, в результате чего возможны такие явления, как плохая всхожесть и приживаемость, угнетение растений в различной степени, замедленное развитие и большая длительность периода достижения ожидаемой ландшафтной выразительности.

Для решения вопроса о целесообразности дренажа необходимо опираться главным образом на объективные природные признаки, которые более понятны специалистам, имеющим определенный опыт работы.

Поскольку диагностических признаков много, а степень их надежности различна, всю совокупность показателей целесообразно разделить на четыре основные группы: внешние признаки, диагностика по растительности, почвенные показатели и агротехнические показатели.

Внешние признаки проявляют себя в основном в весенний и летний периоды, а их оценка производится на глаз и зависит от опытности специалиста. К внешним признакам относятся:

- длительный застой воды в микропонижениях;
- более высокая влажность поверхности почвы по сравнению с соседними участками, топкая поверхность и т. д.

Внешние признаки сравниваются с неким эталоном, который оценивается специалистом как достаточно благополучный и не требующий дополнительного дренирования. Внешние признаки оцениваются с достаточной степенью субъективности и требуют определенного опыта от специалиста. Необходимо учитывать время проведения обследований, так как в ранневесенний период практически все почвы переувлажнены. К середине лета при наличии сухой погоды и высокой температуры воздуха условия для создания насаждений являются достаточно приемлемыми.

Диагностика по растительности является более объективной, так как растительный покров может быть оценен по трем основным показателям: видовому составу, встречаемости видов и степени проективного покрытия.

К числу диагностических признаков по растительности относится отсутствие или малое количество злаковых и бобовых растений, которые негативно реагируют на избыток влаги и исчезают

из природных растительных сообществ естественных лугов и пастбищ. При ведении сельского хозяйства (распашка, посев трав и т.д.) данный признак не имеет особого значения.

При оценке степени увлажнения по луговой растительности характерным признаком является появление плотнокустовых злаков, которые академик В. Р. Вильяме оценивал в качестве вестников, и растений — пионеров наступающего заболачивания.

Характерным признаком переувлажнения и начала болотообразовательного процесса является наличие на объекте водной или влаголюбивой растительности, такой как ситник, сабельник, чистуха подорожниковая, осоки, тростник, рогоз и др. Все перечисленные растения относятся к травянистым. Кроме них можно назвать влаголюбивые мхи, особенно сфагновые, которые обычно поселяются на залесенных участках, выбирая в зависимости от степени увлажнения или микропонижения (начальная стадия избыточного увлажнения), или ровные участки вместе с микропонижениями (среднее переувлажнение). Мхи поднимаются даже на микроповышения, что свидетельствует о достаточно развитом процессе переувлажнения и начале заболачивания.

Хорошим диагностическим признаком являются растущие на участке деревья. При этом важными показателями являются породы деревьев, динамика их состава, места расположения, особенности строения корневых систем и наличие поверхностной или сердцевинной гнили.

Так, в ряде случаев, особенно по берегам сравнительно недавно построенных водохранилищ, наблюдаются такие явления, как вытеснение хвойных пород (сосны и ели) лиственными (березой, ивой и др.). Такие процессы часто происходят под влиянием распространения волны подтопления, представляющей собой повышение положения кривой депрессии грунтовых вод на достаточно большом расстоянии от уреза воды, достигающем порой нескольких километров.

Характерным признаком для хвойных пород и березы является рост деревьев на кочках, гривах или иных микроповышениях, или на достаточно высоких корневых лапах, достигающих в высоту 20 см. Это положение более характерно для ели и менее характерно для сосны и березы на минеральных почвах. Поэтому именно сосна и береза являются более надежными индикаторами, по крайней мере, сезонного переувлажнения лесных участков.

Еще одним диагностическим признаком является наличие поверхностной или сердцевинной гнили у таких лиственных пород, как береза, осина и др. Наличие других признаков переувлажнения в этом случае подтверждает надежность диагностики по наличию гнили.

Почвенные показатели являются достаточно надежными признаками переувлажнения. Одним из хорошо видимых признаков

является близкий уровень грунтовых вод по сезонам. При анализе положения грунтовых вод необходимо учитывать, в первую очередь, время года и количество осадков предшествующего периода. Дело в том, что уровни грунтовых вод (независимо от глубины положения) имеют четкую сезонную динамику: весеннее повышение, летнее понижение, осеннее повышение и зимнее понижение. Поэтому нельзя судить о степени переувлажнения только по глубине залегания уровня грунтовых вод. Уровень воды на обследуемом участке целесообразно сопоставлять с уровнем воды на благополучном участке.

Другим признаком длительного застоя грунтовых вод является оглеение почв, проявляющееся в виде отдельных пятен сизоватого, зеленоватого, бурого или голубоватого цвета на стенках почвенных шурфов. Иногда эти пятна сливаются в сплошной оглеенный горизонт. В этом случае важно расположение этого горизонта по отношению к поверхности почвы. Чем этот горизонт ближе к поверхности, тем сильнее переувлажнение оглеенных почв. Указанные особенности характерны для глинистых и суглинистых почв.

В песчаных и супесчаных переувлажненных почвах часто образуются включения в виде зерен, сцементированных солями железа (ортзандовый горизонт), или в виде сплошного сцементированного плотного водонепроницаемого слоя (ортштейновый горизонт). Если образовался такой плотный, плохо проницаемый горизонт, то он, в свою очередь, способствует переувлажнению верхних горизонтов, не пропуская воду в нижерасположенные горизонты почвы и грунта.

Характерным показателем переувлажнения почв, перешедшего в болотообразовательный процесс, является наличие торфянистого (толщиной до 30 см) или торфяного (толщиной более 30 см) горизонта, характерного для болот со специфическим строением почв, болотным напочвенным покровом и соответствующей (в зависимости от типа) древесно-кустарниковой растительностью. Только один этот признак является надежным показателем необходимости дренажа для создания устойчивых ландшафтных насаждений.

Одним из *агротехнических показателей* является тяжелый гранулометрический состав почв и их позднее поспевание. Характеристику почв можно получить методами лабораторного анализа или в полевых условиях методом раскатывания образца в жгут и его сгибания. Спелость почв определяется прилипанием или отлипанием почвы от почвовобразующего орудия и лопаты при копании почвы. Хорошее освобождение лопаты от почвы является признаком ее спелости.

Другим агротехническим показателем целесообразности дренажа является неравномерное поспевание почв по отдельным уча-

сткам, что затрудняет одновременное проведение ландшафтных работ на объекте. Последним агротехническим показателем является несоответствие физических и водных свойств почв потребностям растений, особенно экзотов и интродуцентов.

Практическое использование приведенных выше диагностических признаков на практике заключается в том, что если два (а еще лучше три) признака из разных групп свидетельствуют в пользу дренажа, то, скорее всего, это мероприятие окажется достаточно полезным на данном объекте.

Исключением из этого правила является наличие торфянистого или торфяного горизонта, свидетельствующего о необходимости дренажа.

5.2. Последствия дренажа

Допустим, что дренаж уже проведен и нужно ответить на вопрос, каковы же его последствия. Более чем 200-летний опыт России и еще более продолжительный опыт зарубежных стран показывает, что это мероприятие крайне эффективно. Что же происходит в толще почвы при дренаже?

Наиболее известное последствие дренажа — удаление избытка влаги из почвы. Вместо воды освободившийся объем занимает воздух, улучшая аэрацию корнеобитаемого слоя почвы.

В результате удаления избытка влаги ускоряется созревание почвы весной, что приближает начало весенних полевых работ по созданию ландшафтных насаждений. Одновременно выравнивается скорость созревания почвы на отдельных контурах, что также позволяет проводить работы по благоустройству одновременно и в более сжатые сроки.

Ускорение созревания почв тесно связано с тепловыми свойствами дренируемых почв. К тепловым свойствам почв В.А. Ковда относит теплопоглотительную способность, теплоемкость, теплопроводность и др.

Теплоемкость почвы — это способность почвы поглощать тепловую энергию. Теплоемкость почвы можно подразделить на три основных вида: удельную, объемную и эффективную. Теплоемкость почвы C , Дж/(г · К), выражается через приращение теплоты в почве при изменении ее температуры:

$$C = \frac{dQ}{dT},$$

где Q — количество теплоты в почве, Дж/(г · К); T — температура почвы, К.

Теплоемкость почвы зависит от минералогического и гранулометрического состава, содержания органического вещества, ха-

рактера сложения и степени оструктуренности. Для сравнения далее приведена теплоемкость некоторых почв и их основных частей (по В. А. Ковда и В. Т. Трофимову).

<i>Часть почвы</i>	<i>Удельная теплоемкость C, Дж/(г · К)</i>
Пески разные	0,70...0,84
Глина воздушно-сухая	0,75...0,98
Воздух	1,02
Торф воздушно-сухой	0,8...2,1
Лед	2,09
Вода связанная	2,93...4,12
Вода свободная	4,12
Чернозем	0,96
Серозем	0,91
Краснозем	1,04
Гранит	0,54...0,79
Известняк	0,67...1,04
Песчаник	0,75...0,95

Теплоемкость почвы зависит от степени увлажнения и может быть рассчитана по формуле П. И. Андрианова:

$$C = 0,2x + 0,7y + (W - y),$$

где x — содержание минеральных частиц, %; y — содержание прочно связанной воды, %; W — влажность почвы, %.

По теплоемкости почвы подразделяются на холодные и теплые. Например, глинистые почвы являются более теплоемкими, нагреваются медленнее и считаются холодными. У песчаных почв все наоборот, и они считаются теплыми.

Теплопроводность почвы — это способность почвы передавать тепловую энергию путем теплового взаимодействия между твердыми, жидкими и газообразными частицами. Теплообмен определяется по уравнению термодиффузии:

$$dQ = -\lambda \frac{dT}{dZ} S dt,$$

где Q — поток тепловой энергии, Дж, проводящей через сечение S ; λ — коэффициент теплопроводности, Вт/(см · К) (знак «—» свидетельствует о убывании температуры; T — температура слоев почвы, К; Z — глубина слоев почвы, см; S — площадь сечения, см²; t — время, с.

Теплопроводность почв оценивается коэффициентом теплопроводности, который характерен для каждой почвы и каждого горизонта в отдельности.

Далее приведены коэффициенты теплопроводности некоторых частей почвы (по В. А. Ковда и В. Т. Трофимову).

<i>Часть почвы</i>	<i>Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(см · К)</i>
Воздух	0,00021
Торф воздушно-сухой	0,00012...0,0014
Вода	0,0059
Лед	0,021
Кварц	0,029...0,063
Базальт	0,029...0,043
Гранит	0,022...0,041

Из приведенных данных видно, что наименьшую теплопроводность имеет почвенный воздух, а наибольшую — минеральные частицы. В свою очередь, плотные почвы имеют большую теплопроводность, а рыхлые и хорошо оструктуренные — меньшую.

Важнейшей ролью дренажа является преобразование закисных процессов в почве в окисные, благодаря чему ранее нерастворимые питательные вещества переходят в растворы и становятся доступными для питания растений. Этот процесс позволяет мобилизовать почвенное плодородие и обеспечить дополнительное питание растений. Таким образом, дренаж регулирует не только водный и тепловой режим переувлажненных почв, но и питательный, делая их более плодородными.

Несколько иная картина складывается тогда, когда осушаемые торфяные и минеральные почвы подвергаются систематической обработке.

Под влиянием осушения уровень грунтовых вод понижается, усиливается аэрация, а сев и посадка производятся на 10... 14 сут раньше (по А. А. Черкасову). Улучшаются условия питания растений минеральными веществами, улучшается структура почвы, активизируются микробиологические процессы. Все это улучшает развитие растений, которые, в свою очередь, воздействуют на почву. Изложенное ранее подтверждается экспериментальными данными, приведенными в табл. 5.1.

Аналогичная картина наблюдается и в дренируемых минеральных почвах, при дренаже которых, в первую очередь, наряду с увеличением аэрации увеличивается коэффициент фильтрации, причем тем сильнее, чем ближе участок почвы расположен к дренажу (табл. 5.2).

Осушение активизирует также деятельность низших животных (червей, тысячножек, клещей и др.), увеличивает их количество и число видов. При этом сокращается количество насекомых и происходит оздоровление местности. В засушливые годы дренаж увеличивает влажность почвы (табл. 5.3).

Таблица 5.1

Изменение содержания питательных веществ в дренированных торфяных почвах (по М. К. Белану)

Питательные вещества	Содержание питательных веществ, мг, на 1 кг сухой почвы			
	не дренированной	дренированной при расстоянии между дренами, м		
		30	20	10
Поглощенный NH_3	103,5	115,9	125,0	132,1
Водорастворимый NH_3	45,3	26,4	23,3	23,4
Водорастворимый NO_3	0	0,3	1,0	6,5
Водорастворимый P_2O_5	10,7	23,7	23,2	19,8
Водорастворимый CaO	78,2	95,6	100,0	104,4

Таблица 5.2

Коэффициенты фильтрации дренируемых и не дренируемых минеральных почв

Почва	Коэффициент фильтрации K , (см/с) · 10 ⁴ , при расстоянии до дрены, м			
	1	4	8	Без дренажа
Дерново-глееватая легкосуглинистая	1,13 ... 7,00	1,70 ... 5,66	0,57 ... 3,41	0,06 ... 0,30
Дерново-подзолистая глееватая супесчаная	3,39 ... 5,53	2,27 ... 5,10	1,20 ... 3,48	0,32 ... 2,26
Дерново-глееватая супесчаная	10,80 ... 19,20	7,40 ... 11,30	4,30 ... 11,30	3,40 ... 5,60

Таблица 5.3

Влияние дренажа на влажность почвы (по А. А. Черкасову)

Характеристика декад	Влажность, %, к массе сухой почвы		
	без дренажа	при заложении дрен на глубину, м	
		0,6	1,0
Засушливые	6,8	13,7	16,6
Дождливые	19,0	17,3	17,3

Изменение количества бактерий при дренаже (по А.А.Черкасову)

Состояние болота	Количество бактерий на глубине 15 см, шт., на 1 г сухой почвы на болоте			
	верховом		низинном	
	анаэробных	аэробных	анаэробных	аэробных
Осушено, но не окультурено	140	4 000	2 000	4 400
Осушено и окультурено	140 000	336 000	15 000	61 000

Таблица 5.5

Изменение порозности почв

Суглинок	Порозность, %, в горизонте, см			
	0...10	20...30	40...50	70...80
Неосушенный	49,5	40,5	33,9	33,9
Осушенный	50,7	43,6	36,6	32,3

При осушении и окультурировании торфяных почв резко возрастает количество бактерий (табл. 5.4).

Только осушение почв увеличило количество аэробных бактерий в 2,2—28,6 раз, а при окультурировании — еще больше.

Осушение увеличивает и порозность минеральных почв, что видно из приведенных в табл. 5.5 данных.

При увеличении порозности верхних слоев в нижних слоях она немного уменьшилась вследствие осадки и процессов иллювия.

Увеличение пор ведет к снижению наименьшей влагоемкости минеральных почв (по А.А.Черкасову) (табл. 5.6).

А.А.Черкасов утверждает, что обогащение почвы кислородом и повышение ее температуры летом вызывают минерализацию торфа, распад остатков растений, изменение его структуры и спо-

Таблица 5.6

Изменение влагоемкости почв

Суглинок	Наименьшая влагоемкость, %, в горизонте, см			
	0...10	20...30	40...50	70...80
Неосушенный	99	99	72	57
Осушенный	64	62	43	58

способности адсорбировать воду. В глинистых почвах те же причины обуславливают переход коллоидов из состояния зелей в состояние гелей, склеивание гелями почвенных частиц, укрупнение этих частиц и пор между ними, вымывание илистых частиц из верхних горизонтов в нижние и понижение в осушенном слое способности адсорбировать воду. Одновременно осушение вызывает осадку почвы.

Велика роль дренажа в сдерживании, а иногда и прекращении поверхностных видов водной эрозии благодаря переводу поверхностного стока в грунтовый. Существенной является и противооползневая роль дренажа благодаря отводу части воды от подошвы скольжения оползневого тела.

5.3. Гидродинамическая модель работы дрен

Работа дрен в природных условиях зависит от целого ряда факторов, к которым относятся мощность водоносного горизонта, коэффициент фильтрации однородного горизонта или коэффициенты фильтрации отдельных слоев этого горизонта. Кроме того, на работу дрен влияет величина коэффициента фильтрации подстилающего горизонта, а также коэффициент водоотдачи.

Водоносные горизонты, как правило, подстилаются водоупором, залегающим на различной глубине от поверхности почвы. Различают близкое и глубокое залегание водоупора и соответственно различное положение дрен. При небольшой мощности водоносного горизонта и близком залегании водоупора дрена может непосредственно лежать на водоупоре. Такую дрена по характеру вскрытия водоносного пласта называют совершенной. При глубоком залегании водоупора дрена обычно расположена между поверхностью земли и водоупора, возвышаясь над ним на определенную высоту. Такая дрена называется несовершенной. Иногда ее называют висячей.

Вопросами теории работы дрен занимались многие ученые. Однако всеобщее признание получила так называемая гидродинамическая модель притока воды к дрене, предложенная знаменитым русским ученым, «отцом русской авиации» Н. Е. Жуковским. В соответствии с этой теорией грунтовая вода поступает в дрена по всему смоченному периметру (рис. 5.1). При этом линии тока перпендикулярны поверхностям равного напора, а картины работы совершенных и несовершенных дрен отличаются друг от друга.

Что же заставляет воду двигаться в почве в сторону дрены? Это — разность напоров в дрене и сопредельных горизонтах грунта. В свою очередь, разность напоров возникает из-за различных условий

движения воды: с минимальным сопротивлением в дрене (канале) и во много раз более значительными в различных слоях грунта.

При этом возникает так называемый градиент напора, который и является энергетической причиной движения воды.

Передвижение грунтовых вод описывается зависимостью, называемой законом Дарси:

$$v = KI,$$

где v — скорость движения воды, м/с; K — коэффициент фильтрации, имеющий размерность скорости, м/с; I — пьезометрический (гидравлический) уклон, $I = dh/dx$.

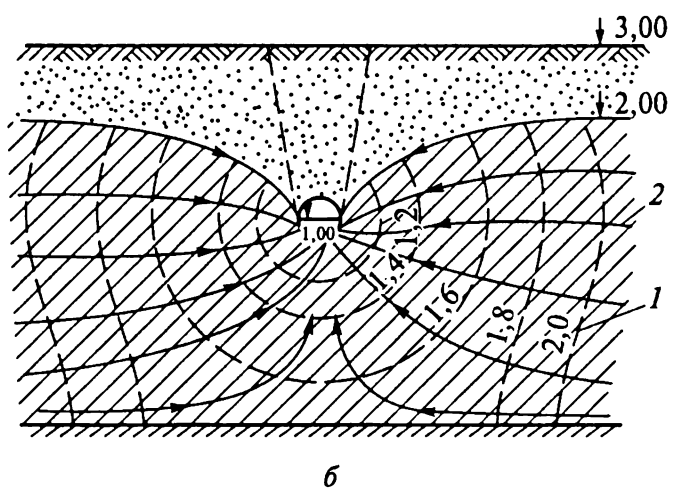
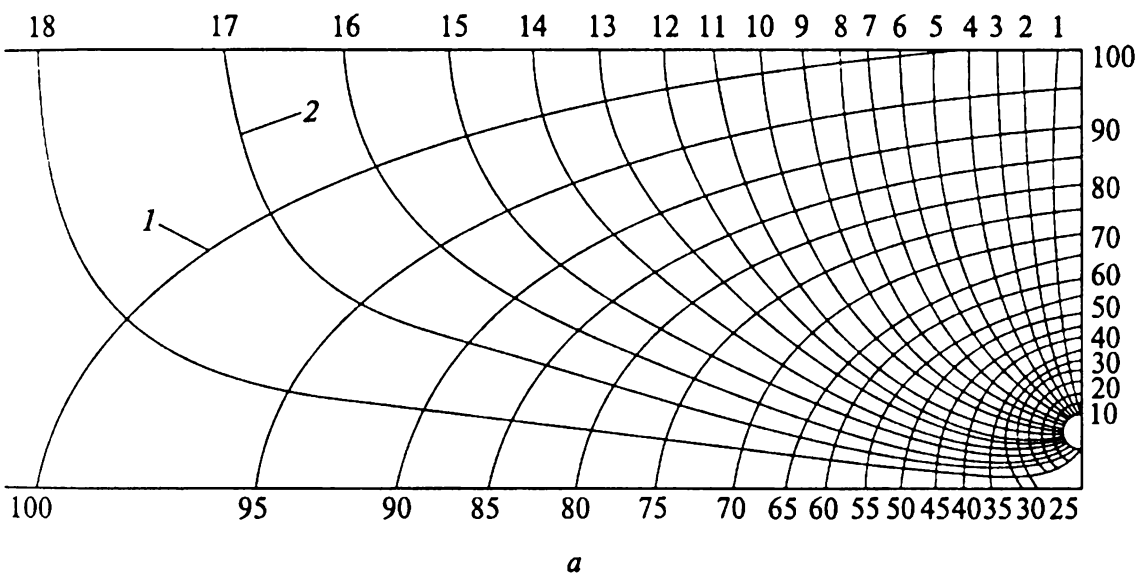


Рис. 5.1. Гидродинамическая сетка притока воды:

a — к совершенной дрене (по А.Д.Брудастову); b — к несовершенной дрене, лежащей выше водоупора; 1 — линии равного напора (эквипотенциали); 2 — линии тока

Коэффициент фильтрации минеральных почв зависит от гранулометрического состава и особенностей строения почвенного профиля, что определяет значительные изменения по площади.

В торфяных почвах и грунтах эта зависимость характеризуется изменением плотности торфа в процессе осадки после осушения (если не учитывать факторов обработки почвы).

Зависимость коэффициента фильтрации торфа после осушения K , м/сут, от уровня грунтовых вод можно охарактеризовать формулой К. П. Лундина:

$$K = K_0 e^{-ch},$$

где K_0 — коэффициент фильтрации до осушения, м/сут; e — основание натуральных логарифмов, равное 2,718; c — постоянная величина, характеризующая способность торфяника уменьшать водопроницаемость под влиянием понижения уровня грунтовых вод (определяется путем проведения полевых исследований); h — уровень грунтовых вод после осушения, м.

При осушении низинных болот коэффициент фильтрации со временем может уменьшиться в 2—4 и более раз.

Водоотдачу почв и грунтов характеризуют коэффициентом водоотдачи δ , который равен отношению объема вытекшей из почвы воды к объему осушенной почвы

$$\delta = V_v / V,$$

где V_v — объем вытекшей из почвы воды, м³; V — объем осушенной почвы, м³.

Коэффициент водоотдачи применяется в формулах для расчета междренних расстояний.

Процесс водоотдачи является достаточно сложным и продолжительным.

Его определение в полевых условиях производится в период проведения почвенно-мелиоративных изысканий.

При отсутствии материалов специальных изысканий коэффициент водоотдачи можно определить по формулам, зная коэффициенты фильтрации соответствующих почв.

Так, коэффициент водоотдачи δ минеральных почв можно определить по формуле Г. Д. Эркина:

$$\delta = 0,056 \sqrt{K} \sqrt[3]{h_1 - h_2},$$

а торфяных почв — по формуле А. И. Ивицкого:

$$\delta = 0,115 K^{3/8} (h_1 - h_2)^{3/4},$$

где K — коэффициент фильтрации, м/сут; h_1 — начальный напор грунтовых вод, м; h_2 — конечный напор грунтовых вод, м.

Для того чтобы иметь реальное представление о величинах коэффициента водоотдачи различных почв и грунтов, далее приведены данные В. С. Усенко.

<i>Грунт</i>	<i>Коэффициент водоотдачи δ</i>
Песок:	
крупнозернистый	0,20...0,25
среднезернистый	0,15...0,20
мелкозернистый	0,10...0,15
Супесь	0,05...0,10
Суглинок	0,005...0,050
Торф	0,07...0,15

Основываясь на приведенных данных, а также принимая во внимание, что движение грунтовых вод подчиняется закону Дарси с учетом допущений Дюпюи, можно получить уравнение кривой депрессии для случаев близкого и глубокого залегания водоупора и инфильтрационного питания грунтовых вод. Такие уравнения были предложены академиком А. Н. Костяковым.

При инфильтрационном питании и расположении дрена на водоупоре (рис. 5.2, *а*) уравнение кривой депрессии выглядит следующим образом:

$$y^2 = h_0^2 + (2px/k)(l - x/2),$$

где y — текущая ордината кривой депрессии, м; h_0 — глубина воды в дрене, м; p — средняя интенсивность инфильтрационного питания, м/сут; x — текущая абсцисса (расстояние от дрены до начала текущей ординаты), м; k — коэффициент фильтрации, м/сут; l — расстояние от оси дрены до высшей точки кривой депрессии, м.

При глубоком залегании водоупора (рис. 5.2, *б*) А. Н. Костяков разделил приток воды в дрена на две составляющие: из области ниже уровня заложения дна дрены q_0 и выше этого уровня q_1 . Тогда суммарный приток воды составит

$$q = q_0 + q_1,$$

где q — приток грунтовых вод на единицу длины дрены с двух сторон.

В этом случае, считая что расстояние между дренами B равно удвоенной величине l , получаем:

$$B = (\pi k H) / p (\ln(B/d) - 1), \quad (5.1)$$

где H — напор грунтовых вод над центром дрены, м; p — средняя интенсивность инфильтрационного питания, м/сут; B — междреннее расстояние, м; d — диаметр дрены, м.

В свою очередь,

$$H = H_0 - h_0,$$

где H_0 — напор воды в грунте над дном дрены, м; h_0 — напор воды в дрене над ее дном, м.

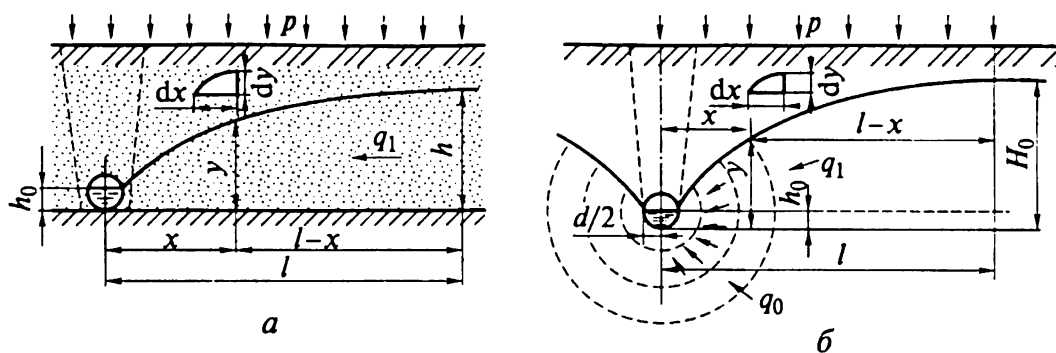


Рис. 5.2. Схемы для расчета дренажа при инфильтрационном питании и расположении дрен:

a — на водоупоре; *б* — над глубоко расположенным водоупором; *y* — текущая ордината кривой депрессии; h_0 — глубина воды в дрене; p — средняя интенсивность инфильтрационного питания; x — текущая абсцисса; l — расстояние от оси дрены до высшей точки кривой депрессии; d — диаметр дрены; H_0 — напор воды в грунте над дном дрены; q_0 — приток воды в дренаж ниже уровня заложения дна дрены; q_1 — приток воды в дренаж выше уровня заложения дна дрены; h — напор воды над водоупором в высшей точке кривой депрессии

Формула (5.1) справедлива для случая, когда $B/T' \leq 3$ (T' — расстояние от уровня воды в дрене до водоупора, м), т.е. при глубоком залегании водоупора.

5.4. Классификации дренажа

Области применения дренажа в различных отраслях хозяйства достаточно обширны и разнообразны. Следовательно, виды дренажа также должны быть различными, если они четко ориентированы на выполнение определенных задач. Поэтому если определена (или задана) цель дренажа, необходимо подобрать наиболее подходящую схему и конструкцию, что проще всего сделать на основе классификаций, приведенных далее.

Все виды дренажа подразделяются на 12 групп по основному назначению, которые, в свою очередь, подразделяются примерно на 40 видов по принципу действия, конструкции, материалам, способам производства работ и другим признакам.

1. По способу удаления избыточных вод дренаж подразделяется:

- на самотечный, когда вода движется под действием силы тяжести;
- с механическим водоподъемом, когда вода перекачивается с помощью насоса.

2. По целевой направленности дренаж подразделяется:

- на осушительный для осушения избыточно увлажненных минеральных и торфяных почв;

- рассоляющий для борьбы с засолением орошаемых земель, используемых в сельском хозяйстве и ландшафтной архитектуре в засушливых зонах;

- аэрационный, усиливающий газообмен в тяжелых глинистых почвах. В сельском хозяйстве этот вид дренажа самостоятельно применяется редко. Более часто он применяется в ландшафтной архитектуре при освоении тяжелых холодных почв. Аэрационный дренаж нашел применение частично в строительстве при реставрации деревянных памятников истории и культуры, выполненных из дерева и с земляным подпольем (театр Гонзаго в усадьбе «Архангельское»).

Специфический вид этого дренажа («Верти-драйн») применяется при мелиорации спортивных травяных полей и газонов. При использовании системы «Верти-драйн» возможно улучшение гранулометрического состава почв. Для этого применяются полые трубчатые аэраторы, вынимающие частично тяжелый грунт и заменяющие его на легкий песчаный или супесчаный. Путем многократных обработок возможна мелиорация до 90 % поверхности спортивного поля.

3. По принципу действия дренаж подразделяется:

- на систематический, равномерно распределенный по осушаемой территории;

- выборочный, охватывающий отдельные контуры осушаемой территории;

- головной (отсечный), перехватывающий избыточные подземные воды, поступающие на осушаемую территорию со стороны (например, с верхней части склона или при подтоплении земель).

4. По природным (почвенным, геологическим, гидрогеологическим) и экономическим условиям дренаж подразделяется:

- на горизонтальный, когда отводящие водотоки (дрены) располагаются горизонтально с некоторым уклоном в сторону стекания воды;

- вертикальный, который выполняется в виде вертикальных колодцев или скважин. Основным условием применения вертикального дренажа в сельском хозяйстве (для дренирования значительных площадей) является наличие мощного водопроницаемого пласта, находящегося в гидравлической связи с вышележащим осушаемым почвогрунтом. Ориентировочным показателем возможности применения вертикального дренажа в сельском хозяйстве является соблюдение неравенства $kT \geq 100 \text{ м}^2/\text{сут}$, где T — толщина водопроницаемого и водовмещающего пласта, м.

Вертикальный осушительный дренаж не следует путать с вертикальным аэрационным дренажем «Верти-драйн», рассмотренным ранее.

5. По отношению к рельефу дренаж подразделяется:

- на продольный, когда направление дрен совпадает с уклоном склона (применяется при малых уклонах — менее 0,005);

- поперечный, когда дрены имеют направление поперек склона (применяется при значительных уклонах — более 0,005).

6. По способам строительства дренаж подразделяется:

- на траншейный, когда для укладки дрен предварительно роется траншея механизированным или ручным способом;

- узкотраншейный, отличающийся малой шириной траншеи (обычно в пределах 0,12...0,30 м), также выполняемой цепными, дисковыми или другими рабочими органами землеройных машин или вручную;

- бестраншейный, когда дрена протаскивается в отверстие, сделанное, например, кротовым плугом.

7. По конструкции подземного водотока дренаж подразделяется:

- на трубчатый, к которому относятся гончарный, деревянный, асбестоцементный, пластмассовый, пористый бетонный и др.;

- полостной (без использования труб), к которому относятся кротовый, щелевой;

- полостной с заполнителем, к которому относятся фашинный, щебневой, гравийный и т. д.

8. По материалам, из которых выполнен дренаж, различают:

- деревянный дренаж (дощатый, желобчатый, жердевой, фашинный и др.);

- гончарный дренаж, выполненный из гончарных трубок;

- каменный дренаж, выполненный из каменных плит, уложенных таким образом, чтобы образовалась полость для прохода воды;

- бетонный дренаж, выполненный из пористых бетонных труб, выдерживающих относительно высокое давление обратной засыпки;

- асбестоцементный дренаж, выполненный из асбестоцементных перфорированных труб. В ряде стран он запрещен по причине потенциальной канцерогенности;

- пластмассовый дренаж, выпускаемый в виде гофрированных и перфорированных труб из основных видов пластика (поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена низкого давления (ПНД), полиэтилена высокого давления (ПВД), полипропилена (ПП)). В настоящее время это основной вид дренажа, на долю которого приходится 80...90 % всего строящегося дренажа. По мере разработки новых видов пластика с новыми запрограммированными свойствами следует ожидать появления на рынке и новых видов дренажных труб.

К этой же категории можно отнести дренажные маты («Енкадрайн»), выпускаемые с различной толщиной водопроводящей щели, а также с различным сочетанием защитных поверхностей (дренирующих и водонепроницаемых).

9. Дренаж грунтов в зоне строящихся или уже построенных зданий подразделяется:

- на пристенный для отвода воды от подвалов зданий, устраиваемый как во время строительства, так и вокруг уже построенного здания;

- пластовый, применяемый для отвода воды под зданием или площадкой; имеет два основных варианта: под всем зданием или только под полом подвала, когда фундаментные плиты опираются на естественный грунт;

- лучевой глубокого заложения, часто применяемый для отвода воды под уже построенными зданиями, особенно в условиях города или поселка, когда работы выполняются из глубокого подземного колодца путем бурения горизонтальных слабонаклонных скважин длиной до 100 м.

10. По глубине заложения различают:

- дренаж мелкого заложения (0,4...0,7 м) для дренажа почвы под растения с неглубокой корневой системой и профилактического дренажа сезонно подтопляемых лесов;

- дренаж среднего (нормального) заложения (0,8...1,5 м) для дренажа почвы при выращивании основной массы растений;

- дренаж глубокого заложения (2...15 м) для дренажа территории поселков, городов и промышленных узлов.

11. По положению относительно водоупора дренаж подразделяется:

- на совершенный, когда дрены расположены на водоупоре;
- несовершенный, когда дрены находятся в водоносном горизонте, не достигая водоупора.

12. К специальным видам дренажа относятся:

- перекрестный дренаж для садово-парковых ландшафтов;
- двойной дренаж для густых посадок древесно-кустарниковой растительности, где затруднен ремонт дренажной сети;

- дренаж Реролле для густых посадок древесно-кустарниковой растительности;

- береговой дренаж для осушения в условиях пойм;

- тальвеговый дренаж для осушения отдельных тальвегов;

- лучевой дренаж, применяемый как на доступных для работ объектах, так и в условиях городов и поселков, где открытые работы невозможны или сильно затруднены; то же относится к дренажу старых парковых насаждений, имеющих в своем составе деревья ценных категорий;

- кольцевой дренаж, применяемый как самостоятельно, так и в комплексе с систематическим дренажом;

- наклонный дренаж, применяемый в основном при дренаже откосов и выклинивании через них грунтовых вод;

- кольматаж (или осушение с помощью кольматажа), представляющий собой искусственное повышение уровня поверхности

земли, приводящее к улучшению водного режима почвы. Обычно используется твердый осадок из воды при отстаивании ее в бассейнах-чеках.

Специальные виды осушения и дренажа, относящиеся к 12-й группе, применяются редко, но являются достаточно актуальными для условий ландшафтной архитектуры.

Контрольные вопросы

1. Какие природные факторы свидетельствуют о целесообразности дренажа?
2. Каковы последствия дренажа минеральных и торфяных почв?
3. Расскажите о гидродинамической модели работы дрен Н. Е. Жуковского.
4. Какие виды дренажа вы знаете?
5. Назовите основные виды дренажа, используемые в садово-парковом строительстве.

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ И ПРИЕМЫ ОСУШЕНИЯ

6.1. Типы водного питания и методы осушения

Тип водного питания относится к основным природным факторам, от которых зависит основной метод осушения переувлажненной территории. От метода осушения, в свою очередь, зависит основной принцип воздействия на неблагоприятный водный режим, требующий мелиоративного вмешательства. Метод осушения определяет направленность мелиоративных мероприятий (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Типы водного питания и методы осушения [12]

Тип водного питания	Метод осушения	
	основной	дополнительный
Атмосферный	Ускорение поверхностного стока	Повышение инфильтрационной и аккумулирующей способности почв
Грунтовый	Понижение уровня грунтовых вод (ускорение внутреннего стока)	Перехват потока грунтовых вод, уменьшение их притока
Грунтово-напорный	Понижение пьезометрических уровней и уровней грунтовых вод на объекте	Понижение пьезометрических уровней за пределами объекта осушения
Склоновый	Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока	Уменьшение притока поверхностных вод со стороны
Намывной	Ускорение руслового паводкового стока, защита территории от затопления	Разгрузка реки (озера) системой мероприятий по регулированию и перераспределению стока
Смешанный	По преобладающему типу	По преобладающему типу

6.2. Способы осушения

Способ осушения — это сочетание технических средств с агро-техническими и лесомелиоративными мероприятиями, направленными на ликвидацию переувлажнения и усиление аэрации почв. Способ осушения напрямую связан с типом водного питания и основным методом осушения (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Основные способы осушения

Метод осушения	Способ осушения
Ускорение поверхностного стока	Открытые каналы (собиратели), закрытые собиратели, планировка поверхности, агро-мелиоративные мероприятия
Повышение инфильтрационной и аккумуляющей способностей почв	Кротовый и щелевой дренаж, агро-мелиоративные мероприятия (глубокое рыхление, глубокая вспашка, рыхление подпахотного горизонта, мульчирование почвы, известкование почвы, обработка почвы химическими мелиорантами, пескование торфов, вертикальный аэрационный дренаж)
Понижение уровней грунтовых вод	Открытые каналы (осушители), закрытый материальный дренаж, вертикальный дренаж, углубление естественных дренажей (реки, ручьи), кольматаж поверхности
Перехват потока грунтовых вод	Ловчие каналы и дренажи, береговой дренаж, вертикальный дренаж
Уменьшение притока грунтовых вод	Антифильтрационные завесы, мероприятия по ограничению питания грунтовых вод, биологический дренаж
Понижение пьезометрических уровней:	
на объекте	Глубокий горизонтальный (открытый и закрытый) дренаж, вертикальный дренаж, разгрузочные скважины — усилители горизонтального дренажа
за его пределами	Устройство водозаборов подземных вод, мероприятия по ограничению питания напорного водоносного горизонта
Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока	Нагорные каналы, перехватывающие дренажи, защитные дамбы

Метод осушения	Способ осушения
Уменьшение притока поверхностных вод со стороны	Комплекс противозерозионных мероприятий на склоне (создание прудов, лиманов, лесонасаждение, повышение агротехники и интенсивности использования земель, оструктурирование почв)
Ускорение руслового паводкового стока	Регулирование рек — водоприемников (спрямление, углубление, уширение, расчистка русла)
Защита территории от затопления	Обвалование рек, озер, нагорно-ловчих каналов
Разгрузка реки (озера) системой мероприятий по регулированию стока	Устройство водохранилищ на реке и ее притоках, переброска части стока в бассейн другой реки, перехват притоков реки (озера) каналом со сбросом воды ниже объекта

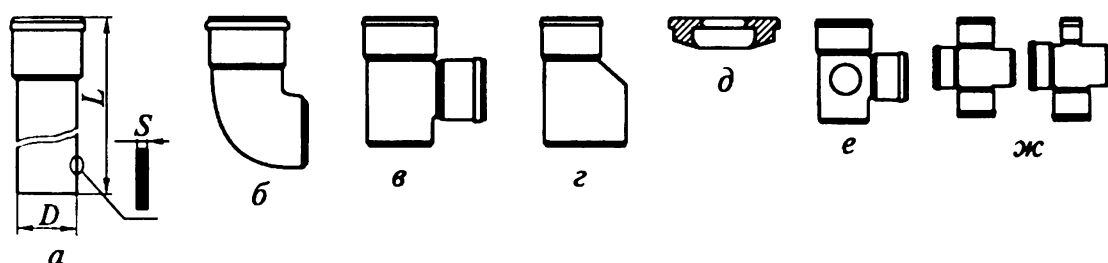


Рис. 6.1. Трубы и фасонные изделия для канализации:

a — трубы с раструбом; *б* — отвод; *в* — тройник; *г* — переход; *д* — переход — резиновая манжета; *е* — крестовина одноплоскостная; *ж* — крестовина двухплоскостная; *L* — длина трубы; *D* — наружный диаметр трубы; *S* — толщина стенки трубы

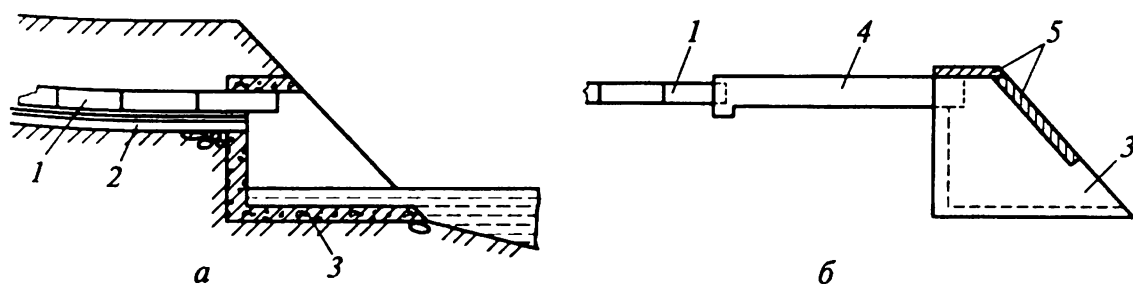


Рис. 6.2. Устье с укреплением перепада бетонной камерой:

a — камера без крышки; *б* — камера с верхней и нижней крышками; 1 — дрена; 2 — деревянная подкладка; 3 — камера; 4 — устьевая труба; 5 — крышка

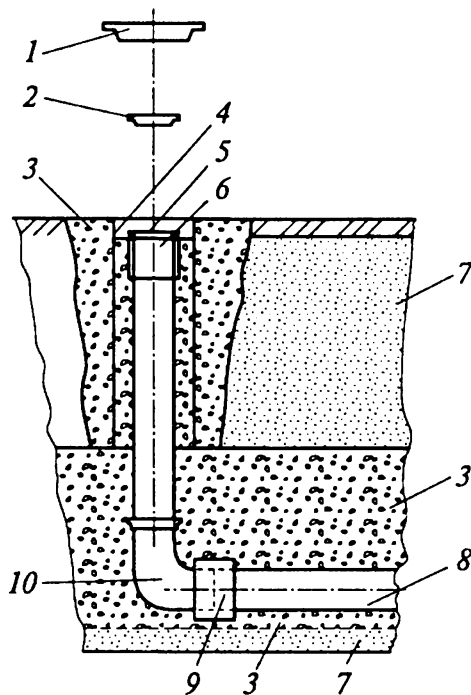


Рис. 6.3. Концевой выпуск дрены из канализационных труб:

1 — крышка обсадной трубы; 2 — крышка выводной трубы; 3 — щебень; 4 — труба обсадная; 5 — труба выводная; 6 — раструб или муфта; 7 — песок; 8 — дрена с фильтром; 9 — муфта; 10 — отвод 87,5°

Способ осушения определяет принципиальную схему и конструкцию основного элемента осушительной системы — ее регулирующей сети.

При проектировании и строительстве дренажной сети необходимо предусмотреть установку сооружений, обеспечивающих сопряжение дрен и коллекторов. Для этого служат специализированные мелиоративные фасонные части, а при их отсутствии можно использовать фасонные изделия для канализации (рис. 6.1).

Долговечность дренажных систем обеспечивается сооружениями на сети, позволяющими вести контроль за работой и периодические промывки. К таким сооружениям можно отнести смотровые колодцы, устья (рис. 6.2) и концевые выпуски различной конструкции (рис. 6.3).

6.3. Корневые системы и нормы осушения

Корневые системы растений, расположенные в почве, определяют рост и развитие как самих корневых систем, так и растений в целом. В свою очередь, на развитие корневых систем сильное влияние оказывают почвенные условия, в частности гранулометрический состав почв, степень увлажнения, наличие почвенного воздуха, кислорода в нем и другие факторы. Изучением корней

занимается целая отрасль науки, называемая корневедением. Один из известных представителей этой науки М. И. Калинин подробно рассматривает особенности формирования корневых систем древесных растений в различных почвенно-гидрологических условиях.

Формирование корневых систем в оптимальных почвенно-гидрологических условиях. В оптимальных почвенно-гидрологических условиях (например, свежие дерновые почвы на супесях для сосны) корневая система формируется в соответствии с биологическими особенностями древесной породы. На примере сосны обыкновенной в соответствии с особенностями возрастной динамики роста корней М. И. Калинин выделяет следующие возрастные периоды формирования корневых систем.

В возрасте 1...8 лет наблюдается интенсивный рост в длину горизонтальных корней 1-го порядка.

В возрасте 9...25 лет наблюдается интенсивный рост горизонтальных и стержневых корней. В начале периода отмечается интенсивное ветвление горизонтальных корней 1-го порядка, формируются вертикальные ответвления от горизонтальных корней.

В возрасте 26...40 лет прирост стержневого корня в глубину прекращается, снижается прирост горизонтальных корней 1-го порядка, отмечается интенсивный рост в глубину вертикальных ответвлений.

В возрасте 40...60 лет прирост в глубину вертикальных ответвлений прекращается; наблюдаются усиленное ветвление стержневого корня по всей его протяженности, интенсивный рост корней 3-го и более высоких порядков горизонтальной ориентации; интенсивно насыщается корнями почвенное пространство, ранее освоенное корневой системой.

В возрасте 60 и более лет наблюдается интенсивное ветвление старых корней, образуются и растут новые корни 2-го, 3-го и более высоких порядков, усиленно насыщается корнями почвенное пространство, ранее освоенное корневой системой.

Формирование корневых систем на почвах при наличии в почвенном профиле уплотненных горизонтов. Такие горизонты могут иметь вид ортштейновых линз, оглеенных прослоек, скоплений карбонатов, препятствующих проникновению корней вертикальной ориентации в глубь почвы.

При достижении уплотненного горизонта рост стержневого корня приостанавливается. Он или заканчивается здесь, не разветвляясь, или (что более вероятно) интенсивно ветвится, образуя толстые разветвления или формируя незначительный по развитию 2-й ярус корней.

Формирование корневых систем на почвах при наличии корне-непроницаемого горизонта. В первый период в этих условиях формируется конусообразный тип строения со стержневым корнем, так же как и в ранее рассмотренных случаях. При достижении

уплотненного горизонта почвы или уровня грунтовых вод стержневой корень изменяет вертикальное направление своего роста на горизонтальное, формируя интенсивно развитый 2-й ярус корней. Вертикальные ответвления формируются аналогично. В конечном счете формируется двухъярусная корневая система, ограниченная по глубине проникновения корненепроницаемым горизонтом.

Формирование корневых систем в условиях непромывного водного режима. При недостаточной влагообеспеченности в условиях непромывного водного режима корневые системы древесных пород располагаются только в пределах зоны с наличием доступной влаги, т. е. в верхних горизонтах почвы, периодически увлажняемых атмосферными осадками.

Стержневой корень занимает лидирующее положение в пределах зоны каймы капиллярной влаги. Достигнув ее нижней границы, он прекращает рост в глубину. Вертикальные ответвления от горизонтальных корней также прекращают свой рост в глубину, достигнув границы зоны увлажнения.

Формирование корневых систем на маломощных сильно увлажненных почвах. В этих условиях, достигнув высокого уровня грунтовых вод, стержневой корень быстро прекращает развитие и отмирает. Вертикальные ответвления от горизонтальных корней здесь не образуются в связи с тем, что под влиянием высоко расположенного корненепроницаемого горизонта они быстро принимают горизонтальное положение. Вся корневая система принимает выраженный поверхностный характер с глубиной размещения, ограниченной мощностью корнедоступного горизонта.

Приведенные схемы формирования пяти типов пространственной структуры корневой системы далеко не исчерпывают всего разнообразия типов, встречающихся в природе.

Из приведенных ранее данных очевидно огромное влияние почвенно-гидрологических факторов на рост и развитие корневых систем. В данном подразделе основное внимание мы обращаем на особенности роста в переувлажненных условиях, так как основной целью мелиорации (дренажа) является определение того водного режима почв, который обеспечит развитие растений на достаточно высоком уровне. При этом брать за эталон оптимальные почвенно-гидрологические условия не следует, так как это может привести к постановке невыполнимой задачи. На переувлажненных почвах формируются другие условия накопления и консервации питательных веществ, которые несопоставимы с автоморфными почвами.

Знание особенностей развития корневых систем растений в условиях различных почв необходимо для решения вопросов как дренажа, так и орошения в вододефицитные периоды. Практически для решения этих вопросов проводились и проводятся натур-

ные эксперименты, которые и должны дать ответы на эти вопросы, в частности при дренаже и осушении переувлажненных почв. Результаты этих исследований следующие.

Осушительная сеть на тяжелых почвах должна освобождать поверхность и верхний горизонт почвы после дождя в течение 1 ... 3 сут.

Таблица 6.3

Нормы осушения в различных условиях

Хозяйство, направление	Культура, тип леса	Норма осушения	
		Весенняя (предпосевная)	Средняя вегетационная
Сельское	Травы на сено	40... 50	60... 70
	Травы на пастбище	50... 60	65... 75
Лесное при вероятности превышения осадков 25 %	Сосняк кустарничково-сфагновый	25... 35	35... 45
	Ельник травяно-сфагновый	15... 20	25... 35
	Березняк долгомошный, второй ярус — сль	30... 40	55... 70
Благоустройство при вероятности превышения осадков 25 %	Газон	20... 30	40... 50
	Цветники	25... 35	45... 60
	Кустарники	30... 40	50... 60
	Деревья	40... 50	60... 70
	Деревья с глубокой корневой системой	60... 70	80... 120

Примечание. Приведенные нормативы требуют определенных комментариев. Например, нормативы из сельскохозяйственной практики подтверждаются многолетними наблюдениями как на опытных станциях, так и на производственных объектах. В то же время сравнительно высокие весенние (предпосевные) нормы объясняются не столько биологическими особенностями культуры, сколько необходимостью создания нормальных условий для работы машин и механизмов в весенний период.

Нормативы для леса не учитывают условия работы машин. Если такая потребность возникает (например, при посадке лесных культур), то следует пользоваться нормами для сельского хозяйства. В то же время нормы для леса получены путем постановки специализированных экспериментов и в этом смысле являются достаточно точными и целенаправленными. Следует также иметь в виду, что они рассчитаны не на средние многолетние условия, а на годы с осадками вероятности превышения 25 %, т. е. на средневлажные годы. В средний по осадкам год они будут немного больше.

Нормативы для благоустройства, предназначенные для применения в ландшафтной архитектуре, предложены на основе отрывочных сведений, полученных при несистематических наблюдениях или принятых по аналогии с нормами, применяемыми в сельском и лесном хозяйстве.

Затопление поверхности ливневыми и летними паводковыми водами недопустимо.

Весеннее затопление менее губительно, но и оно, будучи частично допустимым в сельском и лесном хозяйстве, должно считаться в ландшафтной архитектуре форс-мажорным обстоятельством.

Если причиной переувлажнения земель является близкое залегание грунтовых вод, то основной задачей осушительной системы является регулирование их глубины. Для конкретизации этого положения А. Н. Костяков в 1915 г. предложил использовать понятие «норма осушения». Норма осушения зависит от культуры, фазы развития растения, части вегетационного периода и т.д. Она изменяется во времени в зависимости от климатических и погодных условий, а также от почвенно-гидрологических характеристик.

Исходя из практических соображений и задач ландшафтной архитектуры понятие нормы осушения можно сформулировать следующим образом. *Норма осушения* — это то наименьшее понижение уровня грунтовых вод в наименее осушенной зоне (в середине между дренами), при котором достигаются оптимальные показатели почвенного плодородия и развития растений, используемых при благоустройстве.

Специальных наблюдений и исследований норм осушения для целей благоустройства практически не проводилось. Поэтому в настоящее время приходится пользоваться нормами осушения, используемыми в сельском и лесном хозяйстве с учетом их особенностей и опытом применения (табл. 6.3).

6.4. Определение междреннего расстояния

Исходя из теоретических представлений предложено много расчетных формул, но рекомендуется пользоваться формулами, приведенными в действующих нормативах. Для расчета по этим формулам необходимо руководствоваться расчетной схемой, на которой показаны основные параметры почвенно-грунтового профиля, заложение дрена и норма осушения (рис. 6.4).

Рассмотрим различные случаи проведения фильтрационных расчетов.

Фильтрационные расчеты горизонтального дренажа в однородных грунтах при атмосферном и грунтовом питании следует проводить по следующим формулам:

для случая $h_d \leq a_d/4$ —

$$a_d = 4 \left(\sqrt{L_f^2 + \frac{H T_{II}}{2q_{II}}} - L_f \right); \quad (6.1)$$

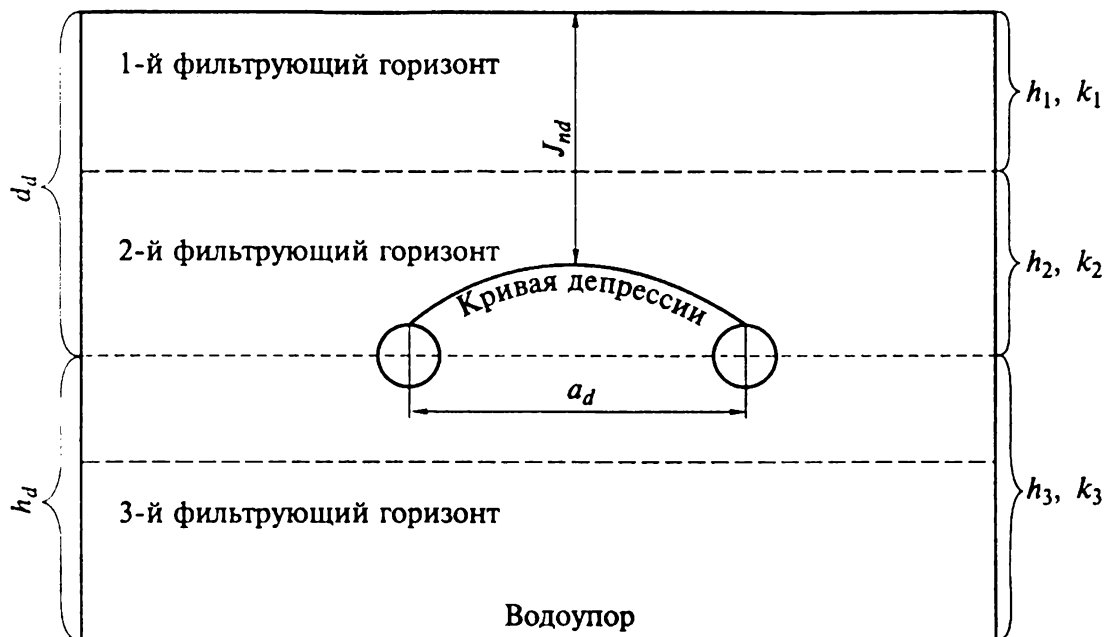


Рис. 6.4. Расчетная схема для определения междреннего расстояния:

d_d — расстояние от поверхности земли до оси дрены; h_d — расстояние от оси дрены до водоупора; $h_1 \dots h_3$ — мощность почвенно-грунтового горизонта; $k_1 \dots k_3$ — коэффициент фильтрации соответствующего почвенно-грунтового горизонта; J_{nd} — норма осушения; a_d — расстояние между дренами

для случая $h_d > a_d/4$ —

$$a_d = \frac{2\pi k_f H}{q_n [\ln(2a_d / \pi D) + L_i]}, \quad (6.2)$$

где h_d — расстояние от оси дрены до водоупора, м; a_d — расстояние между дренами, м; L_f — общие фильтрационные сопротивления по степени и характеру вскрытия пласта, м; H — расчетный напор, м; T_n — проводимость пласта, м²/сут; q_n — интенсивность инфильтрационного питания (средний за расчетный период приток к закрытым дренам, каналам), м/сут; k_f — коэффициент фильтрации грунта, м/сут; D — наружный диаметр дрены, м; L_i — фильтрационные сопротивления по характеру вскрытия пласта, м.

При использовании формул (6.1), (6.2) неизвестна величина h_d , т.е. расстояние от оси дрены до водоупора. Эту величину можно получить непосредственно в поле при проведении бурения или шурфования.

Для определения первоначального расстояния между дренами можно воспользоваться местными данными.

Общие фильтрационные сопротивления определяются по формуле

$$L_f = \frac{h_d}{\pi} \left[\ln \left(\frac{h_d}{\pi d} \right) + \frac{2h_0}{h_d} \ln \left(\frac{4h_0}{\pi d} \right) + \left(1 + \frac{2h_0}{h_d} \right) L_i \right],$$

где d — диаметр дрены, м; h_0 — половина расчетного напора, м ($h_0 = 0,5H$).

Расчетный напор определяется по формуле

$$H = d_d - 0,6J_{nd},$$

где J_{nd} — норма осушения, м; d_d — глубина до оси дрены, м.

Проводимость пласта T_n , м²/сут, определяется по формуле

$$T_n = k_f(h_0 + h_d).$$

Интенсивность инфильтрационного питания определяется на основании региональных данных или находится по формуле

$$q_n = \frac{W}{t_n},$$

где W — количество (слой) воды, подлежащей отводу, м; t_n — время понижения уровня грунтовых вод до нормы осушения, сут.

Количество (слой) воды, подлежащей отводу, определяется по формуле

$$W = h_s + J_{nd}\mu + P_o - Et_n,$$

где h_s — слой воды, оставшейся на поверхности после схода весенних или ливневых вод (с учетом мероприятий по организации поверхностного стока h_s следует принимать равным 0,01 м); μ — коэффициент водоотдачи; P_o — количество осадков, выпавших за расчетный период, м (принимается для пашни, пастбищ и объектов ландшафтной архитектуры 10%-й и сенокосов 25%-й вероятности превышения); E — суточный слой испарения, м, за расчетный период в год 10%-й вероятности превышения для пашни, пастбищ и объектов ландшафтной архитектуры и 25%-й для сенокосов.

Значения фильтрационных сопротивлений по характеру вскрытия пласта L_i в зависимости от конструкции дрен

Керамические трубы без фильтра	8
Керамические трубы без фильтра с оберткой стыков	
рулонными защитно-фильтрующими материалами	3
Керамические трубы без фильтра со сплошной оберткой	1
Гофрированные пластмассовые трубы без фильтра	4
Гофрированные пластмассовые трубы с оберткой	
рулонными защитно-фильтрующими материалами	0,5
Гофрированные пластмассовые трубы с устройством	
объемных фильтров толщиной 20 см и более	0

Рекомендуемые расстояния между дренами

Название почвы по гранулометрическому составу (по Н. А. Качинскому)	Содержание физической глины (частиц размером менее 0,01 мм), %		Глубина дренажной траншеи, м	Расстояние между дренами, м
	Интервал	Среднее значение		
Глина тяжелая	Более 80	75	0,8... 1,0	7... 10
Глина средняя	65... 80			10... 12
Глина легкая	50... 65			12... 14
Суглинок тяжелый	40... 50	45	0,9... 1,1	14... 16
Суглинок средний	30... 40	35	0,9... 1,1	16... 19
Суглинок легкий	20... 30	25	1,0... 1,2	19... 22
Супесь	10... 20	15	1,0... 1,2	22... 25
Песок связный	5... 10	5	0,8... 1,0	25... 30
Песок рыхлый	0... 5			
Торф низинный	—	—	$\frac{1,0... 1,3}{0,8... 1,0}$	30... 40
Торф переходный	—	—	$\frac{1,0... 1,3}{0,8... 1,0}$	25... 35
Торф верховой	—	—	$\frac{1,2... 1,4}{0,8... 1,0}$	20... 30

Примечания: 1. При проектировании дренажа для посадки деревьев с глубокой корневой системой глубина дренажных траншей принимается на 0,2... 0,3 м больше расчетной глубины проникновения корней.

2. Приведенные показатели рассчитаны на применение в условиях Московской области и ближайшего Подмосковья.

3. Почвенные показатели характерны для почв подзолистого типа почвообразования.

4. Для торфяных почв указаны два значения глубины траншеи (в числителе — до осадки торфа; в знаменателе — после осадки торфа).

Если коэффициент водоотдачи не был определен при изысканиях, то его можно принять по разработанным рекомендациям или рассчитать по следующим формулам:

для минеральных почв —

$$\mu = 0,056k_f^{0,5}J_{nd}^{0,33};$$

для торфяных почв —

$$\mu = 0,115k_f^{0,38}J_{nd}^{0,75}.$$

Расчет междренних расстояний по формулам требует, как правило, достаточно точного определения исходных данных во время почвенно-мелиоративных исследований или изысканий. Если объект по своим размерам невелик, то очень часто такие изыскания просто не проводятся. В этом случае в соответствии с отечественной и зарубежной практикой может использоваться метод определения междренних расстояний по гранулометрическому составу минеральных почв. Чем тяжелее почва, тем меньше ее водопроницаемость и тем меньшими должны быть междренние расстояния.

Используя прямые наблюдения за действием дренажных систем и физико-механическими свойствами осушаемых почв, удалось установить графическую связь между междренними расстояниями, оказывающими оптимальное влияние на водный режим, и их гранулометрическим составом.

Приблизленно определить расстояния между дренами на минеральных и торфяных почвах на основе обработки, главным образом, отечественных полевых и литературных материалов для применения на объектах ландшафтной архитектуры можно также при помощи формулы (6.3) и табл. 6.4, 6.5.

Поправочный коэффициент на время достижения нормы осушения

$$K_t = 0,316t_n^{0,5}, \tag{6.3}$$

где t_n — время понижения грунтовых вод до нормы, сут.

Формулу (6.3) необходимо применять в условиях территорий, отводимых под объекты ландшафтной архитектуры.

Пример. Определить расстояние между дренами в условиях Московской области: почвы среднесуглинистые; глубина траншей

Таблица 6.5

Поправочные коэффициенты на расстояние между дренами

Глубина дренажной траншеи, м	Коэффициенты при преобладании			
	глинистых почв	легких суглинков и супесей	песков	низинных торфов
0,4	0,46	0,53	0,58	0,40
0,6	0,65	0,70	0,76	0,55
0,8	0,84	0,87	0,90	0,78
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00
1,2	1,09	1,14	1,17	1,14
1,4	1,16	1,26	1,32	1,23
1,6	1,22	1,37	1,46	1,26

под дрены — 0,7 м; время понижения уровня грунтовых вод — 5 сут.

Среднее расстояние между дренами — 17,5 м; поправка на глубину траншей (по интерполяции) — 0,78. Определяем поправку на время понижения грунтовых вод:

$$K_t = 0,316 \cdot 5^{0,5} = 0,316 \cdot 2,24 = 0,708.$$

Определяем расчетное расстояние: $a = 17,5 \cdot 0,78 \cdot 0,708 = 9,66 \approx 10$ м.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы водного питания переувлажненных земель.
2. Как связаны между собой типы водного питания и методы осушения?
3. Назовите основные способы осушения.
4. Опишите основные особенности развития корневых систем на избыточно-увлажненных почвах.
5. Что такое норма осушения и каково ее значение для основных древесных пород?
6. Какие методы определения междреннего расстояния вы знаете и какие факторы они учитывают?

УСТРОЙСТВО ДРЕНАЖА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

7.1. Распространенные виды дренажа

Для облегчения решения вопросов применения различных видов дренажа рассмотрим ряд примеров. В общем случае на выбор систем дренажа оказывают влияние такие факторы, как целевое назначение дренажа, климатические условия, почвенно-мелиоративные особенности, тип водного питания, гидрология и гидрогеология объекта работ, наличие водоприемников, их гидрологический режим, целесообразность механического водоподъема и ряд других факторов.

Систематический горизонтальный дренаж (рис. 7.1, *а*) является одним из наиболее часто применяемых в ландшафтной архитектуре. На его долю приходится около 80...85 % всей дренируемой территории и всех случаев дренажа.

Систематический горизонтальный дренаж применяется для следующих объектов: газоны, сады, парки, спортивные сооружения, селитебные территории, лесопарки и др.

При применении систематического горизонтального дренажа обычно рассматриваются две схемы расположения дрен: продольная и поперечная (рис. 7.1, *б*, *в*).

Основным условием применения этих схем является уклон поверхности земли. Если этот уклон меньше или равен 0,005 и нет других причин для изменения схемы, то применяют продольную

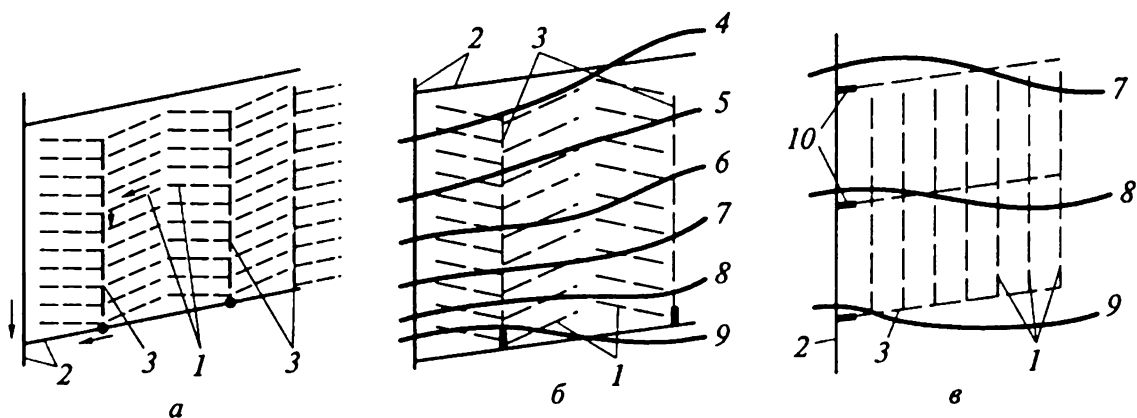


Рис. 7.1. Систематический горизонтальный дренаж (*а*), поперечная (*б*) и продольная (*в*) схемы расположения дрен:

1 — дрены; 2 — открытые каналы; 3 — закрытые коллекторы; 4... 9 — горизонталы поверхности земли; 10 — устья коллекторов

схему. Если этот уклон больше 0,005, то, как правило, применяют поперечную схему расположения дренажной сети. Указанные особенности элементов рельефа подразумевают, что поверхность грунтовых вод в принципе копирует поверхность земли (величину и направление уклона). Если есть доказательства противоположного характера (на основе предварительного изучения режима грунтовых вод), то при выборе схемы дренажа необходимо ориентироваться на уклон поверхности грунтовых вод, отображаемый на планах гидроизогипсами (аналог горизонталей поверхности земли).

Помимо этого следует учитывать характер подсоединения дрена к коллекторам, определяемый как условиями использования дренируемой территории, так и вопросами экономики. Обычно используют две основные схемы: одностороннее и двухстороннее подсоединение. При прочих равных условиях двухстороннее подсоединение обходится немного дешевле в связи с уменьшением суммарной длины коллекторов.

Выборочный горизонтальный дренаж применяется в тех случаях, когда на конструкцию сети оказывают влияние природные факторы (переувлажнена только часть территории, а остальная характеризуется нормальным водным режимом) или хозяйственные соображения (есть необходимость мелиорирования только части территории, и то выборочно), или ландшафтно-архитектурные решения (когда в пределах одной и той же территории намечено сохранение в естественном виде части заболоченных или переувлажненных участков).

Выборочный дренаж в зависимости от формы мелиорируемых участков может иметь вид отдельных площадок, имеющих раздельную регулирующую и общую коллекторную сети. Тогда такой дренаж можно назвать выборочным площадным.

В других случаях переувлажнена зона только вдоль временных водотоков (тальвегов). Тогда дренажная сеть представляет собой коллектор, от которого отходят отдельные дрена, проложенные по дну переувлажненных тальвегов.

Эти две схемы охватывают большинство случаев выборочного горизонтального дренажа и по конструктивным особенностям не отличаются от других видов.

Вертикальный дренаж в ландшафтной архитектуре может найти применение в достаточно специфических условиях, определяемых как особенностями объекта и комплексом природных факторов, так и сочетанием различных видов гидротехнических мелиораций (наиболее желательны осушение и орошение из одной и той же скважины; в противном случае — только осушение).

Из особенностей объектов, где целесообразен вертикальный дренаж, можно отметить реставрацию памятников истории и архитектуры с плотной застройкой, где устройство горизонтально-

Классификация условий применения вертикального дренажа (по Б. С. Маслову)

Категория (условия применения вертикального дренажа)	Геоморфологиче- ское положение	Геологический разрез	Коэффициент фильтрации, м/сут; водопроводи- мость, м ² /сут	Тип дренажа	Источники водного питания объекта	Взаимосвязь грунтовых и напорных вод
I (весьма благо- приятные)	Поймы рек	Торф и заторфован- ные пески, $m < 3$ м. Пески средне- и крупнозернистые с незначительными прослоями суглинков и глин, $m = 40 \dots 100$ м	<u>Более 8</u> Более 600	Системати- ческий (пло- щадной)	Атмосферные осадки. Грунтовые и напорные воды (до 50 % приходной части водного баланса)	Тесная повсемест- ная гидрав- лическая связь
	Плоские низ- менности в пре- делах первых надпойменных террас	Торф и легкие минеральные грунты, $m < 2,5$ м. Пески разнотерни- стые, $m = 20 \dots 100$ м	<u>Более 8</u> Более 250	То же	Атмосферные осадки. Подземные воды (25 ... 50 % приходной части баланса)	То же
II (хорошие)	Плоские делю- виальные рав- нины в пределах второй и третьей надпойменных	Торф, заторфованные пески и супеси, $m < 2$ м. Разнотернистые пески с маломощными про- слоями глин и суглин-	<u>Более 8</u> Более 250	»	Атмосферные осадки. Подземные воды (10... 25 %	Гидравли- ческая связь не повсе- местная

	террас с понижениями до 1,5 м	ков, $m = 30 \dots 90$ м			приходной части водного баланса)	
III (удовлетворительные)	Моренно-зандровые и зандровые равнины с понижениями до 2 м	Торф и легкие минеральные грунты, $m < 2$ м. Пески разнородные с прослоями глины, суглинков, $m \geq 25$ м	$\frac{\text{Более } 6}{\text{Более } 150}$	Площадной несистематический	То же	Гидравлическая связь существует в местах размыва моренных суглинков
IV (допустимые)	Краевые образования Московского, Днепровского и других оледенений	Пылеватые супеси и легкие суглинки, $m < 1,5$ м. Пески разнородные, чередующиеся с суглинками, $m > 15$ м	$\frac{\text{Более } 5}{\text{Более } 100}$	Выборочный вертикальный дренаж и комбинированный	Атмосферные осадки. Подземные воды (до 10 % приходной части баланса)	Гидравлическая связь возможна в отдельных «окнах»
V (непригодные)	Водоразделы, равнины, долины рек	Торф, пески, суглинки на моренных или маломощных песчаных отложениях	$\frac{\text{Менее } 5}{\text{Менее } 100}$	Горизонтальный	То же	То же

го дренажа вызывает многочисленные и объемные земляные работы, часто сопровождающиеся подкопами под исторические памятники или необходимостью прокладки коммуникаций в очень стесненных условиях.

Другим направлением может быть дренаж ограниченной территории с благоприятными природными условиями, указанными далее.

В качестве конкретного примера сочетания вертикального дренажа и подпитки искусственных водоемов подземными водами можно привести водоемы усадьбы «Тригорское» в Пушкиногорье.

По геоморфологическим условиям и рельефу вертикальный дренаж (систематический или в виде отдельных скважин) лучше проявляет себя в широких поймах рек, на плоских низменностях и в других аналогичных условиях, рассматриваемых в табл. 7.1.

Площадки для строительства вертикального дренажа подбирают на основе инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий в сочетании с топографической съемкой рассматриваемой и смежной территорий. Участки должны отличаться однородными песчаными и супесчаными грунтами или торфами мощностью до 2 м, развитыми на водопроницаемых песчаных отложениях. При этом важна мощность и характеристика водоносного горизонта, которые должны характеризоваться следующими показателями: мощность пласта $m \geq 15$ м; коэффициент фильтрации $K \geq 5$ м/сут; водопроницаемость $T \geq 100$ м²/сут. Из приведенных данных видно, насколько велики ограничения по природным факторам для применения вертикального дренажа.

Наиболее сложным и дорогим сооружением является скважина, состоящая из водозаборной части, наземных сооружений и оборудования.

Скважина называется совершенной, если она вскрывает водоносный горизонт до водоупора, и несовершенной, если пласт вскрыт лишь частично. На конструкцию скважины влияет также количество водоносных горизонтов.

На малых участках могут применяться и более упрощенные конструкции вертикального дренажа.

Береговой дренаж обычно применяют в тех случаях, когда происходит временное или постоянное подтопление территории в результате подъема уровня воды в реке или в результате регулирования речного стока, когда целью регулирования является создание искусственного водоема на местном (пруд) или речном (водохранилище) стоке.

Границы зоны подтопления определяют на основе фильтрационных расчетов, методами моделирования или на основе аналитических зависимостей. При использовании аналитических методов прогнозные уровни грунтовых вод получают по полосам тока и зависимостям, приведенным далее.

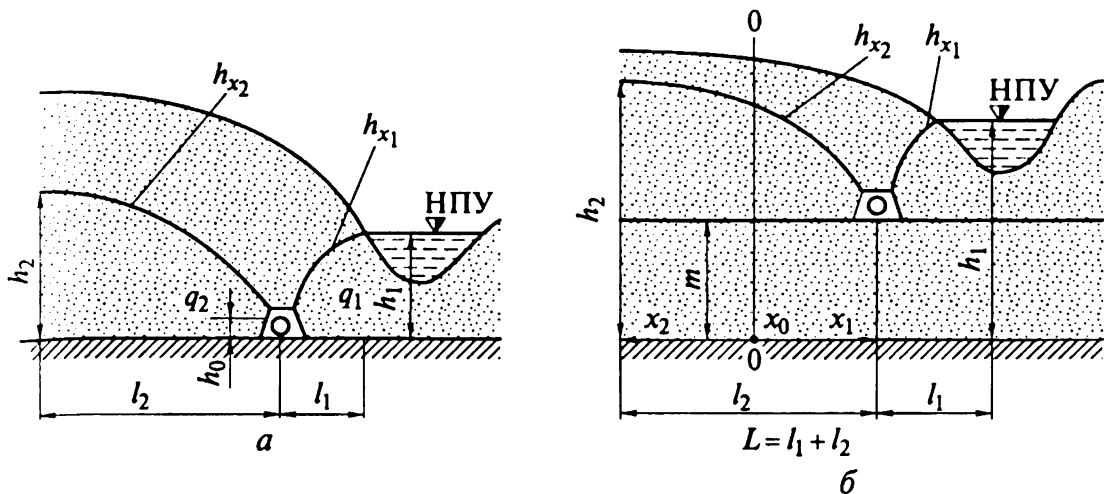


Рис. 7.2. Расчетные схемы горизонтального берегового дренажа:

a — совершенного типа; *б* — несовершенного типа; h_0 — расстояние от верха дрены до водоупора; h_1 — расстояние (напор) от НПУ реки до водоупора; h_2 — расстояние (напор) от рассматриваемой точки кривой депрессии до водоупора; q_1 — расход со стороны источника питания (реки); q_2 — расход со стороны берега; l_1 — расстояние от центра дрены до уреза воды; l_2 — расстояние от центра дрены до рассматриваемой точки; m — расстояние от дна дрены до водоупора; x_1 — расстояние от оси 0—0 до рассматриваемой точки кривой депрессии; L — расстояние от оси водотока до рассматриваемой точки кривой депрессии

Для борьбы с подтоплением могут использоваться как горизонтальный, так и вертикальный дренажи совершенного и несовершенного типов (Б. С. Маслов). Расчетные схемы горизонтального берегового дренажа совершенного и несовершенного типов приведены на рис. 7.2.

Горизонтальный дренаж. Произведем расчет при заданном напоре на контуре питания горизонтального дренажа совершенного типа. Расход на 1 м дренажа по Ж. Дюпюи составляет:

$$Q = q_1 + q_2 = \frac{(h_1^2 - h_0^2)K}{2l_1} + \frac{(h_2^2 - h_0^2)K}{2l_2},$$

где K — коэффициент фильтрации.

Депрессионные кривые:

$$h_{x_1} = \sqrt{\frac{x_1}{l_1}(h_1^2 - h_0^2) + h_0^2};$$

$$h_{x_2} = \sqrt{\frac{x_2}{l_2}(h_2^2 - h_0^2) + h_0^2}.$$

Расход на 1 м горизонтального дренажа несовершенного типа по Ж. Дюпюи и А. В. Романову составляет:

$$Q_0 = \frac{K(h_2 - m)^2}{2l_2} + \frac{K(h_1 - m)^2}{2l_1} + \frac{\pi KS}{\ln \frac{2m}{\pi d} + \frac{\pi l_2 l_1}{(l_2 + l_1)m}},$$

где S — расстояние от оси дрены до уровня грунтовых вод, м; d — диаметр дрены, м.

Депрессионная кривая в сторону контура питания на расстоянии от дрены более $2T_b$ (где T_b — напор над водоупором, м):

$$h_{x_2} = \left(\frac{1}{2} - \frac{x_2}{L} \right) (h_2 - h_1) + h_1 - \frac{Q_0}{KT_0} \left(x_2 - x_0 + \frac{l_2}{2} - \frac{l_2 x_2}{L} \right);$$

в сторону контура стока:

$$h_{x_1} = \left(\frac{1}{2} - \frac{x_1}{L} \right) (h_2 - h_1) + h_1 - \frac{Q_0 l_2}{KT_0} \left(\frac{1}{2} - \frac{x_1}{L} \right);$$

$$T_0 = m + \frac{h'_2 + h'_1}{2},$$

где x_1, x_2 определяются от средней линии $0-0$ (положительная — в сторону стока; отрицательная — в сторону контура питания); T_0 — напор над водоупором в сечении $0-0$.

Осушение методом кольматации (кольматажа) заключается в искусственном повышении поверхности земли путем осаждения речных наносов или разжиженного грунта, подаваемого в виде пульпы по трубопроводам из зоны земснаряда или гидромонитора. Такая система представляет собой классическую схему кольматажа, которая в дальнейшем была дополнена другими приемами при сохранении исходного названия (рис. 7.3).

При проведении кольматажа естественные или искусственные наносы осаждаются в отстойниках, а осветленная вода сбрасывается обратно в реку. Такая схема оказывается особенно выгодной, когда одновременно происходит углубление русла реки и кольматаж низких частей поймы или низкого берега.

Кольматирование территории может производиться как непрерывно, так и периодически. При непрерывном кольматировании вода должна иметь очень малую скорость для того, чтобы речные наносы осаждались на дне бассейна. При этом общая продолжительность кольматирования T_k может быть вычислена по формуле

$$T_k = \frac{\Omega h \gamma}{\sum (Q t) \rho \alpha},$$

где Ω — площадь участка, m^2 ; h — требуемое среднее повышение поверхности, м; γ — масса единицы объема осаждаемых наносов, t/m^3 ; Q — расход воды, проходящей через кольматажные бассей-

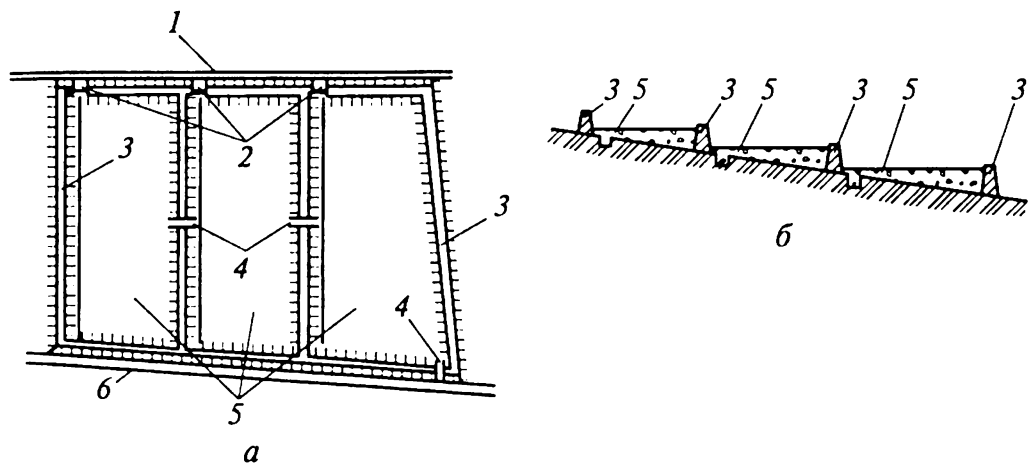


Рис. 7.3. План (а) и поперечный разрез (б) кольматажных бассейнов (по М. Н. Багрову):

1 — водоподводящий канал; 2 — шлюзы-регуляторы; 3 — дамбы; 4 — водосливы; 5 — кольматажные бассейны; 6 — сбросной канал

ны, $\text{м}^3/\text{сут}$; t — продолжительность паводка в году или период работы средств гидромеханизации, сут; ρ — мутность подаваемой воды, $\text{т}/\text{м}^3$; α — поправочный коэффициент на долю осаждаемых наносов.

Для осаждения частиц необходимо соблюдать условие $\omega > u$, где ω — гидравлическая крупность частиц; u — вертикальная составляющая скорости течения.

Гидравлическая крупность частиц определяется по формуле

$$\omega = 36\sqrt{d},$$

где d — диаметр частиц.

Вертикальная составляющая скорости течения определяется по формуле

$$u = \alpha v,$$

где α — поправочный коэффициент, равный $0,05 \dots 0,10$; v — средняя скорость потока, $\text{м}/\text{с}$.

Расстояние, проходимое частицей в бассейне до осаждения, определяется по формуле

$$l_k = vH/\omega,$$

где H — глубина бассейна, м.

Значение l_k должно быть меньше длины бассейна l_6 .

Обычно вода стоит в бассейне от 12 до 48 ч. После этого осветленная вода сбрасывается и подается новая порция мутной воды.

При непрерывном и периодическом кольматировании речными водами отметки поверхности земли повышаются на $0,5 \dots 10,0$ см в год, а в наиболее благоприятных условиях — на $25 \dots 30$ см.

В то же время при использовании для кольматирования пульпы земснарядов или гидромониторов, содержащей 15... 20 % грунта, высота слоя намыва составляет 7... 10 см за один залив чеков.

В качестве примеров кольматажа можно привести Колхидскую низменность, а также кольматаж низких берегов Финского залива в окрестностях Санкт-Петербурга. На кольматированных территориях Санкт-Петербурга расположен стадион им. С. М. Кирова и часть Приморского парка.

Машинный водоподъем используют в тех случаях, когда уровень воды в устье дренажной системы ниже подпертого уровня воды в водоприемнике. Такие условия часто возникают на территории польдеров.

Часто под машинным осушением и осушением польдеров понимают одно и то же мероприятие. На самом деле это не так, так как полдер может иметь самотечный сброс, а машинный водоподъем часто применяется при дренаже ограниченных участков, не имеющих водоприемников для самотечного осушения.

В зависимости от вида водоприемника существует три вида польдеров: приморские, пойменные (расположенные в поймах рек) и низинные (расположенные в приозерных и приводохранилищных низинах).

В зависимости от высоты оградительных дамб польдеры подразделяются на незатопляемые (зимние) и затопляемые (летние). Незатопляемые (зимние) польдеры, больше отвечающие требованиям ландшафтной архитектуры, ограждают дамбами, защищающими территорию от затопления максимальными паводками расчетной вероятности превышения (0,5... 1,0 % для селитебных территорий).

Как правило, в состав полдерной системы входят оградительные дамбы, насосные станции или сооружения самотечных систем (шлюзы, водовыпуски), сооружения электроснабжения, связи и автоматики, регулирующий бассейн для выравнивания работы насосной станции, магистральный канал, дренажная сеть с сооружениями, оградительные каналы и дрены, водоотводящий канал, дороги, дорожные и эксплуатационные сооружения.

По характеру обвалования различают кольцевую и боковую схемы. Кольцевую схему используют, как правило, на пойменных полдерах.

При проектировании полдеров основными являются расчеты оградительных дамб и насосных станций. Расчет дамб аналогичен расчету дамб и плотин в других случаях (они рассматриваются далее).

Расчетный расход насосной станции на незатопляемых (зимних) полдерах определяют гидрологическим расчетом с учетом трансформации части стока в открытых емкостях (по Б. С. Масло-ву).

В случае определения расчетного расхода методами, применяемыми для самотечных осушительных систем, трансформированный расчетный расход насосной станции $Q_{н.с}$, м³/с, можно вычислить по формуле

$$Q_{н.с} = Q_{ст}(1 - \sqrt{W / W_{ст}}),$$

где $Q_{ст}$ — расчетный расход стока, м³/с; W — регулирующая емкость в резервуаре, каналах, м³; $W_{ст}$ — объем стока, м³.

Примерные расчетные модули откачки в разных регионах страны при площади водосбора насосной станции от нескольких сотен до 4 тыс. га находятся в пределах 0,6... 1,9 л/с с 1 га. При устройстве польдерных систем на гораздо меньших площадях, что более характерно для объектов ландшафтной архитектуры, модуль стока может быть значительно больше.

Насосные агрегаты. Максимальный расчетный расход продолжается недолго, а в остальное время года сток бывает в несколько раз меньше расчетного.

Чтобы насосы могли работать экономично, их в комплексе насосной станции должно быть несколько. Наименьшая подача насоса Q_n , л/с, может быть определена по формуле Ю.Юшкаускаса:

$$Q_n = \frac{V}{3,6t} + q_1 F,$$

где V — полезный объем регулирующего резервуара, м³; t — рациональная продолжительность работы насосного агрегата в период бытового стока, ч; q_1 — средний модуль бытового (вегетационного) стока, л/(с · км²); F — площадь водосбора, км².

Резервуар имеет полезный и мертвый объемы. Глубина мертвого объема принимается конструктивно не менее 0,5 м. Под полезным объемом понимается тот объем, который находится между нижним и верхним эксплуатационными уровнями откачки. Расчетный полезный объем резервуара определяется по формуле Ю.Юшкаускаса:

$$V = 0,25t_{ц}Q,$$

где $t_{ц}$ — наименьшая продолжительность цикла работы насоса (время работы и последующего перерыва), с; Q — подача расчетного насоса, м³/с (если насосов несколько, то расчетной считается при ручном управлении наибольшая подача, при автоматизированном управлении — наименьшая подача).

Время работы и последующего перерыва определяется эксплуатационными требованиями оборудования, устойчивостью отко-сов резервуара, условиями эксплуатации насосной станции; при ручном управлении $t_{ц}$ принимают равным 6... 12 ч, при автоматизированном управлении — 0,5... 1,0 ч.

Расчетные напоры и уровни откачки. Расчетную динамическую высоту подъема воды H_d , м, определяют по формуле

$$H_d = H_r + h_n,$$

где H_r — геодезическая высота водоподъема, м; h_n — сумма потерь напора в сооружениях насосной станции от водозабора до водовыпуска, м.

Геодезическая высота водоподъема соответствует разности между максимальным уровнем воды 0,5—1,0%-й вероятности превышения в водоприемнике и верхнего (максимального) уровня воды в голове магистрального канала.

Насосные станции на польдерах, как правило, бывают стационарными. По надежности действия они относятся к III категории, допускающей перерыв в откачке до 1 сут.

Существуют три типа осушительных насосных станций на польдерах: совмещенный, раздельный и полураздельный.

Совмещенный тип имеет три основных сооружения (всасывающее, здание с насосно-силовым оборудованием и напорное), объединенных в одно строение.

Раздельный тип состоит из отдельных сооружений всасывания, здания и водоотвода. Такие станции оборудуют центробежными насосами и строят внутри незатопляемого польдера.

Полураздельный тип состоит из отдельного напорного сооружения и совмещенной всасывающей части со зданием насосного оборудования. Станции строят внутри незатопляемого польдера. Этот тип насосных станций имеет наибольшее распространение.

При дренаже части городских насаждений или коттеджных участков часто возникают проблемы с самотечным сбросом воды. В этих случаях в конце небольшой дренажной системы устраивают регулирующий резервуар (колодец) с установленным в нем дренажным насосом и стандартной системой автоматики, срабатывающей при достижении расчетного уровня воды в колодце.

7.2. Варианты дренажа при различных нормах осушения

Одновременное применение на ограниченных по площади участках различных норм осушения является специфической особенностью дренажа в ландшафтной архитектуре. Аналогичные вопросы в сельском и лесном хозяйстве по различным причинам просто не возникают вследствие того, что под одну и ту же культуру отводится значительная площадь, что и определяет единую норму осушения.

Рассмотрим несколько вариантов решения указанной ситуации. Первый вариант — дренаж по наиболее требовательной породе, особенно в тех случаях, когда различные растения располо-

жены по площади без учета особенностей их мелиорации. В этом случае выбирается наиболее глубокий дренаж, радикально меняющий водяной режим мелиорируемой площади (рис. 7.4, а).

В этом же случае при наличии возможности размещения культур по более рациональной мелиоративной схеме (от малых норм осушения к большим по пути стока дренажных вод) дрены закладываются на различной глубине в соответствии с требованиями различных видов растений. При таком способе устройства дренажной сети можно получить существенную экономию трудозатрат, объемов выемки земли и фильтрующих материалов обратной засыпки (рис. 7.4, б).

При аналогичном варианте в случае невозможности размещения растений в соответствии с нормами осушения есть смысл группировки растений по их требованиям к водному режиму с учетом других требований по их размещению. В этом случае возмо-

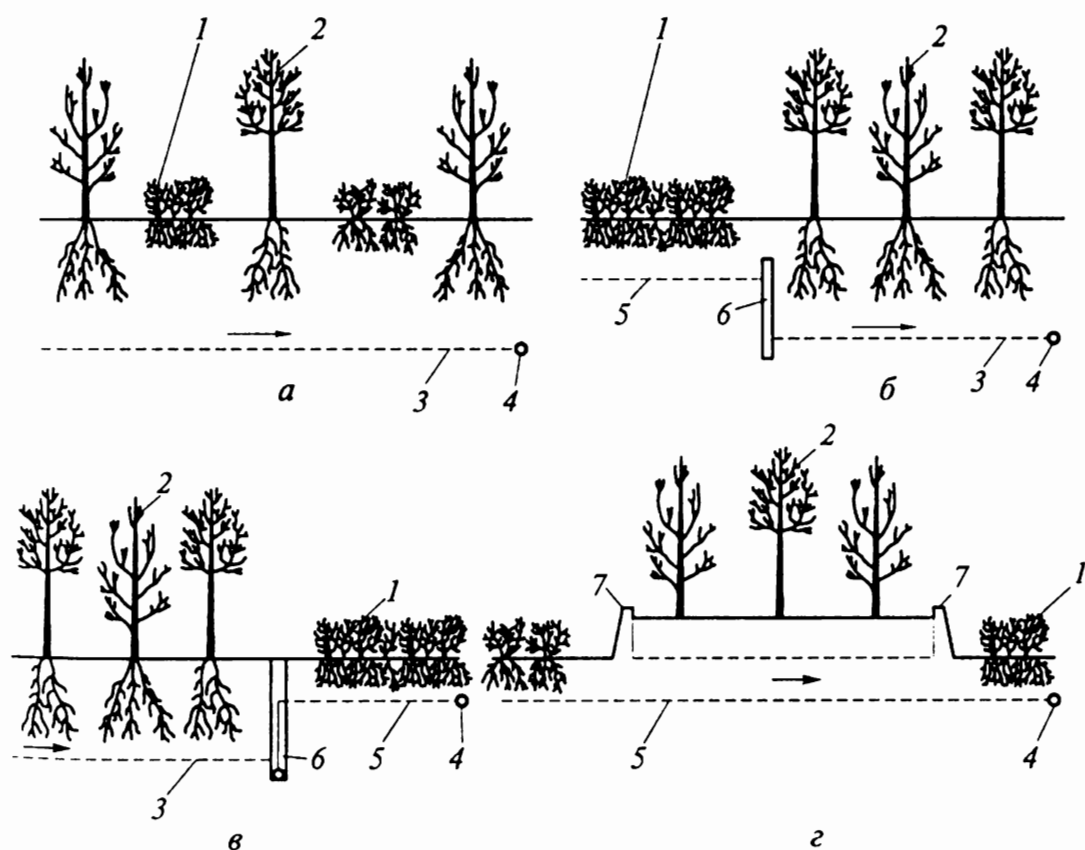


Рис. 7.4. Варианты дренажа при различных нормах осушения на одном небольшом объекте:

а — дренаж по наиболее требовательной породе; б — дренаж по рациональной мелиоративной схеме; в — дренаж с локальным подъемом дренажных вод насосом; г — сочетание мелкого дренажа с локальным искусственным повышением поверхности земли; 1 — культуры с мелкой корневой системой; 2 — культуры с глубокой корневой системой; 3 — глубокий дренаж; 4 — коллектор; 5 — мелкий дренаж; 6 — сопрягающий колодец (в варианте в — с насосом); 7 — подпорная стенка (стрелкой показано направление стока дренажных вод)

жен локальный более глубокий дренаж территории произрастания более требовательных растений с подъемом дренажных вод насосом до уровня коллектора основной (более мелкой) дренажной сети (рис. 7.4, в).

Этот же вопрос может быть решен на базе сочетания дренажа и искусственного повышения поверхности земли на участке произрастания растений, требующих повышенных норм осушения (рис. 7.4, г).

Изложенные варианты необходимо дополнить случаем, когда дренажные воды с участка невозможно удалить самотеком. В этом случае в конце коллектора устраивают водоприемный колодец, откуда вода насосом перекачивается в водоприемник или магистральный канал общей системы осушения и дренажа.

В число объектов осушения в ландшафтной архитектуре может попадать дренаж территории населенных пунктов независимо от того, кто эти мероприятия осуществляет. В любом случае ландшафтный архитектор должен иметь представление о таком виде дренажа и при необходимости использовать его для своих целей. Потребность в дренаже селитебных территорий возникает как в случае естественного высокого уровня грунтовых вод, так и в случае искусственного их подъема в результате строительства водохранилищ и других гидротехнических сооружений. На дренируемой территории должна обеспечиваться требуемая норма осушения, определяемая глубиной понижения уровня грунтовых вод, который следует отсчитывать не от существующей, а от проектной отметки территории.

**Нормы осушения различных видов территории
(по СНиП 2.06.15-85)**

<i>Характер застройки</i>	<i>Норма осушения, м</i>
Территории крупных промышленных зон и комплексов	До 15
Территории городских промышленных зон, коммунально-складских зон, центры крупнейших, крупных и больших городов	5
Селитебные территории городов и сельских населенных пунктов	2
Территории спортивно-оздоровительных объектов и учреждений обслуживания зон отдыха	1
Территории зон рекреационного и защитного назначения (зеленые насаждения общего пользования, парки, санитарно-защитные зоны) ...	1

Наличие дренажных систем любого из указанных объектов снимает зачастую наиболее сложный вопрос о возможности самотечного сброса дренажных вод. В таких условиях любой вид дренажа в ландшафтной архитектуре становится проще и дешевле, позволяя значительно разнообразить проектные решения.

7.3. Специальные виды дренажа

Помимо дренажа целых территорий часто возникает необходимость дренажа отдельно стоящих зданий и сооружений. Необходимость применения дренажа возникает тогда, когда надежда только на гидроизоляцию подвальных помещений вызывает сомнение. В этих случаях применяют дренаж различного вида: пристенный, пластовый или контурный.

Пристенный дренаж (рис. 7.5, а) обычно применяют при неглубоком залегании водоупора. Он служит для перехвата прилегающих к зданию грунтовых вод. Этот вид дренажа применяется при наличии слабопроницаемых слоистых грунтов. Он укладывается одновременно с возведением зданий и сооружений. При этом дренажные трубы укладывают на донный фильтр из песка и щебня или гравия.

При наличии мощного водоносного горизонта более надежно применять *пластовый дренаж* (рис. 7.5, б), при котором песчано-гравийная подготовка делается под всем зданием или сооружением. Эта подготовка значительной глубины; она является пластовым дренажом, выходящим за границы сооружения. Вода из пластового дренажа попадает в дренажную трубу и отводится за пределы дренируемой территории. Основной недостаток этого вида дренажа — практическая невозможность ремонта.

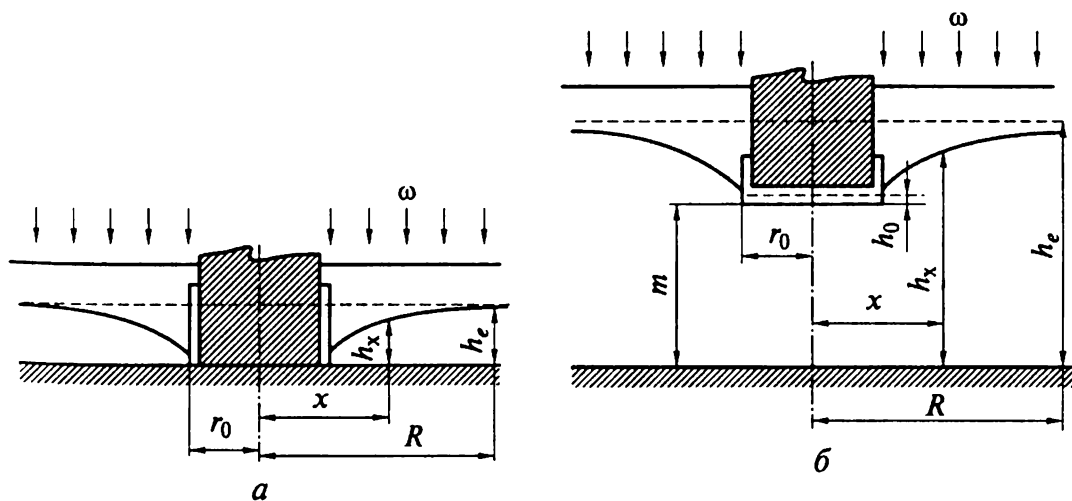


Рис. 7.5. Схемы для расчета дренажа:

а — пристенного; б — пластового; x — расстояние до рассматриваемой точки кривой депрессии от вертикальной оси здания; ω — дополнительное инфильтрационное питание; R — расстояние от вертикальной оси здания до расчетной точки кривой депрессии (радиус влияния); r_0 — расстояние от вертикальной оси здания до линии закладки дрен; h_x — расстояние от рассматриваемой точки кривой депрессии до водоупора (на расстоянии x от оси здания); h_e — высота кривой депрессии над водоупором на расстоянии R от оси здания; m — расстояние от подошвы пластового дренажа до водоупора; h_0 — толщина пластового дренажа

Контурный дренаж служит для защиты от подтопления отдельных зданий и сооружений. В отличие от пристенного и пластового контурный дренаж может сооружаться и на застроенной территории (по Е. С. Маркову). Контурный дренаж может выполняться в виде горизонтальных и вертикальных дрен.

Для расчета указанных видов дренажа служат расчетные схемы и формулы, приведены далее.

Пристенный дренаж. Суммарный поток определяется по Ж. Дюпюи:

$$Q = \frac{\pi K (2h_e - S) S}{\ln R - \ln r_0},$$

где S — расстояние от оси дрены до уровня грунтовых вод, м.

Депрессионная кривая в сторону от дренажа (рис. 7.5, а):

$$h_x = \sqrt{h_x^2 - \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x}{R}}.$$

Пластовый дренаж. Суммарный поток определяется по С. К. Абрамову:

$$Q = \pi K S \left[\frac{S}{\ln \frac{R}{r_0}} + \frac{2r_0}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r_0}{m + \sqrt{m^2 + r_0}}} + 0,515 \frac{r_0}{m} \ln \frac{R}{4m} \right].$$

Радиус влияния дренажа определяется по Е. Е. Керкису:

$$R = \sqrt{\ln R - \ln r_0 - 0,217} = 0,66 \sqrt{\frac{K}{\omega} h_e^2 - 0,5 r_0}.$$

Депрессионная кривая в сторону от дренажа (см. рис. 7.5, б):

$$h_x = m + h_0 + S \sqrt{1 - \frac{\ln \frac{R}{x}}{\ln \frac{R}{r_0}}}.$$

Кольцевой горизонтальный дренаж несовершенного типа. Суммарный поток определяется по А. Ж. Муфтахову (рис. 7.6, а):

$$Q = \frac{\pi K (2h_e - S) S}{\ln \frac{R}{r_0} + \xi},$$

где ξ — показатель влияния дрен.

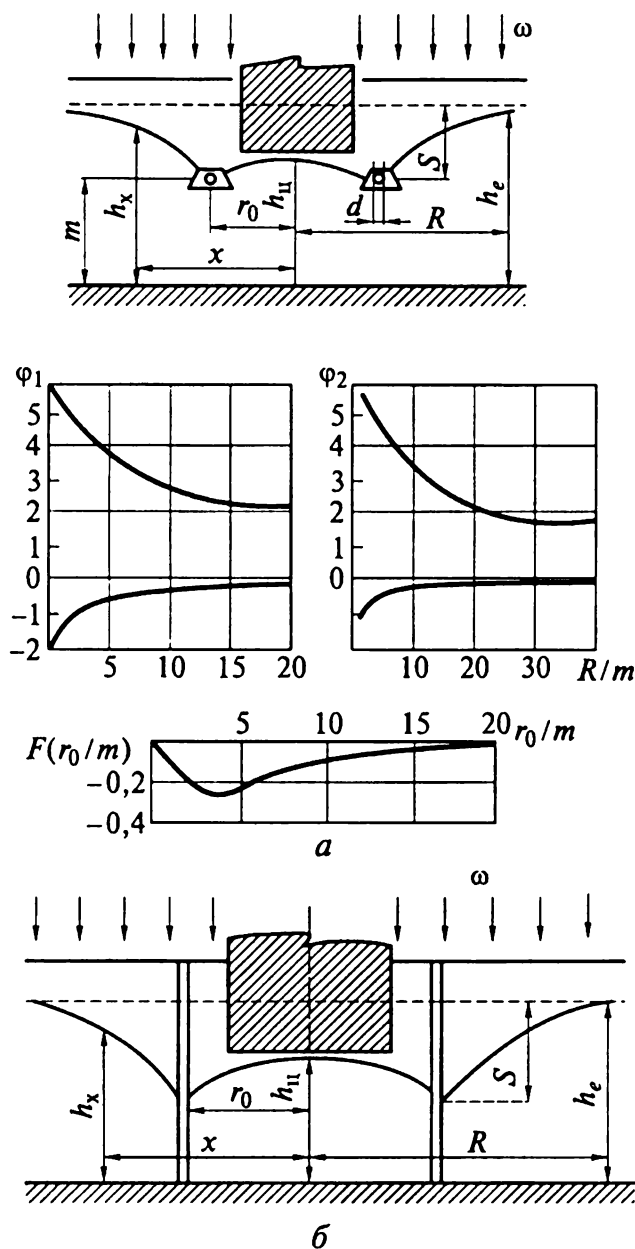


Рис. 7.6. Схемы для расчета кольцевого дренажа:

а — горизонтального дренажа несовершенного типа; *б* — вертикального дренажа совершенного типа; ω — дополнительное инфильтрационное питание; φ_1 , φ_2 — коэффициенты, зависящие от отношения R/m ; h_e — напор грунтовых вод над водоупором на расстоянии радиуса влияния R от оси здания; m — расстояние от оси дрены до водоупора; h_x — расстояние от рассматриваемой точки кривой депрессии до водоупора; x — расстояние от оси здания до расчетной точки кривой депрессии; r_0 — расстояние от вертикальной оси здания до линии закладки дрен; $h_{и}$ — напор грунтовых вод над водоупором под центром здания; R — радиус влияния; S — расстояние от центра дрен до уровня грунтовых вод; d — диаметр дрен; $F(r_0/m)$ — функция, определяемая по графику

Показатель влияния дрен определяется по формуле

$$\xi = \frac{m}{\pi r_0} \ln \frac{4r_0}{d} - \ln \left(1 + \frac{m}{r_0} \right).$$

Депрессионная кривая в центре контура (см. рис. 7.6, а):

$$h_e - h_u = S \frac{\ln \frac{4r_0}{d} - \pi + 2 \frac{r_0}{m} F\left(\frac{r_0}{m}\right)}{\ln \frac{4r_0}{d} + 2 \frac{r_0}{m} \varphi\left(\frac{r_0}{m}; \frac{R}{m}\right)},$$

где $\varphi\left(\frac{r_0}{m}; \frac{R}{m}\right) = \varphi_1 - \varphi_2$; $F\left(\frac{r_0}{m}\right)$.

Значения $(\varphi_1 - \varphi_2)$ находят по графикам (см. рис. 7.6, а).

Кольцевой вертикальный дренаж совершенного типа. Суммарный поток определяется по В. Н. Щелкачеву (рис. 7.6, б):

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{\pi K (2h_e - S) S}{\ln \left(\frac{R^n}{n r_0^{n-1} r_s} \right)},$$

где r_0 — расстояние от вертикальной оси здания до скважины вертикального дренажа, м; n — число скважин; r_s — расстояние от скважины до рассматриваемой точки кривой депрессии, м.

Депрессионная кривая в любой точке:

$$h_u = \sqrt{h_e^2 - \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{\pi K}}.$$

Приведенный радиус дренажа определяется по формуле

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}},$$

где F — площадь внутри замкнутого контура дренажа.

Лучевой дренаж представляет собой комплекс сооружений, состоящий из водоприемного шахтного колодца, из которого бурятся радиальные слабонаклонные скважины, расположенные в водоносном горизонте. Такая система служит для понижения уровня грунтовых вод на территории, под которой залегают водопроницаемые породы, насыщенные водой.

Конструктивно лучевой дренаж выглядит следующим образом. Основным сооружением является шахтный колодец такого диаметра, в котором можно разместить оборудование для бурения слабонаклонных (горизонтальных) скважин. Обычно диаметр колодца составляет от 2 до 6 м. Дно колодца для сбора воды заглубляется на 1,0... 1,5 м ниже устьев горизонтальных скважин. Число, длина и глубина лучевых горизонтальных скважин зависят от гид-

рогеологических особенностей объекта и определяются специальными расчетами.

Дренаж территории спортивных сооружений часто вызывается необходимостью устройства этих сооружений в неблагоприятных гидрологических и гидрогеологических условиях. В таких случаях при уровне поднятия грунтовых вод выше 0,7 м или на затапливаемых территориях производится дренирование или всей территории, или отдельных участков, на которых расположены поля или спортивные площадки. Применяются также такие мероприятия, как подсыпка фильтрующими материалами всей территории или ее обвалование.

Одной из основных задач при возведении спортивных сооружений является удаление лишней воды. Это достигается путем понижения уровня грунтовых вод с помощью дренажных систем, а также отвода дождевых и талых вод с поверхности спортивных сооружений методами вертикальной планировки и устройства ливнеотводящей сети.

Известно несколько систем устройства дренажа с использованием различных схем расположения дрен в плане. Наиболее распространенная схема — это кольцевой дренаж (рис. 7.7, а). Эта схема применяется, как правило, при дренаже небольших площадей. Если переувлажнены песчаные грунты, то кольцевой дренаж закладывают на расстоянии 5...8 м от границ спортивного сооружения. На более тяжелых по гранулометрическому составу грунтах это расстояние уменьшают пропорционально расстоянию между дренами, приведенному в подразд. 6.4.

При укладке материальных (в настоящее время — пластиковых) дрен тщательно соблюдают продольный уклон $\geq 0,003 \dots 0,005$. При укладке щебневых дрен этот уклон делают, по крайней мере, в 2 раза большим. Вдоль дрена через каждые 40...50 м и на всех поворотах обязательно устраивают смотровые колодцы (бетонные или пластмассовые). Вода из последнего колодца удаляется или самотеком, или с помощью насосной установки до попадания ее

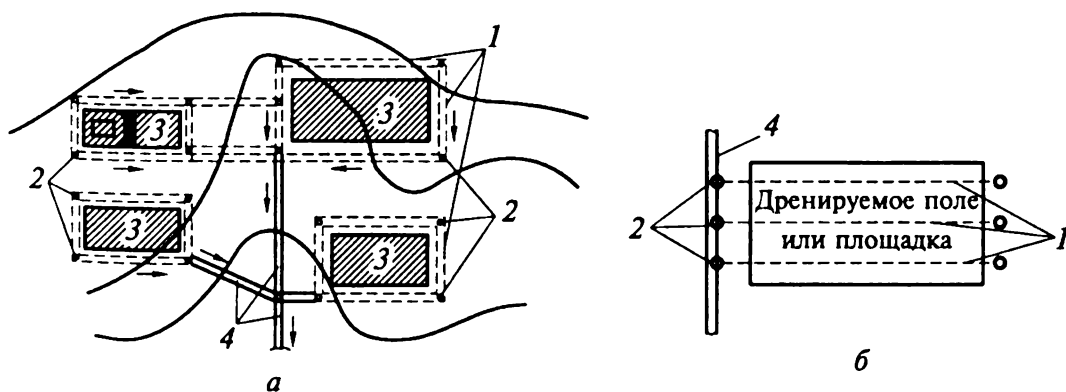


Рис. 7.7. Схемы дренажа спортивных сооружений (по В. А. Горохову):
а — кольцевого; б — систематического; 1 — дрены; 2 — смотровые колодцы; 3 — спортивные площадки и поля; 4 — коллектор

в естественную гидрографическую сеть или поселковую (городскую) дождевую канализацию.

При дренаже спортивных сооружений дрены укладывают на глубину 0,4... 0,6 м. Расстояния между дренами определяют по приведенным ранее рекомендациям с уменьшением в 2—4 раза по сравнению с рекомендуемыми для целей благоустройства. В наиболее тяжелых условиях междренные расстояния могут уменьшаться до 4... 5 м.

Помимо материальных дрена при дренаже спортивных сооружений могут применяться и мягкие щебеночные дрены, прокладываемые с более значительным уклоном. Такие дрены часто используют для усиления эффекта основного дренажа. Ввиду более значительного уклона длина таких дрена бывает, как правило, короче — не более 50... 60 м.

Вода из осушительных дрена попадает в коллектор, который предназначен для наиболее быстрого отвода воды от дренируемой территории. Для этой цели коллекторы прокладывают с продольным уклоном 0,007—0,010.

При наличии плотных, плохо проницаемых грунтов иногда применяют так называемый пластовый дренаж, состоящий из слоя среднего щебня (фракцией 20... 30 мм) толщиной 10... 15 см, слоя гравия или керамзита (фракцией 6... 10 мм) толщиной 5... 7 см и слоя крупнозернистого речного песка толщиной 7... 10 см. Основание такого дренажа имеет уклон 0,008... 0,010, а общая толщина составляет от 20... 25 до 30... 35 см.

Дренаж питомников декоративных и садовых растений принципиально не отличается от других видов дренажа, применяемых в садово-парковом строительстве. Основное отличие заключается в том, что при выращивании посадочного материала избавление от избытка воды в почве должно происходить как можно быстрее. Поэтому при расчете междренних расстояний по формулам (6.1), (6.2) расчетное время удаления избытка воды не должно превышать 2... 4 сут, что, естественно, ведет к сгущению дренажной сети при уменьшении междренного расстояния в среднем в 1,5—2 раза.

При определении междренного расстояния на основе местного опыта (по графикам, таблицам, номограммам и т.д.), не учитывающего особенностей ландшафтной архитектуры и способов создания питомников, полученные значения также целесообразно уменьшить в 1,5—2 раза. Выбирая место под питомник, предпочтение следует отдавать легким почвам (супесям, легким суглинкам) с нормальным водным режимом. В этом случае дренаж будет играть роль вынужденного дополнительного мероприятия по нормализации водно-воздушного режима. На гидроморфных и торфяных почвах питомники без крайней нужды лучше вообще не закладывать.

Дренаж территории парков, лесопарков и отдельных лесных участков производится в соответствии с рекомендациями, разработанными для применения в сельском, лесном хозяйстве и ландшафтной архитектуре.

В последнем случае следует учитывать ряд особенностей садово-паркового строительства, влияющих на конструкцию сооружений:

- размер дренируемых участков может значительно отличаться от тех, которые подвергаются мелиорации в сельском и лесном хозяйстве;
- конфигурация участков может быть самой разнообразной, в том числе неудобной для дренирования, что вызывает необходимость одновременного применения различных методов дренажа;
- достаточно часто можно встретить сочетание открытого и закрытого дренажа на одном, достаточно небольшом объекте;
- необходимость применения вертикального и лучевого дренажа в неоптимальных для этих видов условиях;
- частое применение криволинейных форм открытого дренажа (осушение открытыми каналами) в тех местах, где обычно стремятся применить прямолинейные формы;
- частое сочетание дренажа с водоемами, где водоемы способствуют подтоплению территории (подъем уровня воды), а дренаж направлен на прямо противоположный эффект;
- дренаж ряда сооружений и малых архитектурных форм, которые редко встречаются в других отраслях;
- применение специфических видов дренажа.

Перечислим особенности приходится учитывать при конкретном проектировании.

Применение специфических видов дренажа в садово-парковом строительстве вызвано особенностью этого направления в гидротехнической мелиорации ландшафта.

Дренаж территории для закладки сада должен учитывать особенности этой культуры (по Ф. Р. Зайдельману):

- глубина заложения дрен для обеспечения оптимальной глубины грунтовых вод должна составлять 1,2... 1,5 м;
- корни садовых деревьев в период понижения уровня грунтовых вод и в период засухи проникают в зону расположения дрен и могут закупорить дренажные отверстия;
- садовые культуры высаживают рядами, что определяет конфигурацию системы дренажа;
- наличие сада определяет задачу общего повышения плодородия почв, в том числе для уменьшения ветровальности деревьев и достижения других положительных эффектов.

Защита дренажа от проникновения корней предусматривает два основных мероприятия: защиту отверстий и стыков дрен и ускорение стока дренажных вод за счет увеличения продольного укло-

на дрен. Ввиду сложности ремонта дренажной системы в саду необходимо предусматривать более капитальные (дорогостоящие) решения (по А. М. Думбляускасу).

Наиболее надежным, но редко используемым на практике, является дренаж Реролле (рис. 7.8). Исторически дренаж Реролле выполнялся из гончарных трубок, стыки между которыми замоноличивались цементным раствором или закрывались муфтами. Для поступления грунтовых вод через 3...5 м располагали вертикальные дренажные трубки, соединенные с водосборными шурфами, заполненными гравием или щебнем. Дренажные воды по мере их

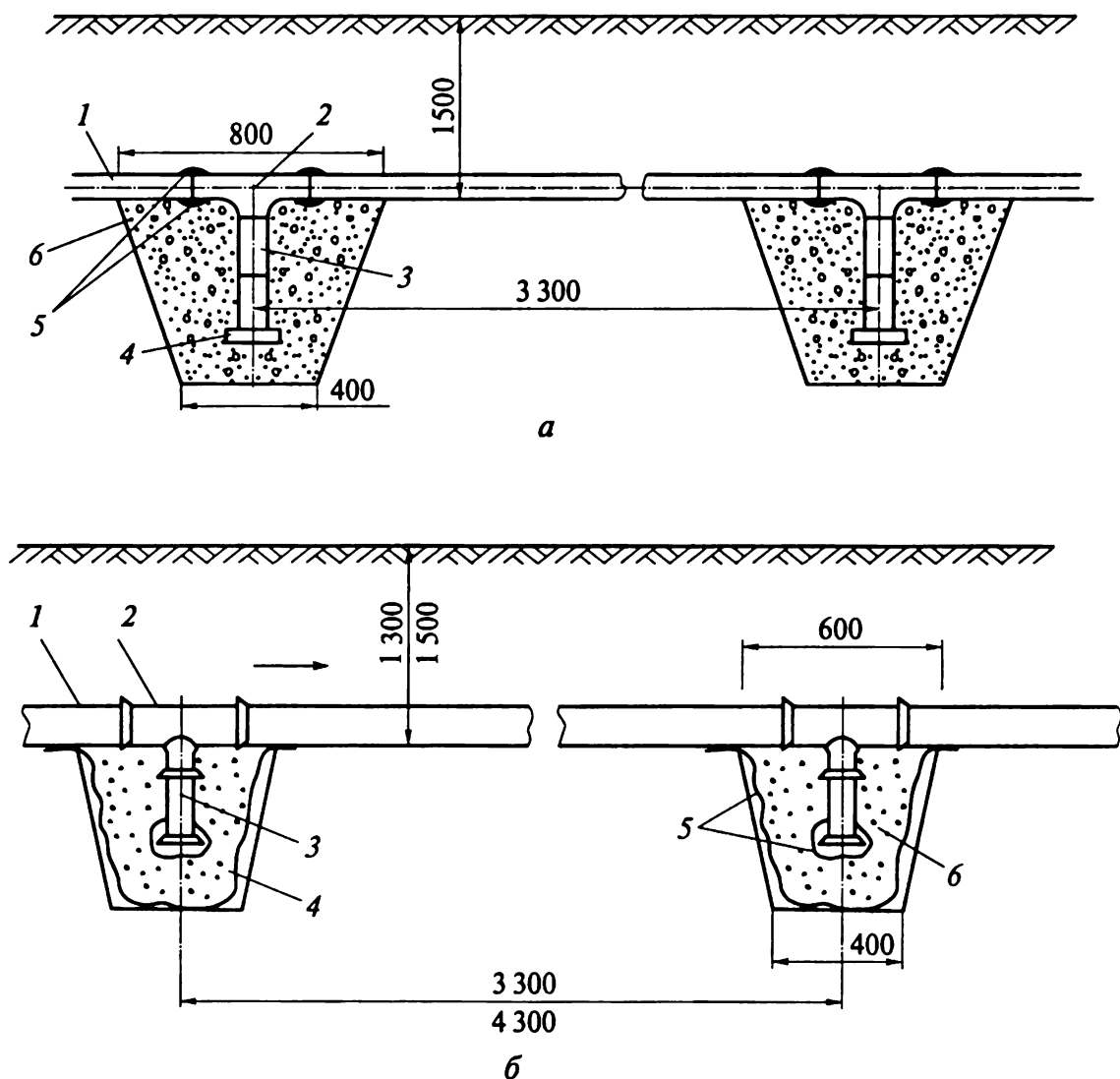


Рис. 7.8. Дренаж для садов и парков Реролле:

a — исторический (по А. М. Думбляускасу): 1 — дренажная трубка; 2 — тройник керамический; 3 — вертикальная трубка; 4 — опора; 5 — защита стыков; 6 — водосборный шурф; *б* — современная интерпретация: 1 — раструбная канализационная труба диаметром 75 или 110 мм; 2 — тройник пластиковый 75×50×87,5° или 110×50×87,5°; 3 — раструбная канализационная труба 50×0,25 м; 4 — водосборный шурф; 5 — геоткань; 6 — дренажная засыпка (щебень, гравий средний)

поступления по вертикальным трубкам удаляются с помощью сплошных труб, имеющих продольный уклон. Из-за большой трудоемкости и значительной стоимости работ этот вид дренажа не получил широкого распространения.

Другим направлением для защиты дрен от зарастания корнями является перекрестный дренаж Ц. Н. Шкинниса. Такой дренаж строят в два яруса во взаимно-перпендикулярном направлении. В точках пересечения верхние и нижние линии соединены между собой. Нижние линии дренажа выполняются из дрен диаметром 75 мм, а верхние — 63 мм.

Дренаж обеспечивает интенсивное и равномерное осушение и не выходит из строя в случае закупорки отдельных участков. Строительство дренажа низкотехнологично, что и определило его малую применяемость.

Еще одним видом борьбы с зарастанием дрен является двойной дренаж (Б. В. Бабилов). При этом виде дренажа внутри более крупных дрен помещают дренажи с меньшим диаметром. При создании такого дренажа корни растений, проникая в дренажные отверстия, оказываются только в воздушном пространстве между дренажами и прекращают свой рост.

На сегодняшний день традиционный пластмассовый дренаж с увеличенным диаметром дрен (90 мм и более) и увеличенными продольными уклонами (для коллекторов 0,006 и более) является наиболее дешевым, быстрым и высокотехнологичным дренажем в садах и парках.

Одним из наиболее распространенных приемов в ландшафтной архитектуре является устройство подпорных стенок, возведение которых часто вызывает необходимость учета, по крайней мере, двух факторов. Во-первых, необходимость борьбы со скапливающейся с задней стороны водой путем продольного или поперечного дренажа, устройство регулярных водовыпусков и сбора, а также отвода поступившей воды открытой или закрытой водоотводящей сетью в ближайший водоприемник. Если противооползневая стенка должна в нижней своей части пропускать постоянный или временный поток грунтовых вод (верховодки), то в качестве фундамента используется так называемый свайный ростверк, состоящий из ряда свай, заглубленных на несколько метров в грунт. При этом грунтовые воды свободно проходят между сваями, не создавая опасного для стенки и склона подпора.

Во-вторых, необходимость борьбы с морозным пучением основания, в основном при возведении декоративных стенок без фундамента или с небольшим заглублением в пучинистые суглинистые грунты. Основными методами борьбы с этим явлением являются дренаж основания стенки и более глубокая и тщательная песчано-щебеночная подготовка основания стенки, достигающая толщины 40...60 см.

При проведении работ по геопластике рельефа часто для создания устойчивых долговременных форм также необходим дренаж. Например, при отсыпке искусственного холма с ядром из крупнообломочного материала можно рекомендовать дренаж средней части холма перед отсыпкой супеси (песка) и растительной земли. Другой вариант — использование однородного суглинистого материала в сочетании с пластовым дренажем, обеспечивающим оптимальную влажность и пластичность, что позволяет создавать устойчивый откос без дополнительных мероприятий по его укреплению. Кроме того, в случае необходимости целесообразно применять и другие способы укрепления земляного откоса перед посевом трав.

7.4. Строительство и эксплуатация дренажных систем

Дренажная система, как правило, состоит из различного вида сетей и гидротехнических сооружений. Основными видами сетей являются: дренажная, оросительная, сеть связи и др. Рассмотрим строительство и эксплуатацию дренажной сети и гидротехнических сооружений на сети.

Дренажная сеть. Строительство дренажной сети начинается с переноса проекта в натуру. За основу берется план дренажной сети, выполненный в масштабах 1 : 100, 1 : 200 или 1 : 500 (в зависимости от размеров участка и сложности сети). Для переноса плана дренажной сети и закрепления ее в натуре обычно используется один из трех наиболее распространенных методов.

1. Топографический метод. Его применяют в основном в случаях, когда сеть большая, а вблизи отсутствуют пункты привязки.

Перенос проекта начинают с привязки устья и определения направления (азимута или румба) ближайшего отрезка коллектора, заканчивающегося поворотом коллектора или каким-либо сооружением. В точке поворота с помощью геодезического инструмента (буссоли, нивелира с горизонтальным лимбом или теодолита) намечается направление следующего участка коллектора. Угол поворота перед этим определяется по плану с точностью до 0,50 или 0,25°. Задав новое направление, закрепляемое вешкой, производят измерение длины нового участка коллектора с одновременной разбивкой пикетажа, начало которого (ПК 0) совмещают с устьем коллектора.

Аналогичная работа выполняется по каждой дрене, впадающей в коллектор. В случае параллельности дрен можно обойтись только мерной лентой или рулеткой. Разбив в натуре всю сеть с обозначениями мест впадения дрен, расположения сооружений и пикетажа, можно приступать к строительству дренажной сети. Для работы по этому методу необходимо иметь хороший компас или

буссоль, один из угломерных инструментов, указанных ранее, а также мерную ленту, рулетку или дальномер. При работе с более сложными инструментами, выполняющими функцию определения магнитного азимута и расстояний, количество необходимых инструментов уменьшается.

2. Метод координат. Его применяют, как правило, на ограниченных участках, имеющих закрепленные в натуре границы. Применение этого метода требует предварительного нанесения координатной сетки на план дренажной сети и разбивки аналогичной сетки в натуре с закреплением ее колышками, лентами или струнами. Имея такую сеть в натуре (с ячейками прямоугольной формы размером 5×5 , 10×10 или 20×20 м), легко перенести все элементы дренажной сети в натуру и закрепить ее колышками с соответствующими надписями.

3. Метод ординат. Его применяют в тех же случаях, что и метод координат. Различие заключается в том, что в натуре разбивается только координатная основа (т. е. ось абсцисс и ось ординат). После этого по оси абсцисс через равные или неравные промежутки (по необходимости) разбиваются точки восстановления ординат, которые проводятся под прямым углом к оси абсцисс. Такая же работа предварительно проводится и с планом сети. Поиск и привязка намеченных точек производится путем определения их ординат (на плане и в натуре) и закрепления колышками или вешками. Иногда на одной ординате может располагаться не одна точка, а несколько.

Строительство траншей. Строительство траншей начинают всегда снизу вверх, т. е. от устья сети, во избежание подтопления и затопления в периоды выпадения ливневых осадков. Строительство крупных систем производится механизированным способом, а небольших систем — в основном вручную.

В процессе строительства приходится в основном обращать внимание на три основных фактора: крутизну откосов, глубину траншеи и продольный уклон. Глубина траншеи определяется на основе рабочей документации по продольным профилям. Крутизна откосов при механизированном способе зависит от конструкции рабочего органа (у многоковшового траншейного экскаватора $m = 0,25$; у роторного экскаватора $m = 0,0$; у баровой машины $m = 0,0$, где m — коэффициент заложения откосов). При ручном способе производства работ крутизна откосов зависит от типа грунта, его влажности, глубины траншеи и возможности работы в траншее рабочего. В большинстве случаев при ручном способе производства работ коэффициент откоса принимают равным $0,15 \dots 0,25$. При устройстве траншей в тяжелых грунтах лучше немного заглубить траншею, чем недоглубить, т. е. если минимальная глубина на соответствующем пикете или участке должна соответствовать проекту, то в промежуточных точках лучше, если она будет немного

глубже, чем немного мельче. В экстремальных условиях (переувлажненные, оплывающие или осыпающиеся грунты) приходится прибегать к таким приемам, как водоотлив и временное закрепление откосов щитами с распорками.

Выдерживание проектного уклона и укладка донного фильтра. Эти операции являются одними из важнейших. При механизированном способе производства работ выдерживание проектного уклона не вызывает принципиальных сложностей, если основная землеройная машина (многоковшевый или роторный экскаватор) оборудован лазерной корректирующей системой.

При ручном способе производства работ технология выдерживания уклона совершенно иная. После устройства траншеи по ее дну забивают деревянные колышки через каждые 5... 10 м с таким расчетом, чтобы отметка верха колышка соответствовала отметке «дно дрены» на продольном профиле коллектора или дрены. Работа эта выполняется с применением нивелира или гидроуровня.

После того как этот этап выполнен, на дно траншеи насыпают нижний слой из песка (желательно крупнозернистого и чистого) и разравнивают граблями, мотыгой или другим инструментом. Для уплотнения этого слоя его смачивают водой. После песка насыпают слой среднезернистого щебня твердых кристаллических или метаморфических пород (гранит, гнейс, габбро, кварц и др.). Ни в коем случае нельзя употреблять щебень мягких пород (известняк, песчаник, глинистый сланц и др.).

Слой щебня насыпают до верха колышка, после чего на поверхность щебня укладывают гофрированную перфорированную дрену из ПВХ, ПНД, ПВД или ПП с префильтром из геоткани.

Укладка коллекторов и дрен. Завершив укладку дрены, делают контрольные замеры отметок верха дрены на пикетах, вынесенных на поверхность земли. В качестве исходных точек отсчета используют реперы, установленные или выбранные в период производства топографических изысканий. После отсыпки объемного фильтра из щебня или даже последнего слоя из песка составляют акт на скрытые работы за подписями производителя работ, представителя заказчика и представителя авторского надзора.

Стыковка коллекторов и дрен. Стыковка коллекторов и дрен может производиться различными способами. Наиболее распространенным в настоящее время способом является использование специализированных фасонных частей для дренажных труб. Эти части (тройники, крестовины, отводы и др.) отличаются наличием двухсторонних раструбов на концах фасонных частей, позволяющих с легкостью производить стыковку дрен и коллекторов. К сожалению, отечественная промышленность или не выпускает весь необходимый ассортимент таких частей, или выпускает их в очень ограниченном количестве. Поэтому приходится использовать или импортные специализированные фасонные

части, или отечественные, предназначенные для систем канализации и имеющие раструб лишь на входе фасонных частей. В этом случае стыковка на выходе требует применения еще и стыковочных муфт.

Специализированные фасонные части имеют резиновое уплотнение (уплотнительное кольцо) и замок для стабилизации положения гофрированных дрен.

Некоторые зарубежные фирмы, например UPONOR (Финляндия), выпускают фасонные части с гофрированной гибкой вставкой или отдельные гибкие вставки, которые значительно уменьшают количество видов фасонных частей (вместо углов сопряжения от 15 до 87,5° всего один вид с углом 0...90°) и облегчают монтаж.

В качестве стыковочных устройств могут использоваться также колодцы Реди небольших размеров (200×200 или 300×300 мм) или им подобные фасонные части со сплошной крышкой. Использование этих устройств имеет свои негативные стороны вследствие увеличенного гидравлического сопротивления и наличия отстойников, накапливающих илистые частицы.

Все указанные ранее виды фасонных частей предусматривают их применение до засыпки траншей дренажным фильтрующим материалом. Это удобно при строительстве новой сети, но неудобно при реконструкции или дополнении сети, так как требует не только вскрытия траншей, но и разрезки коллекторов и дрен.

Не имеет этих недостатков система стыкующих гибких накладок с патрубком под определенный диаметр дрен. Стыковка с такими накладками требует только устройства отверстия специальной фрезой и освобождения узкого участка коллектора для установки на место накладки и ее закрепления клеем или крепежными хомутами.

Использование любых видов дренажных колодцев автоматически решает вопрос о стыковке коллекторов и дрен (в любом количестве), впадающих и выходящих из дренажного колодца.

Засыпка дренирующим материалом. После укладки коллекторов и дрен их засыпают крупнозернистым дренирующим материалом — щебнем или гравием среднего размера (20...40 мм). При укладке обычных дрен (рассчитанных на глубину 2,0...2,5 м) первый слой толщиной 10...15 см отсыпают лопатой вручную. Последующие слои можно отсыпать, используя тачку, погрузчик и другие машины. При применении упрочненных двухслойных дрен (рассчитанных на глубину 5...7 м) их засыпку можно производить сразу же, используя тачку.

Укладка фильтра-сепаратора. До появления современных нетканых геосинтетических материалов (геотканей) дренажные траншеи засыпали несколькими слоями песка и щебня по принципу обратного фильтра. С появлением геоткани надобность в этом ис-

чезла, так как отделить песок от щебня или гравия стало проще и дешевле.

После окончания засыпки щебня (0,25... 0,30 часть объема выемки) сверху кладется и заделывается по краям фильтр — сепаратор из геоткани, который, выполняя роль дополнительного фильтра, одновременно препятствует проникновению песка в крупные поры щебня или гравия.

При создании особо надежных дренажных систем весь объем щебня помещают в козух из геоткани, которая в этом случае и снизу кладется между песком и щебнем донного фильтра. После засыпки всего объема щебня его закрывают геотканью с перекрытием.

Засыпка песком и укладка слоя растительной земли. После укладки фильтра-сепаратора сверху насыпается слой песка, достигающий или до верха траншеи, или до нижней границы растительной земли. Рекомендуется отсыпанный слой уплотнить проливкой водой, так как песок при обратной засыпке имеет рыхлое сложение и быстро проседает. При засыпке песка до верха траншеи и его уплотнения водой сверху укладывают слой растительной земли.

Укладка дренажа из дренажных матов (ENKADRAIN). Укладка дренажа из дренажных матов производится в узкую траншею с практически вертикальными стенками. В этом их преимущество и экономия на дренажных материалах обратной засыпки. Узкая щель для дренажных матов делается или щелерезной машиной, или специальными лопатами для дренажа, которые наша промышленность пока не выпускает. В этом случае дренажная щель делается обычными узкими штыковыми и совковыми лопатами.

Контроль за продольным уклоном дрен в этом случае затруднен, поэтому целесообразно щель нарезать по предварительно спланированной поверхности, что позволяет контролировать укладку дрен по глубине траншеи. Фирма-производитель рекомендует делать обратную засыпку местным грунтом, что в наших условиях является, скорее, исключением из правила. Поэтому в качестве общей рекомендации обратную засыпку целесообразнее производить крупнозернистым чистым песком до верха траншеи или нижнего края растительной земли.

При применении дренажных матов в траншею сначала опускают мат с загнутым концом, а в образовавшийся желоб кладут дрена с префильтром. Возможен также монтаж мата и дрены на поверхности. Все остальные операции не отличаются от описанных ранее.

Применение дренажных матов экономит дренажные материалы и трудозатраты, но опыта очень длительной эксплуатации пока нет, поэтому преждевременно ставить знак равенства между работой дренажа обычного типа и применением дренажных матов. При реконструкции дренажных систем в озелененных ландшаф-

тах их преимущества несомненны (если не принимать во внимание вопросы стоимости и долговечности).

Дренажные колодцы. Дренажные колодцы по выполняемым функциям можно подразделить на смотровые и сопрягающие (с разными отметками лотков дрен). По материалам колодцы могут быть бетонными и пластмассовыми. По степени готовности отдельных бетонных элементов колодцы могут быть выполнены из специализированных бетонных элементов или элементов общего назначения.

Строительство (точнее, монтаж) типовых пластиковых колодцев из гофрированных труб UPOREN с внутренним диаметром 315 мм, резинового переходника 400×315 мм и сливного колодца к трубе диаметром 400 мм с одним или тремя входными (выходными) раструбными патрубками диаметром 110...160 мм производится аналогично. Гофрированные трубы дренажных колодцев, а также сами колодцы имеют стандартные крышки из ПНД диаметром 315 мм, продающиеся отдельно.

Поскольку оси и пороги входных патрубков находятся на определенном, четко зафиксированном расстоянии от дна колодца, установка последнего по высоте требует высокой точности. Верх трубы, выпускаемой длиной 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 и 6,0 м при необходимости срезается на высоте по усмотрению ландшафтного архитектора и закрывается сплошной (без перфорации) крышкой. С помощью муфты возможно удлинение колодца.

Несомненный интерес представляют более крупные пластиковые дренажные и дождеприемные колодцы той же фирмы, имеющие диаметр 400, 500, 560 мм. Они комплектуются отстойниками емкостью 35, 70, 150 и 300 л. Часть колодцев выпускается телескопического типа («Упопор 400/70»; «Упопор Про 400»; «Упопор 560/150» и др.). Колодцы имеют различный набор патрубков для присоединения дрен и труб диаметром 110, 160, 200, 250 и 315 мм. Более подробные сведения приведены в каталогах фирмы.

Бетонные дренажные колодцы выполняются из колец с внутренним диаметром 700...1 000 мм с таким расчетом, чтобы внутри кольца мог при необходимости выполнять работы человек. Это особенно важно, если строительство ведется методом «опускного колодца», когда грунт вынимается внутри колодца и подается наверх.

При устройстве котлована колодца экскаватором диаметр колодца имеет меньшее значение, так как внутри него проводятся только монтажные и эксплуатационные работы.

Специализированные колодезные кольца выпускаются разных диаметров и различной высоты с уже готовыми отверстиями, а также с готовым днищем. Такие кольца лучше соответствуют назначению дренажных колодцев, но требуют более точной работы

по их установке, так как смещение отверстий по вертикали потребует пробивки отверстий, что сведет на нет преимущества готовых сборных элементов. То же относится и к кольцам с днищем.

Кольца общего назначения также выпускаются различных диаметра и высоты. Выпускают кольца с плоским торцом (традиционные) и кольца с выборкой (четвертью), которые теоретически не требуют зачеканивания швов.

В кольцах общего назначения отверстия пробиваются по месту. Лучше, если контур отверстия сначала перфорируется перфоратором, а уже потом производится выбивание кусков бетона. При использовании колец общего назначения дно колодца бетонируется отдельно. При этом могут применяться различные схемы. В одном случае на уложенную донную плиту опускается нижнее кольцо колодца с бетонированием углов примыкания. Под плиту делается основание: слой песка (толщиной 10 см) и слой щебня (толщиной 10 см). В другом случае бетонирование толщиной 10...15 см производится внутри колодца с применением арматурных сеток из профилированной проволоки толщиной 4...5 мм.

Перед опусканием колец в грунт их наружная поверхность грунтуется сначала жидкой битумной мастикой, а потом густой. После застывания мастики поверхность окрашивается горячим битумом 2 раза.

Это предохраняет поверхность бетона при контакте с грунтом от воздействия почвенных кислот (которые обычно не принимаются во внимание при проведении гидрогеологических изысканий и анализе грунтовых вод). Кроме того, такая поверхностная гидроизоляция препятствует проникновению воды внутрь бетона, что увеличивает срок его службы.

При производстве работ в сухую погоду сначала устанавливают по месту колодцы, потом соединяют их дренажными траншеями с последующей укладкой дрен. В порядке контроля определяют отметки лотков дрен и дна колодца с составлением акта на скрытые работы.

Сверху колодцы закрывают бетонными крышками толщиной 15 см с отверстием диаметром 70 см. На эти отверстия устанавливают чугунные люки (обечайки) также диаметром 70 см.

При малых объемах работ на участках коттеджной застройки могут применяться так называемые садовые люки с пластмассовыми обечайками диаметром 54 см и чугунными облегченными крышками диаметром 51 см.

Сопряжение пластмассовых дрен с бетонным колодцем нельзя производить непосредственно. Это сопряжение производят через сопрягающие асбестоцементные трубы длиной 1,0...1,5 м с перфорацией по поверхности. Перфорацию производят сверлом диаметром 8...10 мм из расчета 40 отверстий на 1 пог. м длины трубы.

Труба заделывается в стенки колодца цементным раствором с покрытием битумной мастикой. Труба обертывается геотканью с креплением вязальной проволокой или синтетическим шнуром. В колодцах монтируются ходовые скобы или опускается металлическая лестница. После окончания работ металлические поверхности окрашиваются стойкими красками.

Эксплуатация дренажных систем. Основой эксплуатации дренажных систем является систематический осмотр коллекторов, дрен, устьев, дренажных колодцев, концевых выпусков и других сооружений.

Для нормального функционирования дренажных систем рекомендуется дренажные колодцы осматривать не реже одного раза в год. Делать это желательно в послепаводковый период, характеризующийся максимальной величиной дренажного, поверхностного и твердого стока. При осмотре дренажных колодцев проверяются выход воды из впадающих дрен и вход воды в отводящие дрены. То же самое делается при осмотре устьев коллекторов.

Особенное внимание следует обратить на уровень заилиения отстойников колодцев. Заилиение отстойников является нормальным явлением, для этого они и служат. Но степень и уровень заилиения имеют свой предел, который не нарушает работу коллекторов и дрен. В качестве индикатора степени заилиения отстойника колодца можно принять величину 10 см (расстояние от верха наилка до самого низкорасположенного лотка дрены). При достижении этой величины следует спуститься в колодец по лестнице или ходовым скобам и вычерпать образовавшийся наил. Эту же операцию можно проделать и небольшим переносным дренажным насосом со сбросом жидкой пульпы в ливневую открытую или закрытую сеть.

Практика показывает, что в зависимости от конструкции и качества работ на дренажной сети может произойти локальное заилиение отдельных участков коллекторов и дрен. Это обычно происходит через 10...20 лет эксплуатации. В этом случае возникает необходимость прочистки или промывки коллекторов и дрен, которая может быть произведена ручными механическими или ручным электрическим устройством (при рабочей длине до 10...15 м), а также машинами, например фирмы ROTHENBERGER (ФРГ) марки R 550, R 600, PODRUM 600, R 650 и R 750, предназначенными для очистки труб диаметром от 20 до 200 мм при рабочей длине последних от 30 до 80 м. При неполном заилиении сечения и наличии просвета в пробке возможна гидравлическая прочистка струей воды от насоса, имеющего напор 10...20 м водяного столба и более.

Прочистка возможна с двух сторон, для чего можно использовать доступ к коллектору или дрене со стороны устья, колодца, концевого выпуска и других устройств на дренажной сети. Для

этого основные элементы, выполняющие функции ловчей, отсечной дрены, должны на концах иметь концевые выпуски с легкодоступными крышками, так как в противном случае придется откапывать концы дрен, а после закапывания — приводить в порядок нарушенные участки культурного ландшафта.

Контрольные вопросы

1. Какие виды дренажа наиболее широко распространены в настоящее время?
2. Как можно запроектировать дренажную сеть, если участок один, а растения и их нормы осушения разные?
3. Назовите специальные виды дренажа и их особенности.
4. Опишите технологию и основные особенности строительства дренажных систем.
5. Каковы особенности эксплуатации дренажных систем?

ОРОШЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

8.1. Эволюция систем орошения

История орошения в мире превышает 10 тыс. лет. За этот период оно претерпело целый ряд изменений. Первоначально орошение носило характер естественных процессов, когда поля и посадки орошались в период разлива рек или воды поверхностного стока скапливались в замкнутых или полупроточных понижениях. На основе последнего вида в дальнейшем возникло так называемое лиманное орошение, не утратившее своего значения до сих пор.

Первые приемы сознательного искусственного орошения копировали природные процессы, когда орошаемые участки заливались слоем речной воды.

Дальнейшее совершенствование техники полива связано с экономией воды и желанием орошать не всю площадь, а лишь ту ее часть, которая занята культурными растениями.

Следующим этапом было уже более совершенное орошение по полосам и бороздам. Своего расцвета орошение достигло при переходе на машинные способы орошения, в частности на дождевание. Совершенствование техники дождевания привело к развитию мелкодисперсного дождевания, капельного и внутрипочвенного орошения.

В настоящее время орошение объектов ландшафтной архитектуры подразделяется на следующие виды: увлажнительное, обводнительное и удобрительное.

Кроме того, орошение объектов ландшафтной архитектуры можно подразделить на регулярное и разовое.

При использовании регулярного орошения воду к насаждениям подают в зависимости от потребности растений, метеорологических и почвенных условий на объекте, а также от организационно-хозяйственных потребностей и возможностей. При этом регулярное орошение одновременно улучшает водный, воздушный, тепловой и питательный режимы почвы.

Орошают территорию объекта различными способами, из которых наибольшее практическое значение имеют поверхностное самотечное орошение; дождевание; внутрипочвенное; капельное и мелкодисперсное орошения.

Регулярное увлажнительное орошение путем дождевания актуально на объектах улиц, магистралей.

При проектировании и строительстве систем орошения на объектах необходимо учитывать целый ряд факторов, к которым относятся:

- рельеф объекта;
- мощность почвы, ее плодородие, влагоемкость, водопроницаемость, водостойкость, степень и виды засоленности, естественное увлажнение;
- скорость и направление ветра;
- продолжительность и дефицит воды в почве и воздухе;
- испаряемость;
- дренированность территории, глубина залегания и минерализация грунтовых вод;
- источник орошения и его водный режим;
- водообеспеченность объекта и другие факторы, важнейшим из которых являются растения.

При оценке метеорологических факторов используются вероятностные методы, определяющие как возможные колебания в различные годы, так и внутригодовое распределение.

Большое значение имеет качество оросительной воды, которое определяется рядом ее показателей: минерализацией, количеством взвешенных наносов, температурой и т.д. В оросительной воде допускается содержание растворимых солей до 0,1 %, или 1 г/л. Допустимое содержание солей зависит также от их химического состава и водно-физических свойств почвы. Так, на легких почвах допустимое содержание солей выше, чем на тяжелых. При повышении содержания солей натрия оросительная вода может вызвать солонцеватость тяжелых почв, если в поглощающем комплексе недостаточно солей натрия. Некоторое повышение содержания солей в почве допускается в случаях обильных атмосферных осадков и промывке почв (промывной режим), небольших оросительных и поливных нормах, а также высокой агротехнике.

Крупные наносы (больше 0,1 мм) в оросительной воде нежелательны во избежание негативного влияния на дождевальное оборудование.

Мелкие глинистые наносы (менее 0,005 мм) имеют большую питательную ценность, но ухудшают физические свойства почв (особенно тяжелых). Они полезны лишь на легких песчаных и супесчаных почвах. Предельное их содержание в воде зависит от размеров отверстий дождевального оборудования и системы фильтров.

Температура оросительной воды оказывает сильное влияние на развитие растений. Холодная вода (подземная, ледниковая и т.д.) должна быть предварительно прогрета в мелких открытых бассейнах. При температуре воды более 20 °С увеличивается мощность корневой системы и усиливается развитие растений.

8.2. Дождевание. Оросительные и поливные нормы

Дождевание. Дождевание производится с помощью дождевальных устройств. Дождевальные устройства в зависимости от способа перемещения и создаваемого напора подразделяются на дождевальные агрегаты, машины и установки. Более подробно дождевальные устройства описаны в работе [17].

Дождевальные устройства в зависимости от радиуса действия подразделяются на короткоструйные (менее 10 м), среднеструйные (10...50 м) и дальнеструйные (более 50 м).

По принципу создания искусственного дождя насадки подразделяются на дефлекторные (отражательные) и струйные. В струйных насадках вода вытекает из сопла с большей скоростью, встречает сопротивление воздуха и постепенно распадается на капли. Струйные насадки в неподвижном положении создают неравномерный слой дождя по длине струи. Наибольший слой образуется на расстоянии $0,8...0,85R$, где R — радиус полета струи.

Для создания более равномерного дождя в дождевальных аппаратах, с одной стороны, устанавливают несколько (1...3) сопел, а с другой стороны — заставляют вращаться дождевальные аппараты вокруг вертикальной оси. При этом радиус полета струй уменьшается на 10...15 %.

Равномерность дождя является важным, но не единственным показателем, характеризующим качество дождя. Другими показателями являются интенсивность дождя и крупность капель.

При подборе дождевальных насадок и аппаратов необходимо знать как их характеристики (приводимые в справочных и паспортных данных), так и впитывающие свойства почвы для соблюдения основного условия дождевания: средняя интенсивность дождя не должна превышать впитывающую способность почвы в конце полива. Впитывающая способность почвы определяется экспериментальным путем.

Интенсивность дождя, обеспечивающую в данных условиях подачу требуемой нормы полива без стока воды, называют допустимой. Она определяется экспериментальным путем или в первом приближении по имеющимся нормативам (табл. 8.1).

Качество дождевания зависит от диаметра образуемых капель. Наиболее благоприятным для растений и почвы является моросящий дождь, который состоит из капель диаметром 0,4...0,9 мм.

Другая качественная характеристика искусственного дождя — степень равномерности распределения его по орошаемой площади. Существующими требованиями к дождевальным машинам и установкам определен коэффициент эффективного полива не менее 0,7 (т. е. более 70 % площади должно быть полито с интенсивностью дождя не менее 0,75 средней интенсивности дождя и не более 1,25 этой величины).

**Допустимая интенсивность дождя при орошении дождеванием
различных культур**

Почвы	Интенсивность дождя, мм/мин, при уклонах поверхности земли			
	0 ... 0,05	0,05 ... 0,08	0,08 ... 0,12	более 0,12
Песчаные	0,85	0,85	0,64	0,42
Песчаные, подстиласмые более плотным горизонтом	0,74	0,53	0,42	0,32
Легкие супесчаные	0,74	0,53	0,42	0,32
Легкие супесчаные, подсти- лаемые более плотным го- ризонтом	0,53	0,42	0,32	0,21
Среднесуглинистые	0,42	0,34	0,25	0,17
Среднесуглинистые, подсти- лаемые более плотным горизонтом	0,25	0,21	0,17	0,13
Тяжелые суглинки и глины	0,09	0,07	0,05	0,03

Оросительные и поливные нормы. Эти нормы для полива зеленых насаждений теоретически могут быть рассчитаны исходя из климатических и почвенных условий отдельных регионов. Практически они определяются экспериментальным путем в различных условиях, а их результаты анализируются, обобщаются и используются для дальнейшего применения в виде технических условий, рекомендаций и пособий. При этом неоднократно встречаются единые рекомендации, относящиеся ко II строительному району, имеющему протяжение с юга на север от линии Кишинев — Оренбург до линии Северная Карелия — Архангельск. Поэтому приведенные далее данные мы будем считать привязанными к Московскому региону, а их использование в других местах потребует корректировки, по крайней мере, с учетом коэффициента естественного увлажнения, который в том же строительном районе варьируется от 0,55 до 1,20. Коэффициент увлажнения K_y можно определить по формуле

$$K_y = (W_{\text{акт}} + P) / E_{\text{п}},$$

где $W_{\text{акт}}$ — активные запасы почвенной влаги в метровом слое почвы на начало оросительного периода, мм; P — количество осадков за тот же период, мм; $E_{\text{п}}$ — испаряемость (потенциальная эвапотранспирация) за оросительный период при температуре воздуха 5 °C и выше.

Далее приведены технические условия орошения зеленых насаждений, рекомендованные для Московского региона (табл. 8.2 — 8.7).

Таблица 8.2

Режим орошения лиственных деревьев и других растений, высаживаемых с комом земли размером более 1,7×1,7×0,65 м

Категория насаждений	Почвы	Режим орошения, м³ на 1 дерево		
		Сезонная оросительная норма	Поливная норма	Число поливов за сезон
Лиственные деревья, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	2,4	0,4	6
	Легкие	4,0	0,4	10
Лиственные деревья, высаженные на улицах городов более пяти лет назад	Тяжелые	1,2	0,4	3
	Легкие	2,0	0,4	5
Другие растения, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,8	0,4	2
	Легкие	1,6	0,4	4

Примечания: 1. Данные примечания относятся ко всем таблицам режима орошения зеленых насаждений, произрастающих в условиях глубокого залегания уровня грунтовых вод.

2. Естественное увлажнение почв и зеленых насаждений из года в год не остается постоянным, а изменяется в зависимости от количества осадков и температурного режима.

3. Приведенные во всех таблицах рекомендации относятся к некоторым средним условиям, которые характеризуются вероятностью превышения осадков, равной 50 % (или 1 раз в два года).

4. При другой вероятности превышения осадков, как при их увеличении (например, вероятность 25 %), так и при их уменьшении (вероятность 75, 95 и др.), в показатели режима орошения необходимо вводить поправки, корректирующие число поливов или поливные нормы.

5. В качестве временных рекомендаций, касающихся корректировки величины оросительной нормы, можно использовать корректирующие коэффициенты, зависящие от вероятности превышения осадков, выраженной в %: при вероятности 25 % — коэффициент 0,7; при 50 % — 1,0; при 75 % — 1,5; при 95 % — 2,8.

6. При применении полностью автоматизированного орошения, при котором потребность в поливах определяется по влажности почвы (или другими методами), поливные нормы и число поливов определяется состоянием почвы и насаждений.

7. Во всех остальных случаях режим орошения может планироваться заранее в зависимости от прогнозов гидрометеослужбы.

8. Все отклонения от режима орошения в зависимости от погодных условий оформляются соответствующими актами.

**Режим орошения лиственных деревьев, высаживаемых с комом земли
размером 1,3×1,3×0,65 м**

Категория насаждений	Почвы	Режим орошения, м ³ на 1 дерево		
		Сезонная оросительная норма	Поливная норма	Число поливов за сезон
Лиственные деревья, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,9	0,15	6
	Легкие	1,5	0,15	10
Лиственные деревья, высаженные на улицах городов более пяти лет назад	Тяжелые	0,45	0,15	3
	Легкие	0,75	0,15	5
Другие растения, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,3	0,15	2
	Легкие	0,6	0,15	4

Таблица 8.4

**Режим орошения хвойных деревьев, высаживаемых с комом земли
размером 0,8×0,8×0,6 м**

Категория насаждений	Почвы	Режим орошения, м ³ на 1 дерево		
		Сезонная оросительная норма	Поливная норма	Число поливов за сезон
Хвойные деревья, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,6	0,1	6
	Легкие	1,0	0,1	10
Хвойные деревья, высаженные на улицах городов более пяти лет назад	Тяжелые	0,3	0,1	3
	Легкие	0,5	0,1	5
Другие растения, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,2	0,1	2
	Легкие	0,4	0,1	4

**Режим орошения лиственных деревьев (стандартных)
в возрасте 8—11 лет и единичных посадок кустарников**

Категория насаждений	Почвы	Режим орошения, м ³ на 1 дерево		
		Сезонная оросительная норма	Поливная норма	Число поливов за сезон
Лиственные деревья, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,12	0,03	4
	Легкие	0,18	0,03	6
Лиственные деревья, высаженные на улицах городов более пяти лет назад	Тяжелые	0,06	0,03	2
	Легкие	0,12	0,03	4
Единичные посадки кустарников	Тяжелые	0,13	0,065	2
	Легкие	0,26	0,065	4

Таблица 8.6

Режим орошения живых изгородей из кустарников

Категория насаждений	Почвы	Режим орошения, м ³ на 1 пог. м		
		Сезонная оросительная норма	Поливная норма	Число поливов за сезон
Живые изгороди, высаженные на улицах городов в течение последних пяти лет	Тяжелые	0,12	0,03	4
	Легкие	0,18	0,03	6
Живые изгороди, высаженные на улицах городов более пяти лет назад	Тяжелые	0,06	0,03	2
	Легкие	0,12	0,03	4

Следует учитывать, что по мере накопления фактических данных рекомендации по режиму орошения могут корректироваться. Приведенные ранее материалы относятся к Московскому региону и могут быть распространены на насаждения, растущие в аналогичных условиях. В других регионах должны разрабатываться и корректироваться свои региональные данные, обеспечивающие наилучшие условия развития и роста насаждений.

Режим орошения кустарников, газонов и цветников

Категория насаждений	Почвы	Режим орошения, м ³ на 1 м ²		
		Сезонная оросительная норма	Поливная норма	Число поливов за сезон
Групповые посадки кустарников	Тяжелые	0,04	0,02	2
	Легкие	0,08	0,02	4
Газоны: партерные обыкновенные	Все виды	0,40	0,01	40
	То же	0,16	0,01	16
Цветники: летники многолетники ковровые	»	0,60	0,015	40
	»	0,40	0,02	20
	»	0,60	0,015	40

8.3. Зарубежный опыт

Зарубежный опыт рассмотрим на примере фирмы Hunter (США), которая дает достаточно подробную характеристику своим изделиям. Заслуживают внимание форсунки этой фирмы с регулируемым сектором разбрызгивания от 1 до 360°. Фирма выпускает выдвижные (устанавливаемые ниже поверхности земли) аппараты серии PS, отличающиеся помимо регулирования сектора полива наличием грязесъемника, сетчатого фильтра, дополнительного сливного запорного клапана и других устройств (табл. 8.8). Форсунки фирмы Hunter могут устанавливаться как над поверхностью земли, так и вровень с поверхностью земли при использовании различных регулируемых элементов.

Другой известной зарубежной фирмой является Gardena (ФРГ), предлагающая для профессионального орошения садов и парков комплект из четырех дождевальных аппаратов, которые сама фирма называет дождевателями и турбодождевателями. Характерно то, что все аппараты — только выдвижного типа; они монтируются ниже поверхности земли и только под давлением воды в системе выдвигаются вверх и начинается процесс дождевания (орошения). Из четырех типов дождевателей можно составлять различные комбинации, зависящие от конфигурации орошаемой территории,

дальности полета струи, секторов полива и количества дождевателей на одной нитке напорного трубопровода. Для составления схемы размещения дождевателей необходимо знать характеристики каждого из них. Необходимо также учитывать изменение расхода воды каждым дождевателем в зависимости от давления на входе в дождевальный аппарат. В табл. 8.9 приведены рабочие характеристики выдвижных дождевателей фирмы Gardena (ФРГ).

Современные системы дождевания, поступающие из зарубежных стран на российский рынок, имеют ряд особенностей, которые необходимо знать, чтобы грамотно их применять. Хотя изделия различных фирм во многом похожи, между ними есть и различия. Общая характеристика таких систем, приведенная далее, дана на основании информационного материала фирмы Gardena, которая называется «Система дождевания рго».

Система построена на базе выдвижных дождевателей для профессиональных пользователей (четыре основных типа). Она предназначена для полива дачных участков и больших озелененных площадей.

Имеется три альтернативных способа управления поливом:

- беспроводное дистанционное управление 15 магнитными клапанами для переключения линий полива;
- автоматический (запрограммированный) режим работы клапанов для переключения линий полива, удобный при децентрализованной установке и неограниченном количестве;
- многорежимный регулятор подачи воды, управляющий по кабелю не более чем шестью клапанами для полива.

Система может или подключаться к домашнему водопроводу, или работать от насоса, создающего необходимый напор.

В качестве подводящих и распределительных трубопроводов используются только пластиковые, ударопрочные трубы с наружным диаметром 16, 25 и 32 мм, стойкие к атмосферному воздействию и ультрафиолетовому излучению, рассчитанные на давление 6 и 10 бар.

Из такого же материала изготовлены различные фасонные части, имеющие фитинговые соединения.

При необходимости присоединения дополнительных устройств уже после окончания монтажа системы можно использовать накладной соединитель для монтажа без разрезания трубы.

Для соединения отдельных элементов фасонных частей и дождевателей используются как жесткие, так и гибкие соединения.

В систему может быть вмонтирован автоматический дренажный клапан для защиты от замерзания воды в системе, а также датчики влажности почвы и дождя, позволяющие экономить воду при поливе.

Система допускает различные варианты присоединения дождевальных аппаратов к трубопроводам (рис. 8.1), а также различ-

**Выборочная характеристика разбрызгивателей серии PS фирмы Hunter
с регулируемым сектором полива**

Форсунка PS			Радиус 3,0 м, регулирование 1...360°, угол наклона струи 10°		Радиус 3,7 м, регулирование 1...360°, угол наклона струи 28°		Радиус 4,6 м, регулирование 1...360°, угол наклона струи 28°		Радиус 5,2 м, регулирование 1...360°, угол наклона струи 28°	
Сектор полива	Давление									
	бар	кПа								
			Радиус, м	Расход, л/мин	Радиус, м	Расход, л/мин	Радиус, м	Расход, л/мин	Радиус, м	Расход, л/мин
90°	1,4	137	3,0	1,5	3,7	2,3	4,3	2,6	4,9	6,1
	1,7	172	3,0	1,5	3,7	3,0	4,6	3,4	5,2	6,8
	2,1	206	3,4	1,9	4,1	3,4	4,9	3,8	5,5	7,2
	2,4	241	3,4	1,9	4,3	3,4	4,9	4,2	5,5	7,9
	2,8	275	3,7	1,9	4,6	3,8	5,2	4,5	5,8	8,3
180°	1,4	137	3,0	2,6	3,7	4,5	4,3	5,3	4,9	9,1
	1,7	172	3,0	3,0	3,7	4,9	4,6	6,1	5,2	10,2
	2,1	206	3,4	3,8	4,1	5,7	4,9	6,8	5,5	11,0
	2,4	241	3,4	3,8	4,3	6,1	4,9	7,6	5,5	11,7
	2,8	275	3,7	4,5	4,6	6,4	5,2	7,9	5,8	12,5

270°	1,4	137	3,0	4,2	3,7	6,4	4,3	7,6	4,9	10,6
	1,7	172	3,0	4,9	3,7	7,2	4,6	8,3	5,2	11,7
	2,1	206	3,4	5,7	4,1	7,9	4,9	9,1	5,5	12,5
	2,4	241	3,4	6,1	4,3	8,7	4,9	9,8	5,5	14,8
	2,8	275	3,7	6,4	4,6	9,1	5,2	10,6	5,8	15,1
360°	1,4	137	3,0	5,3	3,7	7,9	4,3	11,4	4,9	14,0
	1,7	172	3,0	6,1	3,7	8,3	4,6	12,9	5,2	16,3
	2,1	206	3,4	7,6	4,1	10,6	4,9	13,6	5,5	17,4
	2,4	241	3,4	7,9	4,3	11,4	4,9	15,1	5,5	18,2
	2,8	275	3,7	9,1	4,6	12,5	5,2	16,7	5,8	20,1

Примечания: 1. Данные, приведенные в таблице, получены при отсутствии ветра. 2. Оптимальные условия функционирования — при давлении на входе 172 кПа. 3. При оптимальной эксплуатации норма орошения составляет 38 мм/ч.

**Рабочие характеристики выдвижных дождевателей
фирмы Gardena (ФРГ)**

Сектор полива	Рабочее давление, бар	Дальность полива, м	Расход, л/ч	Дальность полива, м	Расход, л/ч
<i>Дождеватель марки 50</i>				<i>Дождеватель марки 100</i>	
90°	1	3,5	50	4,0	150
	2	4,0	60	5,0	240
	3	4,5	85	5,5	290
	4	5,0	100	6,0	330
	5	5,0	125	6,5	360
	6	5,5	150	7,0	390
180°	1	3,5	100	4,0	300
	2	4,0	130	5,0	480
	3	5,0	185	5,5	580
	4	5,5	220	6,0	660
	5	5,5	250	6,0	730
	6	5,5	300	6,5	780
270°	1	3,5	185	4,0	450
	2	4,0	200	5,0	720
	3	5,0	275	5,0	870
	4	5,0	340	6,0	990
	5	5,0	375	6,0	1 100
	6	5,5	440	6,5	1 170
360°	1	3,5	210	4,0	600
	2	4,0	280	5,0	960
	3	5,0	380	5,5	1 160
	4	5,0	480	6,0	1 300
	5	5,0	500	6,0	1 400
	6	5,5	620	6,0	1 480
<i>Дождеватель марки 200</i>				<i>Дождеватель марки 380</i>	
25 ... 90°	1	6,0	160	7,5	220
	2	8,0	240	10,5	350

Сектор полива	Рабочее давление, бар	Дальность полива, м	Расход, л/ч	Дальность полива, м	Расход, л/ч
	3	9,0	320	10,5	450
	4	10,0	370	11,0	520
	5	10,0	410	11,0	590
	6	10,5	460	11,0	640
90... 180°	1	6,0	210	7,5	290
	2	8,0	350	11,0	500
	3	9,0	430	11,0	610
	4	10,0	500	11,5	720
	5	10,0	550	11,5	800
	6	10,5	620	12,0	890
180... 270°	1	6,0	270	7,5	370
	2	8,0	450	10,5	650
	3	9,0	550	11,0	770
	4	10,0	650	11,0	920
	5	10,0	700	11,5	1 010
	6	10,5	800	11,5	1 140
270... 360°	1	6,0	320	7,0	440
	2	8,0	550	10,5	800
	3	9,0	650	11,0	950
	4	9,5	790	11,5	1 120
	5	10,0	860	12	1 320
	6	10,5	960	12	1 400

ные схемы размещения дождевальных аппаратов и прокладки напорных трубопроводов в зависимости от конфигурации участка и наличия сооружений (рис. 8.2).

В качестве примера более мощных дождевальных аппаратов, предназначенных для орошения различных объектов, можно привести дождевальные аппараты фирмы Galcon. Одним из достоинств изделий этой фирмы является совместимость дождевальных насадок с насадками фирм Hunter и Rain Bird.

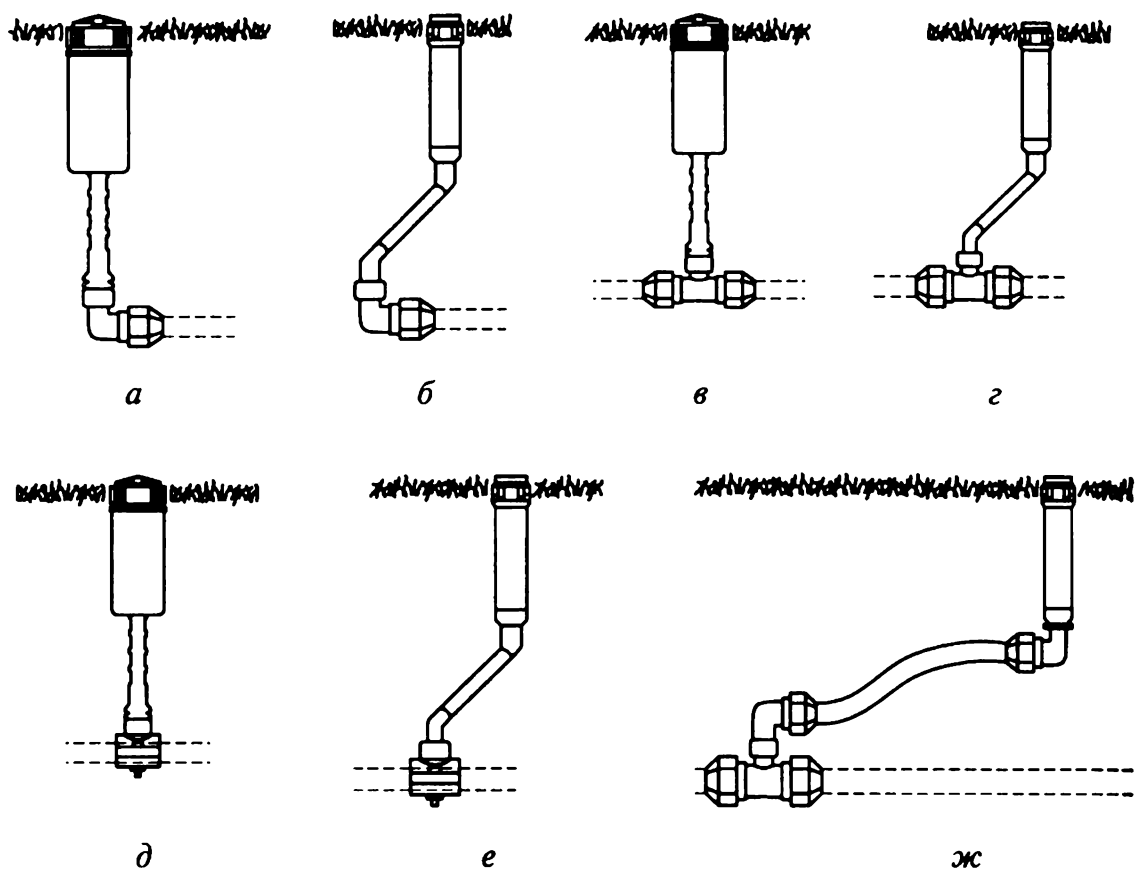


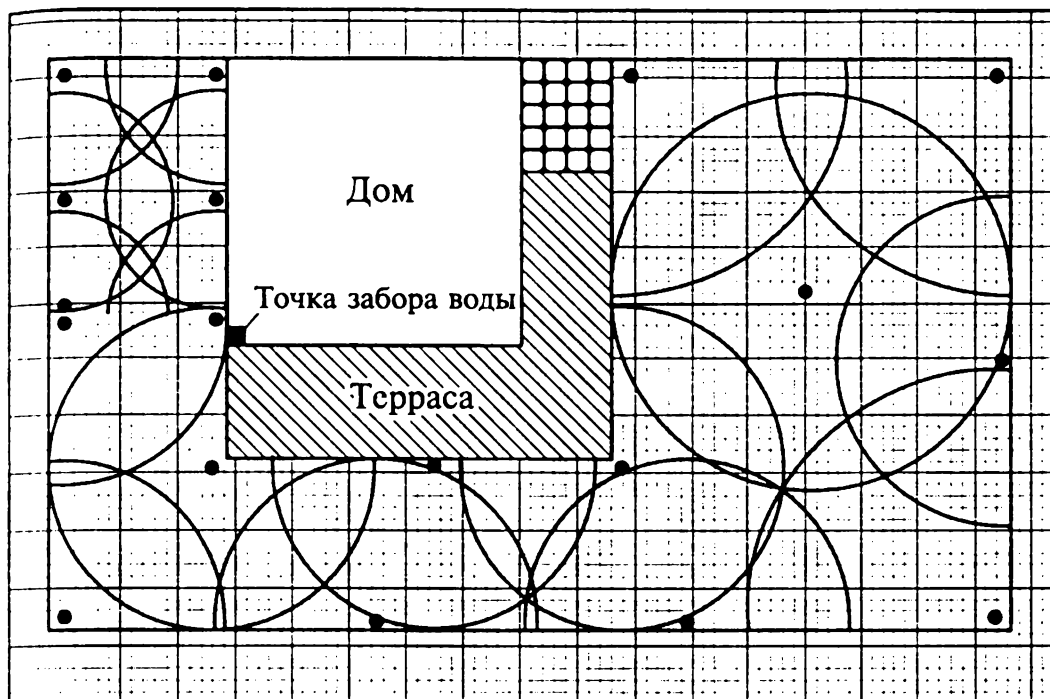
Рис. 8.1. Варианты присоединения дождевальных аппаратов к трубопроводам (по материалам фирмы Gardena):

а — с помощью L-образного соединителя и удлинителя; *б* — с помощью L-образного соединителя и гибкого соединения; *в* — с помощью T-образного соединителя и удлинителя; *г* — с помощью T-образного соединителя и гибкого соединения; *д* — с помощью накладного соединителя (без разрезания трубы) и удлинителя; *е* — с помощью накладного соединителя (без разрезания трубы) и гибкого соединения; *ж* — с помощью L-образного соединителя, тройника и гибкой трубы диаметром 16 мм

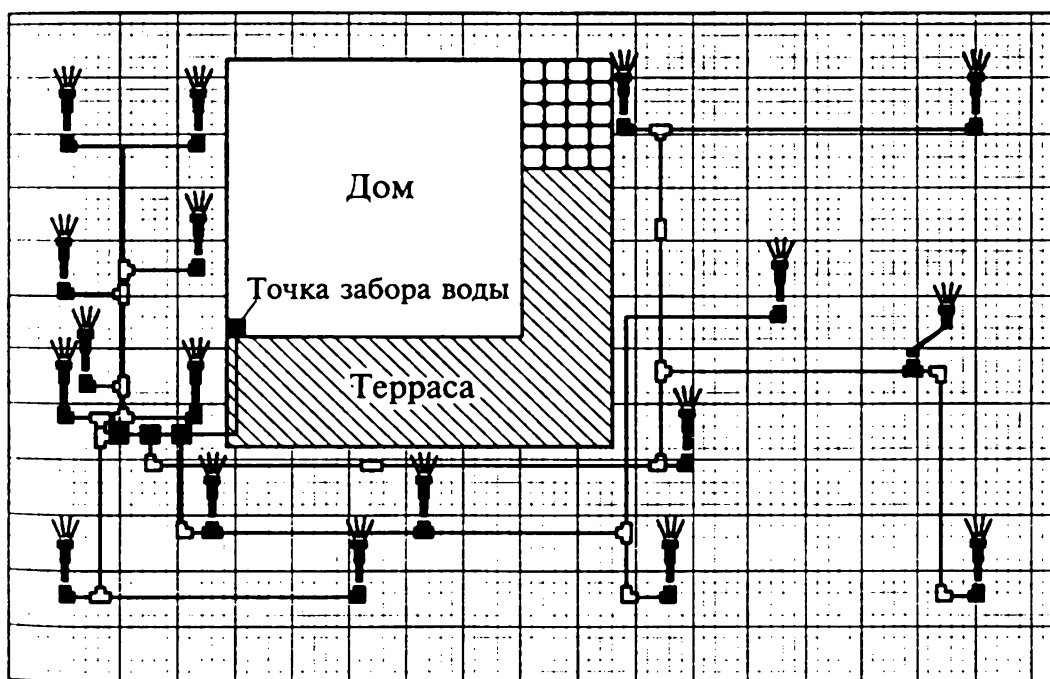
Например, дождевальные аппараты 421 и 423 рекомендуются для полива различных сельскохозяйственных культур, теплиц, проращивания семян сельскохозяйственных культур, полива газонов и огородов. Они изготовлены из высокопрочной латуни. У модели 423 может регулироваться сектор полива. Угол наклона струи регулируется.

Дальность полета струи регулируется в пределах 25 %. Максимальное расстояние между разбрызгивателями — 15 м. Соединение — наружной резьбой 1/2". Масса модели 421 — 195 г, модели 423 — 270 г (табл. 8.10).

К более мощным дождевальным аппаратам (разбрызгивателям) относятся модели 254 и 254 PC. Они также изготовлены из высокопрочной латуни. Область применения — та же, что и у дождевальных аппаратов 421 и 423. У модели 254 PC может регулироваться



a



б

Рис. 8.2. Схема орошения участка:

a — схема размещения дождевальных аппаратов; *б* — схема прокладки напорных трубопроводов в три нитки

сектор полива. Разбрызгиватели могут использоваться как с одной, так и с двумя форсунками. Наклон струи — 28° . Соединение 1" с внутренней резьбой. Максимальное расстояние между разбрызгива-

Рабочая характеристика дождевальных аппаратов моделей 421 и 423

Диаметр форсунки, мм	Давление, атм.	Расход, м³/ч	Максимальный диаметр полива, м
3,2	1,5	0,50	22
	2,0	0,57	23
	3,0	0,70	25
	4,0	0,81	26
3,5	1,5	0,58	23
	2,0	0,66	24
	3,0	0,81	26
	4,0	0,93	27
4,0	1,5	0,73	23
	2,0	0,85	25
	3,0	1,03	27
	4,0	1,18	28

Таблица 8.11

Рабочая характеристика дождевального аппарата модели 254

Диаметр форсунок, мм	Давление, атм.	Расход, м³/ч		Диаметр полива, м
5,0; 3,2	4,0	1,90	2,58	37
	5,0	2,09	2,66	40
	6,0	2,27	3,11	42
5,5; 3,2	4,0	2,27	2,85	39
	5,0	2,51	3,19	42
	6,0	2,73	3,35	44
6,0; 3,2	4,0	2,67	3,36	41
	5,0	2,98	3,73	45
	6,0	3,23	4,07	47
6,3; 3,2	4,0	2,89	3,56	41
	5,0	3,21	3,96	45
	6,0	3,49	4,31	47

Диаметр форсунок, мм	Давление, атм.	Расход, м ³ /ч		Диаметр полива, м
7,0; 4,2	4,0	3,53	4,56	43
	5,0	3,91	5,05	47
	6,0	4,26	5,50	51
7,5; 4,2	4,0	4,07	5,09	43
	5,0	4,53	5,67	48
	6,0	4,86	6,15	51
8,5; 4,2	4,0	5,21	6,18	44
	5,0	5,81	6,82	49
	6,0	6,31	7,44	52

Таблица 8.12

Рабочая характеристика дождевального аппарата модели 268 РС

Диаметр форсунок, мм	Давление, атм.	Расход, м ³ /ч	Диаметр полива, м
14,2; 8,0; 4,0	5,0	25,1	68
	6,0	27,5	71
	7,0	29,5	75
	8,0	31,7	79
16,8; 8,5; 4,0	5,0	29,8	74
	6,0	31,5	79
	7,0	34,6	84
	8,0	36,2	88
18,0; 8,5; 4,0	5,0	34,5	78
	6,0	37,8	84
	7,4	40,6	88
	8,0	43,4	92
20,0; 8,5; 4,0	5,0	40,4	80
	6,0	44,3	85
	7,0	47,6	90
	8,0	51,1	95

Диаметр форсунок, мм	Давление, атм.	Расход, м ³ /ч	Диаметр полива, м
22,0; 8,5; 4,0	5,0	47,2	83
	6,0	51,4	90
	7,0	55,7	95
	8,0	59,6	100

телями — 24 м. Масса модели 254 — 945 г, модели 254 РС — 1 100 г (табл. 8.11).

Более мощное оборудование, используемое для полива крупных площадей (пастбищ, выгонов и т.д.), а также для прибития пыли, отличается медленным равномерным вращением и наличием трех форсунок. Наклон струи — 26°; соединение — наружной резьбой диаметром 2". У модели 268 РС может регулироваться сектор полива. Максимальное расстояние между разбрызгивателями — 54 м. Масса модели 268 — 4 500 г, модели 268РС — 4 600 г (табл. 8.12).

Из приведенных ранее данных видно, какие широкие возможности имеет ландшафтный архитектор при проектировании систем дождевания. В простых случаях эти системы могут быть запроектированы ландшафтным архитектором, в более сложных случаях — специализированными организациями.

8.4. Мелкодисперсное дождевание

Мелкодисперсное дождевание (МДД) предназначено для увлажнения приземного слоя воздуха и уменьшения температуры листьев растений, произрастающих в неблагоприятных условиях внешней среды. Системы МДД более широко применяются в теплицах, для поливов в неблагоприятных условиях парков, скверов, садов, плантаций и посадок кустарников, а также для борьбы с воздушными засухами и суховеями.

При использовании систем МДД вода диспергируется на капли размером 400...600 мкм, которые хорошо удерживаются на листовой поверхности растений. Разовая норма увлажнения обычно находится в пределах 0,8...1,0 м³/га, или 0,08...0,10 л/м²; периодичность подачи воды в жаркое время суток — через 1...2 ч. Наибольший эффект от мелкодисперсного дождевания достигается при частом или непрерывном распределении влаги над орошаемым объектом.

Существует несколько способов диспергирования воды (гидродинамический, гидромеханический, пневмогидродинамический), для которых используются форсунки различных конструкций (рис. 8.3).

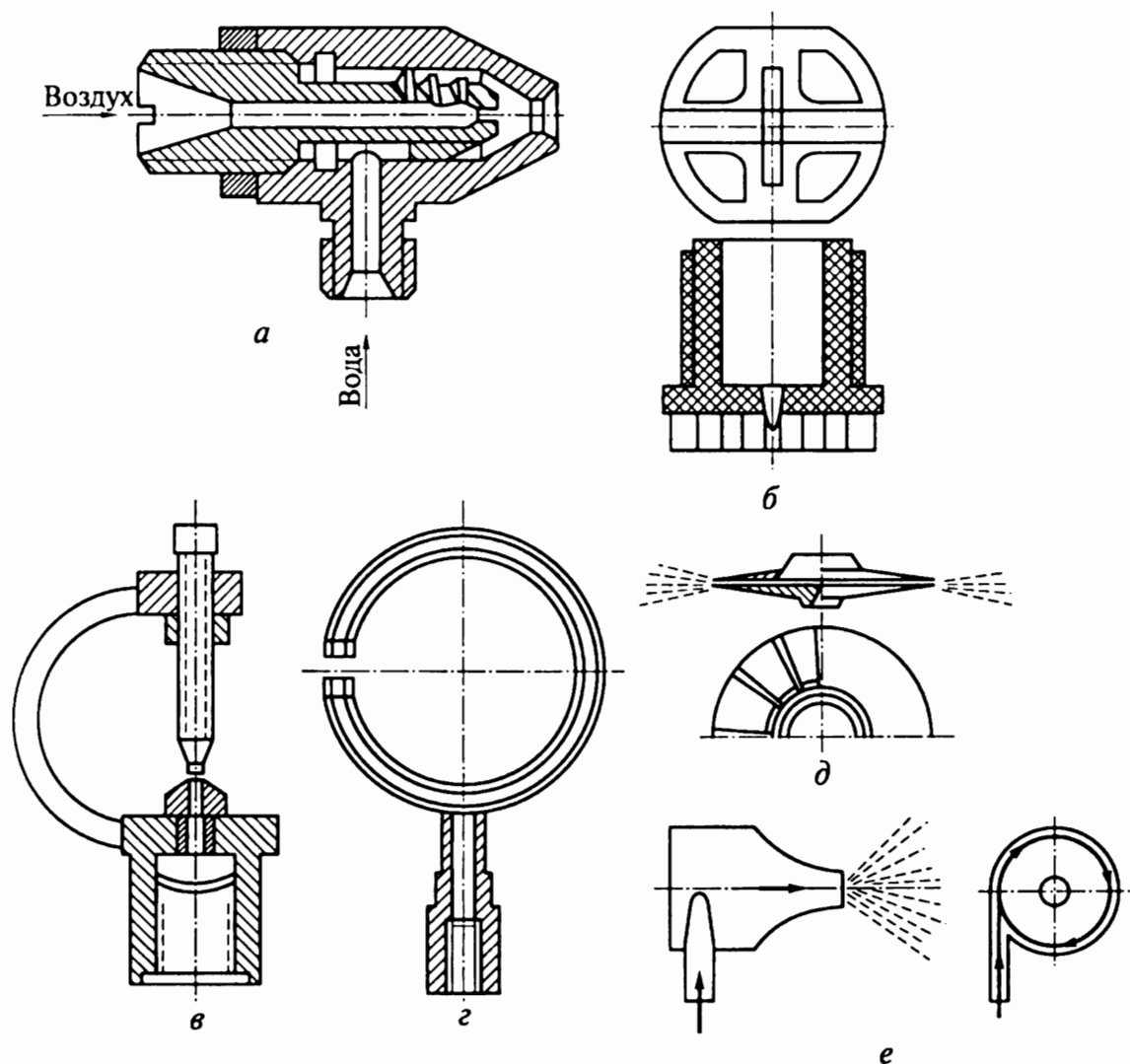


Рис. 8.3. Схемы форсунок различных конструкций:

a — пневматический распылитель ОП-1; *б* — ороситель ПФП-180; *в* — распылитель с регулируемым дефлектором; *г* — распылитель соударяющихся струй (АФИ); *д* — вращающийся дисковый распылитель; *е* — центробежная форсунка с вихревой камерой

Для МДД используются, как правило, стационарные системы различных типов (табл. 8.13).

Системы МДД используются как для надкroнового, так и для подкroнового дождевания на участках с уклоном до 0,5 м и скоростью ветра до 5 м/с.

На стационарных системах для надкroнового мелкодисперсного дождевания в садах применяют оборудование, включающее в себя мачту высотой 9...12 м и поворотную штангу с форсунками. Штанга самостоятельно устанавливается перпендикулярно направлению ветра. Оборудование работает по принципу гидродинамического диспергирования воды. При скорости ветра 3...6 м/с средняя интенсивность дождя составляет не менее 0,06 мм/ч.

**Стационарные системы аэрозольного увлажнения путем
мелкодисперсного дождевания [13]**

Показатель	Система ВНПО «Радуга»	Система УкрНИИОС
Тип основного рабочего органа	Дождеватель	Насадка
Схема размещения рабочих органов — расстояние, м	38 × 37	4 × 2,5
Число рабочих органов на 1 га	5 ... 7	1 000
Давление воды у рабочего органа, МПа	0,3 ... 0,4	0,15 ... 0,40
Расход распылителя, л/с	0,08 ... 0,11	0,008
Интенсивность подачи воды, л/с на 1 га	0,48 ... 0,66	1,0
Площадь, обслуживаемая одним оператором, га	100	50
Удельная протяженность трубопроводов, м/га	300	2 213
Средний диаметр трубопроводной сети, мм	42	29

8.5. Синхронное импульсное дождевание

Синхронное импульсное дождевание (СИД) относится к одному из прогрессивных направлений, так как позволяет максимально рассредоточить по площади расход поливной воды. С точки зрения гидропластики ландшафта такой метод дождевания можно отнести к достаточно выразительному зрелищу, особенно в жаркий солнечный день.

Особенностью СИД является то, что на протяжении всего вегетационного периода вода на объекты орошения подается в полном соответствии с ходом текущего водопотребления ландшафтными насаждениями.

В то же время поддерживается на оптимальном уровне влажность приземного слоя воздуха и активного (корнеобитаемого) слоя почвы. При этом агрегаты СИД работают одновременно на всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления воды и периодов ее выплескивания под действием сжатого воздуха.

СИД наиболее применимо для полива многолетних ландшафтных насаждений, полива насаждений на крутых склонах, при расчлененном рельефе, на маломощных почвах.

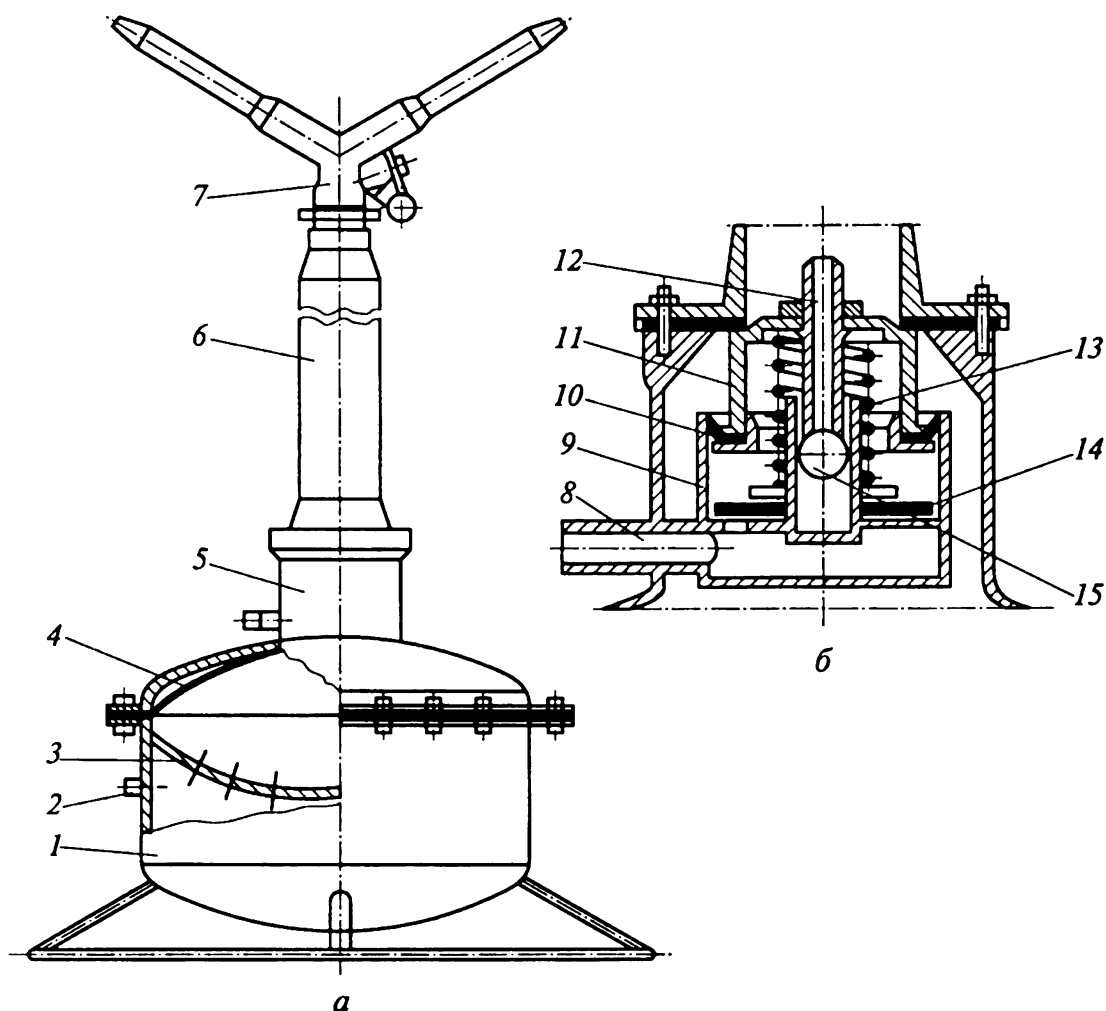


Рис. 8.4. Импульсный дождевальный аппарат ДИ-15 (а) и его гидроуправляемый запорный орган (б):

1 — пневмогидроаккумулятор; 2 — штуцер для закачивания воздуха; 3 — перфорированный ограничительный свод; 4 — эластичная мембрана; 5 — гидроуправляемый запорный орган; 6 — стояк; 7 — дождевальная насадка; 8 — штуцер; 9 — центральная камера; 10 — манжета; 11 — поршень; 12 — сбросная втулка; 13 — пружина; 14 — обратный клапан; 15 — шаровой клапан

Технические параметры СИД [13]

Предел давления в гидроаккумуляторе, Па:

верхний	$(4 \dots 10)10^5$
нижний	$(2 \dots 6)10^5$

Объем гидроаккумулятора, л 20...100

Диаметр сопла, мм 14...26

Угол поворота за рабочий цикл, ° 4...6

Объем выброса воды за рабочий цикл, л 4...20

Радиус действия, м 25...40

Площадь полива, га:

по квадратной схеме 0,12...0,32

по треугольной схеме 0,16...0,41

Расход воды на один аппарат, л/с	0,04...0,30
Продолжительность накопления, с	30...300
Продолжительность выброса, с	1...4
Средняя круговая интенсивность полива, мм/мин ...	0,0018...0,0050
Число рабочих циклов за один оборот	60...90
Продолжительность одного оборота, мин	30...750

Системы СИД можно проектировать из отдельных блоков-участков. Такой блок-участок обслуживает сезонно-стационарный комплект КСИД-10А, включающий в себя насосную станцию, сеть трубопроводов, аппараты СИДДИ-15, генератор командных сигналов, датчик необходимости и интенсивности подачи воды, пульт управления, гидropодкормщик, контрольно-измерительное оборудование, систему аварийной защиты.

Импульсный дождевальнй аппарат ДИ-15 (рис. 8.4) состоит из пневмогидроаккумулятора, гидроуправляемого запорного органа, дождевальной насадки. Пневмогидроаккумулятор представляет собой водовоздушный бак, разделенный перфорированным сводом и эластичной мембраной на две части. Нижняя часть предварительно заполняется сжатым воздухом, в верхнюю часть поступает вода.

Расчет элементов техники полива и технологических параметров СИД сводится к определению необходимого типа и количества дождевальных аппаратов на 1 га орошаемой площади и продолжительности паузы накопления, обеспечивающих требуемую удельную подачу воды.

Техническая характеристика комплекта КСИД-10А

Площадь полива, га	До 10,0
Средний расход воды, л/с	10,0
Рабочее давление импульсных дождевателей, МПа	0,55...0,30
Максимально допустимое давление на входе в импульсный дождеватель, МПа	1,25
Число дождевателей	60
Схема расстановки дождевателей	Треугольная
Расстояние, м:	
между дождевателями	40...44
между линиями дождевателей	34...38
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Не более 0,02
Диаметр трубопроводов, мм:	
распределительных	50...100
поливных	20...32
Протяженность трубопроводов, м/га:	
всего	259,2
в том числе поливных	228,8
Количество обслуживающего персонала	Один человек на четыре комплекта

8.6. Капельное орошение

Капельное орошение (КО) является одним из видов локального микроорошения, при котором вода через капельницы малыми дозами (каплями) подается непосредственно к корнеобитаемой зоне почвы, на которой произрастает растение. При этом растение непрерывно снабжается как водой, так и элементами минерального питания. Все это создает оптимальный режим влажности в корнеобитаемом слое почвы, значительно экономит оросительную воду (до 50 %) и улучшает рост растений.

Другими достоинствами капельного орошения являются возможность орошения насаждений на крутых склонах (не образуются поверхностные потоки воды, вызывающие водную эрозию), возможность подавать вместе с оросительной водой необходимые удобрения, а также ядохимикаты для борьбы с сорняками и другими видами нежелательной растительности.

Капельное орошение имеет свои недостатки, к которым, в первую очередь, относятся засорение и зарастание отверстий капельниц, неравномерное распределение воды, а также потенциальная возможность повреждения грызунами пластмассовых трубопроводов. Устройство КО требует высоких затрат и постоянного ухода, в связи с чем оно применимо в основном для полива ценных многолетних насаждений как в ландшафтной архитектуре, так и в различных отраслях экономики. Так, в условиях Средней полосы России капельное орошение с успехом применяют для орошения деревьев на аллеях, в скверах и других местах. Объектами КО на юге Испании и Франции являются городские скверы, деревья и клумбы, а также цветники в контейнерах, расположенных как вдоль дорог, так и посередине разделительной зоны, выполняя одновременно функции озеленения и механического барьера между полосами встречного движения.

Системы КО можно подразделить по типу капельниц: с лабиринтными и спиральными каналами гашения напора; с поплавковым регулятором расхода; с мембранным компенсатором, обеспечивающим постоянный расход при изменении давления в оросительной системе от 0,05 до 0,40 МПа.

Отечественной промышленностью освоен и выпускается ряд видов капельниц, техническая характеристика которых приведена в табл. 8.14.

Для широкорядных аллейных и садовых культур наиболее целесообразно использовать микродождеватели с радиусом действия до 4...5 м.

Основными элементами систем КО являются насосная станция, узел очистки воды, трубопроводная сеть с регулирующей и запорной арматурой; поливные трубопроводы с капельницами (рис. 8.5).

Техническая характеристика капельниц [13]

Наименование капельницы	Режим истечения		Рабочий расход, л/ч	Рабочее давление, МПа	Масса, г
	рабочий	про- мывной			
«Молдавия-1А»	Капель- ный	Струй- чатый	4 ... 8	0,1 ... 0,4	15
«Водополимер-3»	»	»	5	0,1 ... 0,3	15
«Таврия-1»	Струй- чатый	»	7 ... 10	0,040 ... 0,008	40
«Горная»	Капель- ный	»	1,5 ... 2,5	0,1 ... 1,0	10
КУ-1	»	»	4	0,1 ... 0,6	25
К-383	»	»	5,5	0,1 ... 0,6	10

Насосная станция оборудована низконапорными насосами и снабжена фильтрами для грубой предварительной очистки воды с сорозадерживающими устройствами.

При значительной площади орошения распределительные трубопроводы из полиэтилена закладывают на глубину 0,7 ... 1,0 м. Поливочные трубопроводы систем КО могут быть расположены над землей, на поверхности земли и под землей. При подземном расположении вода подводится к капельницам при помощи отводных питателей. Поливной трубопровод обычно закладывают на глубину не менее 0,5 м. При надземном расположении поливных трубопроводов их размещают вдоль рядов деревьев и кустарников и крепят к стойкам или натянутой проволоке на высоте 0,5 ... 0,7 м над землей. При наземном расположении поливные трубопроводы укладывают непосредственно на поверхность земли в приствольной полосе.

Диаметр поливных трубопроводов определяют гидравлическим расчетом в зависимости от уклона и удельной раздачи воды. Оптимальную длину гладких тупиковых трубопроводов из полиэтилена с внутренним диаметром 12 ... 32 мм с капельницами при удельной раздаче 0,05 ... 0,20 л/с на 100 м можно определить по графику (рис. 8.6).

При других значениях удельного расхода длину трубопровода изменяют в обратно пропорциональной зависимости. Для пользования графиком вычисляют допустимый пьезометрический уклон i , м/км, по формуле

$$1\,000i = (H_{\max} - H_{\min} + \Delta H_r) / L,$$

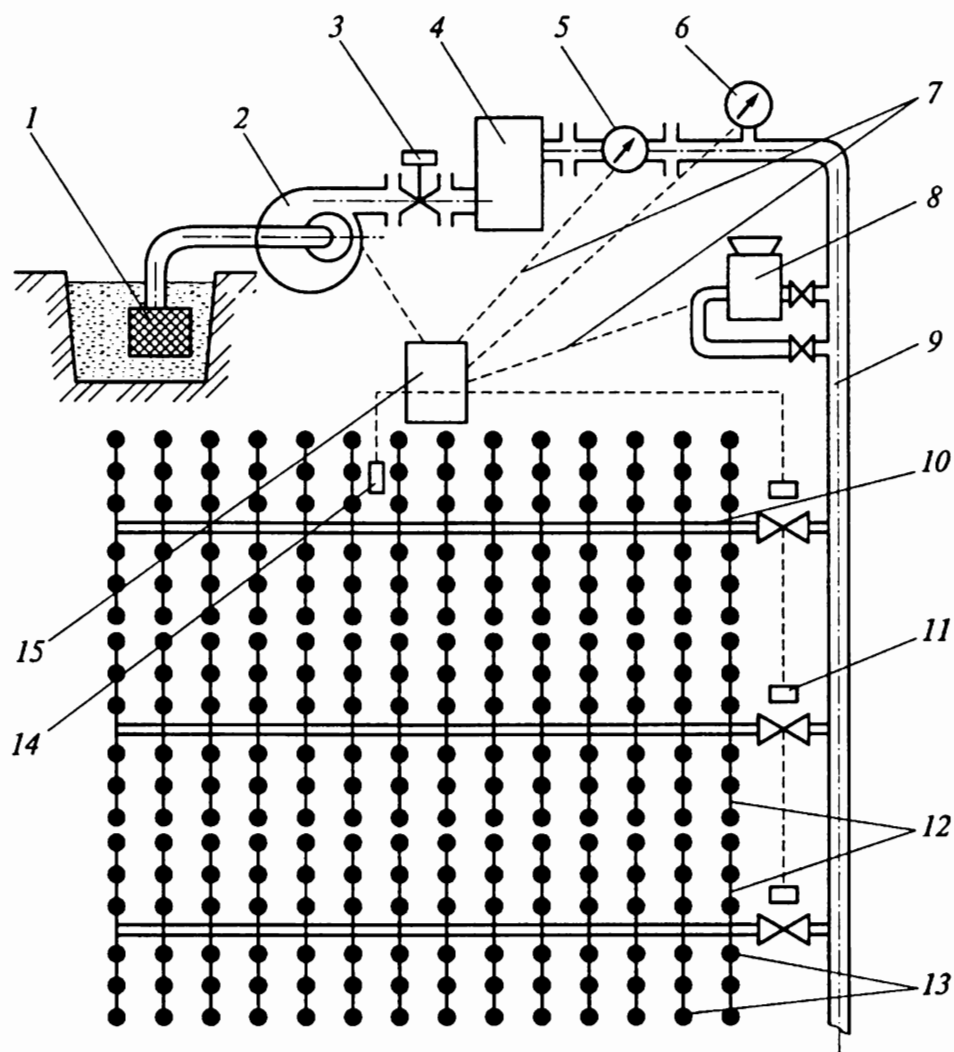


Рис. 8.5. Основная схема системы капельного орошения:

1 — водозаборный узел; 2 — напорообразующий узел; 3 — головная задвижка; 4 — фильтр; 5 — водомерное устройство; 6 — манометр; 7 — каналы связи; 8 — подкормщик; 9 — магистральный трубопровод; 10 — распределительный трубопровод; 11 — дистанционно управляемая задвижка; 12 — оросительные трубопроводы; 13 — микроводовыпуски (капельницы); 14 — датчик необходимости полива; 15 — пульт управления

где $H_{\max}$ — максимально допустимый напор, м; $H_{\min}$ — минимально допустимый напор, м; ΔH_r — разность геодезических отметок начала и конца трубопровода, м; L — длина трубопровода, км.

Максимальный напор соответствует предельному давлению, на которое рассчитаны капельницы, минимальный напор соответствует давлению в голове трубопровода на момент проведения расчетов.

В зависимости от расчетного расхода, конструкции капельниц и принципа их работы, а также от физико-химических, гидробиологических и бактериальных свойств воды применяют различные технологии и технические средства для очистки воды (табл. 8.15).

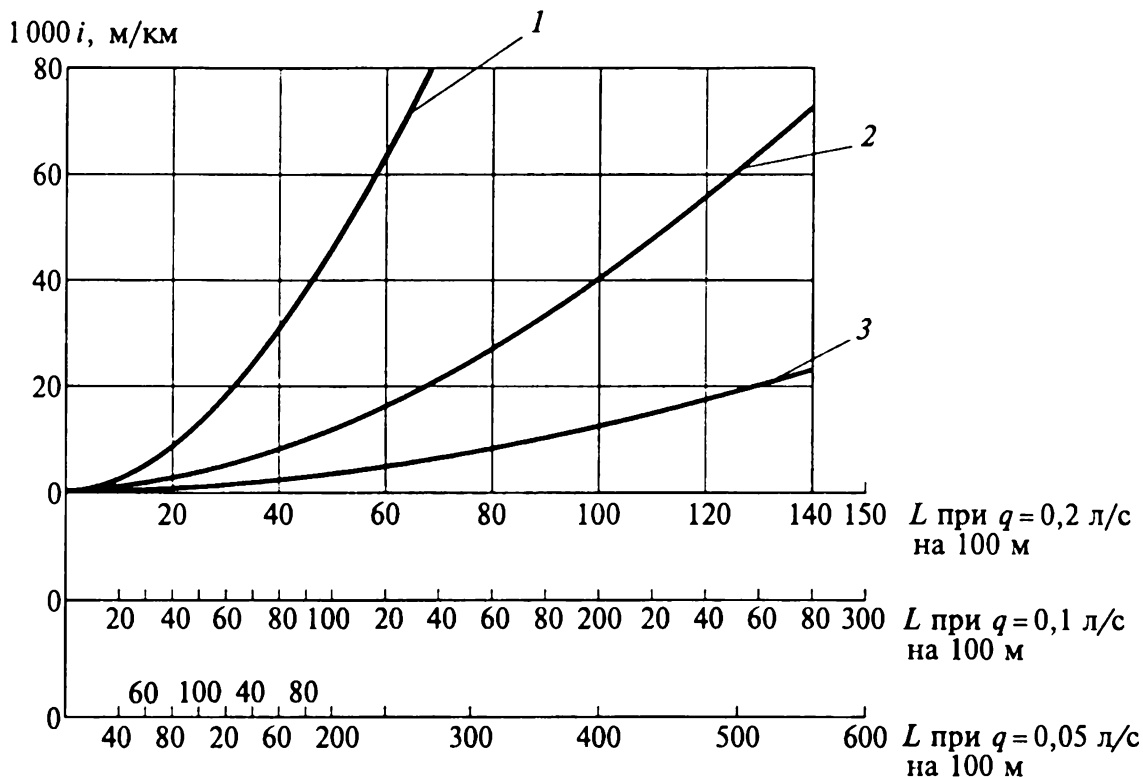


Рис. 8.6. Оптимальная длина L полиэтиленовых тупиковых трубопроводов с микроводовыпусками при различной величине удельного расхода:

1 — $d = 16$ мм; 2 — $d = 20$ мм; 3 — $d = 25$ мм; d — внутренний диаметр трубок; 1000 i — допустимый пьезометрический уклон

Допустимое содержание гидробионтов — 10 мг/л.

Для грубой очистки воды используют земляные или бетонные отстойники. Для дополнительной очистки воды используют песчано-гравийные, щебеночные, пенополистирольные фильтры, гидроциклоны, а также установки обеззараживания воды.

Таблица 8.15

Требования к качеству оросительной воды в зависимости от конструкции капельниц [13]

Наименование капельницы	Диаметр водовыпускных отверстий, мм	Допустимое содержание взвесей, мг/л	Размер частиц взвеси, мм
«Молдавия-1А»	1,0	30,0	0,01 ... 0,50
«Таврия-1»	1,5	30,0	0,10
«Узгипроводхоз-2»	1,5	30,0	0,10
К-316	1,5	30,0	0,25
«Водополимер-3»	1,0	100,0	0,05

Сетчатые фильтры применяют для удаления из воды частиц песка и крупных частиц ила; микрофильтры и барабанные сетки — для удаления мелко- и грубодисперсных частиц взвеси; зернистые фильтры — для удаления мелко- и грубодисперсных частиц взвеси минерального и органического происхождения. Установки для обезжелезивания и обесфторивания воды используют при удалении солей железа и фтора.

8.7. Внутрипочвенное орошение

Внутрипочвенное орошение (ВПО) представляет собой способ подачи воды в корнеобитаемый слой почвы с помощью различных увлажнителей, прокладываемых в почве на глубине 40...60 см от поверхности земли. ВПО наиболее надежно функционирует на тех почвах, которые отличаются хорошими капиллярными свойствами и одновременно малопроницаемым подстилающим горизонтом.

Существует несколько схем внутрипочвенного орошения, отличающихся друг от друга способом подачи оросительной воды (рис. 8.7).

Применение ВПО преследует определенные цели и имеет ряд преимуществ перед другими способами орошения:

- высокий коэффициент земельного использования (0,98...0,99) благодаря подземным коммуникациям;
- снижение суммарного водопотребления на 15...40 % благодаря снижению испарения с поверхности почвы и более экономному расходованию оросительной воды, подаваемой непосредственно к корням растений;

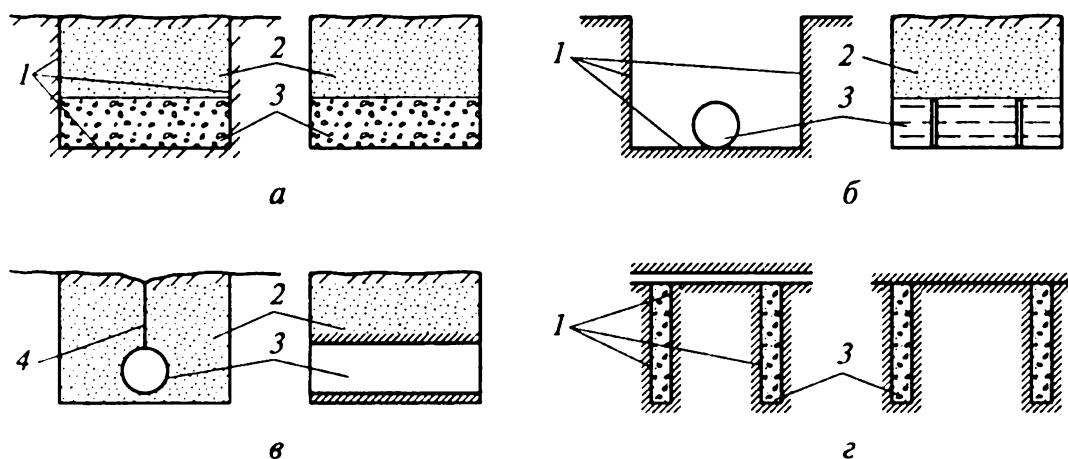


Рис. 8.7. Схемы внутрипочвенного орошения:

а — упрощенная; *б* — дренажная; *в* — кротовая; *г* — очагово-дренажная; 1 — дно и стенки траншеи; 2 — почва; 3 — увлажнители; 4 — шель от ножа кротователя

• улучшенный рост и развитие растений, а также увеличение урожайности на 20...40 %.

Наряду с этим ВПО имеет и свои недостатки, которые в основном заключаются в следующем: верхний 10-сантиметровый слой почвы увлажняется недостаточно; затраты на строительство ВПО, особенно при использовании полиэтиленовых увлажнителей, достаточно высоки.

По характеру поступления воды в почву ВПО подразделяется на напорное, безнапорное и вакуумное. При напорном ВПО влага в почву поступает при напоре бóльшем, чем глубина заложения увлажнителей (0,6...2,0 м), при безнапорном ВПО — от 0,1 до 0,5 м; при вакуумном ВПО влага в почву поступает под действием сосущей силы.

Проектируют ВПО обычно на участках со спокойным рельефом местности. По длине увлажнителей допускаются обратные уклоны с превышением на 5...10 см (это также является положительной особенностью ВПО). Проектирование ведут по продольной схеме, при которой увлажнители располагают по наибольшему уклону (см. рис. 8.7).

Магистральную и распределительную сети выполняют из асбестоцементных и полиэтиленовых труб (последние предпочтительнее), увлажнительную — из полиэтиленовых труб, а также из закрепленных или обычных кротовин.

Систему кротового орошения устраивают по открытой или закрытой схеме. При закрытой сети вода в кротовины поступает из оросительного трубопровода через пористую (щебеночную) засыпку (см. рис. 8.8). Подача воды в оросительный трубопровод регулируется задвижкой. Уклон оросительного трубопровода принимают не более 0,001. Длина оросительных трубопроводов обычно составляет 100...150 м, расстояние между ними — 150...180 м, а между распределительными трубопроводами — 200...300 м. Расстояние между кротовинами составляет 0,8...1,2 м, а расход воды в них — 0,2...0,5 л/с. Кротовые увлажнители нарезают с одновременным закреплением их раствором полимера.

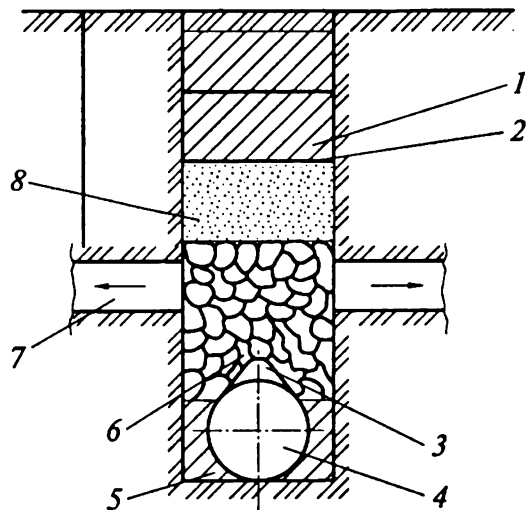
Таблица 8.16

Рекомендуемые контуры увлажнения почвы при применении полиэтиленовых увлажнителей ВПО [13]

Показатель	Суглинки			Глины
	легкие	средние	тяжелые	
Ширина контура увлажнения, м	0,8	1,0	1,1	1,3
Глубина контура увлажнения, м	1,5	1,4	1,3	1,2
Расстояние между увлажнителями, м	1,0	1,2	1,3	1,5

Рис. 8.8. Поперечный разрез траншеи с оросительным трубопроводом:

1 — почвенная засыпка; 2 — полиэтиленовая пленка; 3 — колпачок водовыпуска; 4 — оросительный трубопровод; 5 — забивка пазух глиной; 6 — щебеночная засыпка; 7 — кротовина; 8 — дресва



При проектировании ВПО следует ориентироваться на создание следующих контуров увлажнения (табл. 8.16).

Гидравлический расчет магистральных и распределительных трубопроводов выполняют по общепринятой методике при условии обеспечения подачи воды в самый невыгодно расположенный распределитель. Трубчатые оросители рекомендуется рассчитывать на равномерную по длине раздачу воды (рис. 8.8).

Гидравлическим расчетом определяют диаметр, длину и уклон оросителя, которые обеспечат пьезометрический напор в голове увлажнителя с точечной перфорацией не более 0,8... 1,5 м, в голове увлажнителя с щелевой перфорацией — не более 0,5... 0,8 м. Пьезометрический напор в голове оросительного трубопровода для увлажнителей с точечной перфорацией не должен превышать 2 м, а в конце оросителя — 0,3... 1,0 м; в голове оросительного трубопровода для увлажнителей с щелевой перфорацией —

Таблица 8.17

Длина полиэтиленовых увлажнителей в зависимости от уклона поверхности земли

Уклон	Длина увлажнителя, м	Разность отметок на концах увлажнителя, см	Расход в голове увлажнителя, л/с
0,001	200... 250	20... 25	0,20... 0,25
0,002	200... 250	40... 50	0,20... 0,25
0,004	200... 250	80... 100	0,20
0,006	120... 160	72... 96	0,10... 0,15
0,008	80... 160	64... 96	0,06... 0,10
0,010	60... 90	60... 90	0,05... 0,07

0,8... 1,2 м. Разность напоров в оросительном и увлажнительном трубопроводах не должна превышать 30 % напора в их голове.

При гидравлическом расчете оросительного трубопровода с пористой засыпкой пьезометрический напор в голове оросителя не должен быть больше 1,35 м, а в конце — 0,85 м. Длину увлажнителей принимают по конструктивным параметрам в зависимости от уклона местности (табл. 8.17).

Контрольные вопросы

1. Какие изменения претерпели системы орошения по мере изменения условий и техники орошения?
2. Расскажите о достоинствах и недостатках дождевания.
3. Назовите основные узлы и конструктивные особенности систем дождевания.
4. Что такое мелкодисперсное дождевание и каковы особенности его применения?
5. Расскажите о синхронном импульсном дождевании.
6. Что такое капельное орошение, какова оптимальная область его применения?
7. Расскажите о внутрипочвенном орошении.

ПЛОТИННЫЕ ВОДОЕМЫ

9.1. Грунтовые плотины

Для создания наиболее распространенных типов водоемов, так называемых плотинных водоемов, необходимо возведение плотин. Плотины, возводимые из грунтов как строительного материала, называются грунтовыми. Широкое их распространение как в прошлом, так и в настоящее время объясняется целым рядом достоинств, главным из которых является использование местного материала, добыча которого обходится сравнительно дешево. Такой тип плотин можно применять в большинстве географических районов, что очень актуально для России. Грунт тела плотины не утрачивает своих свойств со временем. Плотины можно возводить практически любой длины и высоты при высоком уровне механизации работ.

Кроме достоинств земляные плотины имеют и недостатки: ограниченные возможности пропуска максимальных расходов через гребень плотины; наличие в теле плотины фильтрационного потока; возможность больших потерь воды на фильтрацию (при высокой водопроницаемости грунтов тела плотины); сложность возведения насыпи при продолжительных низких температурах воздуха; неравномерность осадок как по поперечному, так и продольному профилям плотины; ограничения при подборе грунтов для тела плотины и основания.

По способу производства работ грунтовые плотины можно подразделить на плотины с отсыпкой грунта насухо; с механическим уплотнением грунта; с отсыпкой грунта в воду; намывные с помощью средств гидромеханизации, а также на плотины, возводимые с помощью направленных взрывов.

По конструкции тела и противофильтрационных устройств различают плотины из однородного и неоднородного грунта, с экраном из грунтового и негрунтового материала, с ядром из грунтового материала, с диафрагмой из негрунтового материала.

По противофильтрационным мероприятиям в основании различают плотины с зубом, замком, диафрагмой, со шпунтовой стенкой, с комбинацией шпунтовой стенки с зубом, с инъекционной завесой до водоупора или висячей завесой, с понуром и т.д. (рис. 9.1).

Плотины подразделяются на четыре класса, определяемых в соответствии с действующими СНиПами и зависящих от высоты плотины, вида грунта основания и других показателей (табл. 9.1).

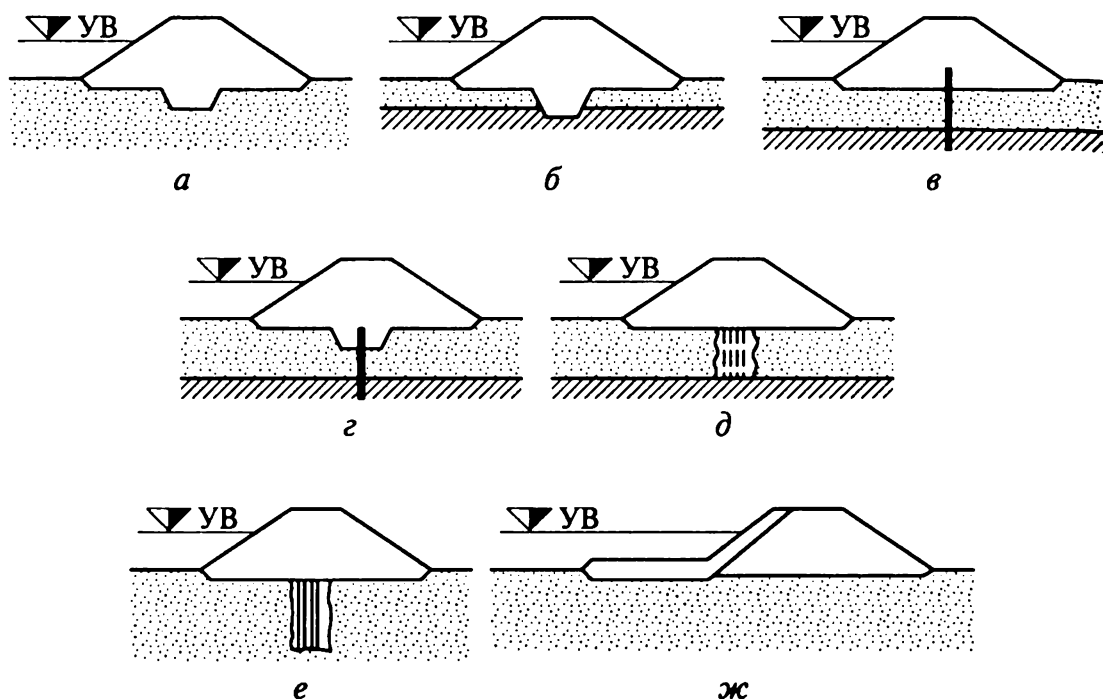


Рис. 9.1. Противофильтрационные устройства в основании грунтовых плотин:

а — зуб; *б* — замок; *в* — шпунтовая стенка; *г* — шпунтовая стенка в сочетании с зубом; *д* — инъекционная завеса, доведенная до водоупора; *е* — висячая инъекционная завеса; *ж* — понур в сочетании с экраном

От класса плотины зависят и расчетные характеристики, в частности максимальные расходы (табл. 9.2).

Одним из основных мероприятий является выбор створа плотины. На его положение влияют топографические условия, определяющие высоту и длину плотины. Большую роль играют инженерно-геологические и инженерно-гидрогеологические условия, определяющие прочностные характеристики грунтов и их водо-

Таблица 9.1

Классы сооружений плотин из грунтовых материалов

Вид грунтов основания	Класс сооружений			
	I	II	III	IV
	при высоте сооружения, м			
Скальные	Более 100	70... 100	25... 70	Менее 25
Песчаные, крупнообломочные глинистые в твердом и полутвердом состояниях	Более 75	35... 75	15... 35	Менее 15
Глинистые водонасыщенные в пластическом состоянии	Более 50	25... 50	15... 25	Менее 15

Ежегодная вероятность превышения расчетных максимальных расходов воды в зависимости от класса сооружения (по СНиП 2.06.01-86)

Расчетные случаи	Вероятность превышения P в зависимости от класса сооружения, %			
	I	II	III	IV
Основной	0,1	1,0	3,0	5,0
Поверочный	0,01	0,1	0,5	1,0

проницаемость. Гидрологические изыскания определяют объем воды и расчетные расходы. В процессе изысканий намечают несколько створов, из которых выбирают один (при ограниченных водных ресурсах) на основе технико-экономического сравнения вариантов. Результаты изысканий оформляют в виде чертежей с пояснительной запиской (рис. 9.2).

В водоемах, создаваемых с помощью грунтовых плотин, различают три уровня поверхности воды: самый верхний форсированный подпорный уровень (ФПУ), нормальный подпорный уровень (НПУ) и уровень мертвого объема (УМО).

Поперечное сечение грунтовой плотины представляет собой трапецию, бо́льшая сторона которой (нижняя) называется подошвой, а меньшая (верхняя) — гребнем (рис. 9.3).

Характеристика грунтов тела плотины и основания имеет большое значение. Для тела плотины можно использовать практически все виды грунтов, за исключением грунтов, содержащих водорастворимые включения солей (хлоридных или сульфатно-хлоридных) в количестве более 5 % или сульфатных более 2 % массы. Нельзя также использовать грунты, содержащие не полностью разложившиеся органические вещества в количестве более 8 % массы.

При оценке грунтов основания необходимо обращать внимание на наличие суффозионных грунтов, а также на появление избыточного порового давления при консолидации грунта. При залегании иловатых грунтов необходимо предусмотреть дренирование основания, снижение темпов строительства и ограничение высоты плотины. Торф допускается оставлять в основании со степенью разложения не менее 50 %, но с учетом его осадки. Грунты с наличием корневых систем растений и гумусированных почв, а также имеющие ходы землероев, рекомендуется удалять.

Противофильтрационные устройства выполняют из маловодопроницаемых грунтов, к которым относятся глины, суглинки, глинобетон и др. Для этих же целей можно использовать бетон, асфальт, резиновые и полимерные пленки и другие материалы. Торф для создания противофильтрационных устройств применяют для экранов и понуров при степени разложения не менее 50 %.

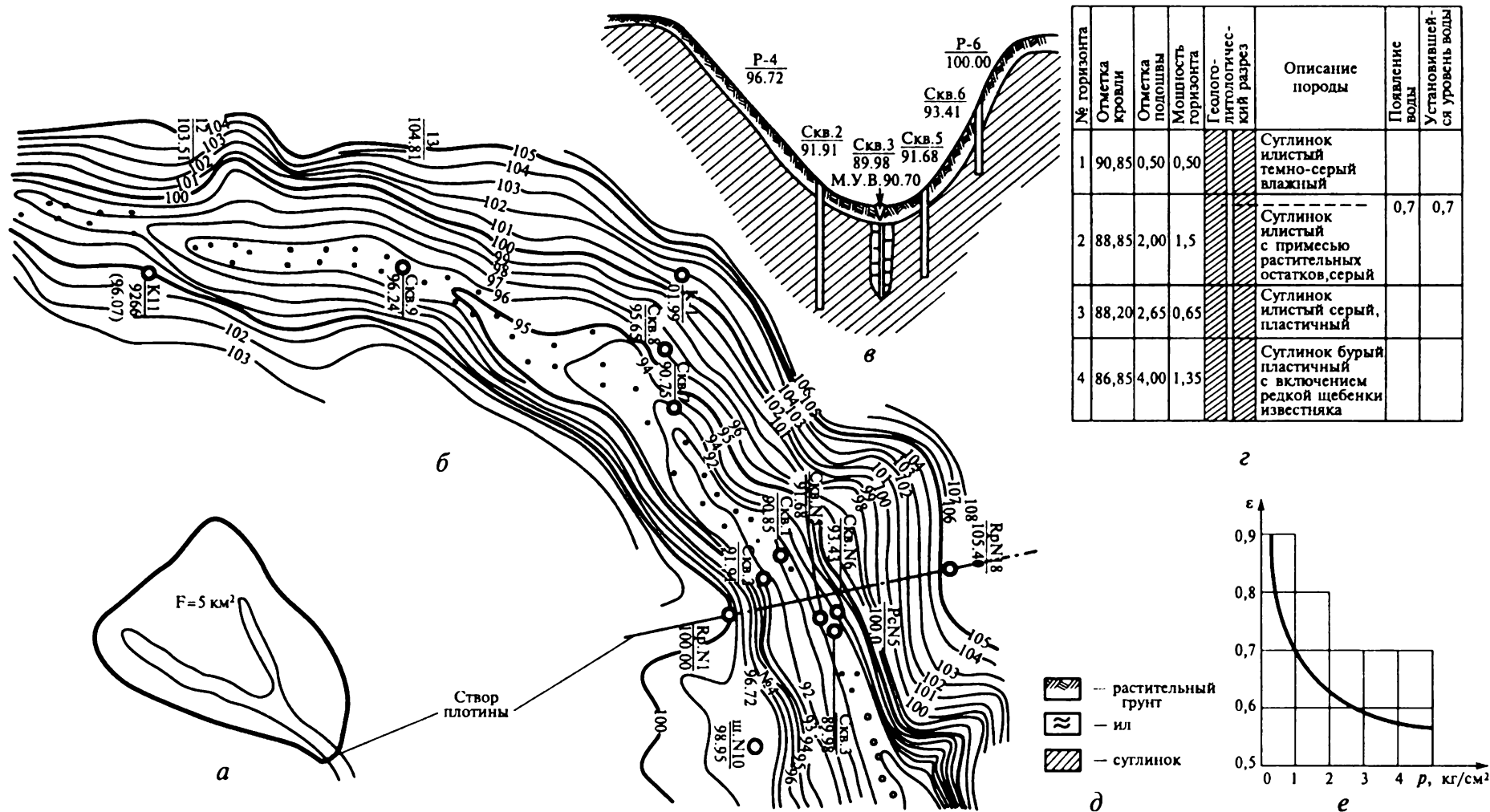


Рис. 9.2. Графические материалы изысканий (по И. М. Шармановскому):

a — водосборная площадь; *б* — план проектируемого пруда; *в* — геологический профиль по створу плотины; *г* — колонка буровой скважины № 1; *д* — условные обозначения грунтов; *е* — компрессионная кривая

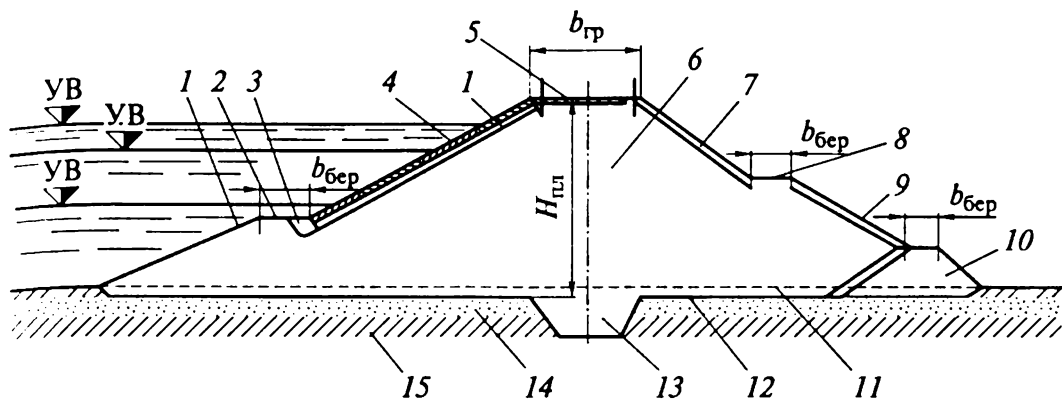


Рис. 9.3. Поперечное сечение грунтовой плотины:

1 — верховой откос; 2 — берма верхового откоса; 3 — упор крепления; 4 — крепление верхового откоса; 5 — гребень плотины; 6 — тело плотины; 7 — низовой откос; 8 — берма низового откоса; 9 — крепление низового откоса; 10 — дренажная призма; 11 — естественная поверхность грунта; 12 — основание плотины; 13 — замок; 14 — водопроницаемое основание плотины; 15 — водонепроницаемое основание плотины; $H_{пл}$ — высота плотины; $b_{гр}$ — ширина гребня; $b_{бер}$ — ширина бермы

На откосы грунтовых плотин воздействуют волны, параметры которых необходимо знать для определения высоты плотины. При расчетах используют высоту наката волны на откос, для чего необходимо знать высоту волны h , ее длину λ и период повторяемости τ . Расчет высоты наката производят по формулам и графикам, приведенном в справочной литературе.

Помимо высоты наката определяют высоту ветрового нагона волны на откос по формуле

$$\Delta h \approx 2 \cdot 10^{-6} \frac{W^2 D}{gH} \cos \alpha_v,$$

где W — скорость ветра заданной вероятности превышения, м/с; D — длина разгона волны, м; g — ускорение силы тяжести, м/с²; H — средняя глубина воды в зоне ветрового нагона, м; α_v — угол между продольной осью водоема и направлением ветра, °.

При определении конструктивных элементов плотины, в первую очередь, обращают внимание на максимальную высоту плотины и ширину гребня. Гребень, как правило, используется для прохода и проезда. В этом случае ширина гребня определяется категорией дороги, которая по нему проходит (но не менее 5 м). При отсутствии проезда ширину гребня принимают равной не менее 3 м.

При определении отметки гребня плотины из условия недопустимости перелива воды превышение d над расчетным форсированным уровнем принятой вероятности превышения максимального расхода и трансформирующей ролью водоема определяют по формуле

$$d = h_{н} + \Delta h + \alpha,$$

где h_n — величина наката волны на мокрый откос, м; Δh — величина ветрового нагона волны, м; α — конструктивный запас, принимаемый как большее из значений 0,5 м или $0,1h_1\%$ (высоты волны, м, с вероятностью превышения 1 %).

Мокрый откос плотины, подверженный воздействию волн, обычно закрепляют различными прочными материалами. На больших плотинах и водоемах часто применяют бетонные и железобетонные плиты, толщину $\delta_{пл}$, м, которых можно определить по формуле

$$\delta_{пл} = 0,07\eta \frac{\rho_0}{\rho_{пл} - \rho_0} \sqrt[3]{\frac{\lambda}{\beta} \sqrt{\frac{m^2 + 1}{m}}},$$

где η — коэффициент, равный 1 для монолитных плит и 1,1 — для сборных плит; ρ_0 — плотность воды, т/м³; $\rho_{пл}$ — плотность бетонной плиты, т/м³; λ — длина волны, м; β — длина плиты, м; m — коэффициент заложения откоса.

При проектировании плотин для создания ландшафтных водоемов мокрый откос закрепляют, как правило, природными материалами. В этом случае расчет толщины бетонной плиты может служить ориентиром для подбора крепления иного типа.

9.2. Гидрологические расчеты при проектировании плотинных водоемов

Рассмотрим основные виды расчетов, для проведения которых используют сведения, содержащиеся в соответствующих СНиПах и справочниках проектировщиков.

При проведении гидрологических расчетов необходимо пользоваться действующим СНиПом. В настоящее время действует СНиП 2.01.14-83.

Гидрологические расчеты при проектировании и строительстве плотинных водоемов на местном стоке преследуют три основные цели: определение объема годового стока, определение максимальных расходов нормативной вероятности превышения весеннего половодья и дождевых паводков, построение гидрографов максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков нормативной вероятности превышения (необходимо для определения расчетного расхода через водосброс и связанного с ним форсированного подпорного уровня (ФПУ)).

Так как местный сток, как правило, формируется на водотоках и в бассейнах небольшого размера, фактических гидрометрических наблюдений на них может и не быть. Поэтому для расчетов целесообразно пользоваться следующими разделами СНиП 2.01.14-83: «Определение расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений», «Расчетные

гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений».

Далее приведены основные формулы, для применения которых необходимо пользоваться СНиПами и справочниками проектировщиков.

Величины среднего многолетнего годового стока и коэффициента вариации допускается определять по современным картам этих параметров, опубликованным в официальных документах.

Средний многолетний сток (определенный не менее чем за 40... 50 лет) называется *нормой стока*. Обычно норма стока выражается в виде среднего годового модуля стока, представляющего собой расход воды, л/с, стекающей с 1 км² бассейна.

Значения средних многолетних модулей стока *q*

Город	$q, \frac{\text{л/с}}{\text{км}^2}$	Город	$q, \frac{\text{л/с}}{\text{км}^2}$
Волгоград	1,2	Ростов-на-Дону	1,0
Вологда	8,0	Самара	2,0
Вятка	6,0	Санкт-Петербург	9,0
Екатеринбург	3,0	Саратов	2,0
Казань	4,7	Смоленск	7,0
Краснодар	0,5	Сыктывкар	10,0
Курск	3,5	Тверь	6,5
Москва	6,0	Уральск	1,3
Нижний Новгород	5,3	Уфа	7,0
Оренбург	2,0	Челябинск	1,0
Петрозаводск	10,0	Ярославль	6,5

Зная модуль стока, можно определить объем среднего многолетнего стока V_0 , м³, по формуле

$$V_0 = A\bar{q} \cdot 31,54 \cdot 10^3,$$

где A — площадь водосбора (бассейна), км²; $\bar{q}$ — средний много-

летний модуль стока, $\frac{\text{л/с}}{\text{км}^2}$.

Однако для проектирования водоема недостаточно знать только величину среднего многолетнего объема стока. Необходимо также знать колебания годового стока в многолетнем разрезе, для чего, в свою очередь, надо знать норму стока, модульные коэффициенты, зависящие от коэффициентов вариации и асимметрии. Эти вычисления проводятся в соответствии с действующими СНиПами.

Коэффициент вариации годового стока C_v следует определять по формуле

$$C_v = \frac{\alpha}{\bar{q}^{0,4}(A + 1\,000)^{0,1}},$$

где α — параметр, определяемый по данным рек-аналогов, л/с; $\bar{q}$ — средний многолетний годовой модуль стока, $\frac{\text{л/с}}{\text{км}^2}$; A — площадь водосбора до расчетного створа, км².

В качестве примера можно привести значения ординат кривой вероятности превышения при значениях коэффициента асимметрии C_s , равном $2C_v$ (табл. 9.3)

С помощью значений модульных коэффициентов (ординат кривой вероятности превышения) можно определить модули стока выбранной вероятности превышения путем умножения модуля среднего многолетнего стока на модульный коэффициент, зависящий от коэффициента вариации C_v , вероятности превышения, %, при определенном отношении C_s/C_v . Таким же путем можно определить и объем стока в аккумулирующем водоеме, а с учетом потерь на испарение и фильтрацию — так же полезный объем водоема.

Величины объема годового стока различной вероятности превышения имеют большое значение при хозяйственном использовании водоема и сезонном регулировании стока.

В ландшафтной архитектуре при использовании объема водоема только в ландшафтных и рекреационных целях (без значительного расходования воды) многолетнее колебание стока имеет меньшее значение, так как водоем бывает в основном заполнен до нормального подпорного уровня. В этом случае большое значе-

Таблица 9.3

Ординаты кривой вероятности превышения при $C_s = 2C_v$

Коэффициент вариации C_v	Модульные коэффициенты при вероятности превышения, %						
	1	5	25	50	75	95	99
1,0	4,60	3,00	1,41	0,70	0,29	0,05	0,01
0,9	4,15	2,78	1,40	0,75	0,35	0,07	0,03
0,8	3,72	2,57	1,38	0,80	0,42	0,11	0,05
0,7	3,30	2,35	1,36	0,85	0,49	0,17	0,08
0,6	2,89	2,14	1,32	0,89	0,56	0,25	0,13
0,5	2,52	1,94	1,28	0,92	0,64	0,35	0,20
0,4	2,16	1,73	1,24	0,95	0,71	0,45	0,30
0,3	1,83	1,54	1,19	0,97	0,78	0,56	0,44
0,2	1,52	1,35	1,13	0,99	0,86	0,70	0,59
0,1	1,25	1,17	1,06	1,00	0,93	0,84	0,78

ние приобретает пропуск максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков, так как значительно уменьшаются регулирующая роль водоема.

9.3. Максимальные расходы весеннего половодья

Приведенный далее метод предусматривает расчет максимального расхода для водосборов достаточно малых (менее 1 км²) и больших (до 20 тыс. км² на европейской части территории России и до 50 тыс. км² на азиатской части территории России).

Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья Q_p , м³/с, с заданной ежегодной вероятностью превышения p , %, определяют по формуле

$$Q_p = \frac{K_0 h_p \mu \delta \delta_1 \delta_2}{(A + A_1)^{n_1}} A,$$

где K_0 — параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, определяемый по данным рек-аналогов или принимаемый по рекомендациям СНиП; h_p — расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, с ежегодной вероятностью превышения p , %, определяемый в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v этой величины, а также от среднего многолетнего слоя стока h_0 , устанавливаемого по рекам-аналогам или интерполяцией; μ — коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды, принимаемый по рекомендуемому приложению СНиП; δ — коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер; δ_1 — коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в залесенных бассейнах; δ_2 — коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в заболоченных бассейнах; A — площадь водосбора, км²; A_1 — дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редукиции, км², принимаемая по рекомендуемому приложению СНиП; n_1 — показатель степени редукиции, принимаемый по рекомендуемому приложению СНиП.

После определения максимальных расходов весеннего половодья определяют максимальные расходы дождевых паводков.

9.4. Максимальные расходы дождевых паводков

Максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков при отсутствии рек-аналогов следует определять по редукиционной формуле

$$Q_p = q_{200} \left(\frac{200}{A} \right)^{n_3} \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_p A,$$

где q_{200} — модуль максимального мгновенного расхода воды ежегодной вероятности превышения $p = 1 \%$ при $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$, приведенный к площади водосбора, равной 200 км^2 , и определяемый интерполяцией, основанной на совокупности данных наблюдений соседних гидрологически изученных рек в исследуемом районе; n_3 — показатель степени редукции, принимаемый по рекомендуемому приложению СНиП; λ_p — переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятности превышения $p = 1 \%$ к максимальным расходам воды другой вероятности превышения, принимаемый по рекомендуемым приложениям СНиП; δ_3 — коэффициент, учитывающий изменение параметра q_{200} с изменением средней высоты водосбора в горных районах, определяемый по данным гидрологически изученных рек.

После определения максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков для дальнейших расчетов принимается больший из них, который и используется при ряде гидравлических расчетов.

При использовании максимальных расходов для расчета размеров водосбросных сооружений на плотинных водоемах и в аналогичных случаях необходимо учитывать регулируемую роль самого водоема. Это значит, что максимальный расход воды, поступающей в водоем, не должен быть равен сбросному расчетному расходу. Разница в расходах в определенные моменты времени идет на аккумуляцию в пределах водоема, повышая временно его уровень до отметок форсированного подпорного уровня. Следует учитывать, что чем выше ФПУ, тем меньший расход придется пропускать через водосбросное сооружение, но тем большую площадь чаши водоема (выше НПУ) будет временно подтапливать горизонт форсировки.

Для проведения расчетов трансформирования максимальных расходов необходимо предварительно построить так называемый расчетный гидрограф стока весеннего половодья и дождевых паводков. Так как плотинные водоемы на местном стоке имеют, как правило, ограниченные площади водосбора, для расчетов трансформации максимальных расходов достаточно ограничиться внутрисуточным гидрографом стока.

9.5. Внутрисуточный гидрограф стока

Внутрисуточный гидрограф стока рассчитывается по формуле

$$Q_t = y Q_p,$$

**Относительные ординаты гидрографа внутрисуточного хода стока воды
весеннего половодья у при различных коэффициентах K ,
(выборка из приложения СНиП)**

Время, t , ч	Относительная ордината у при K , равном							
	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
8	1,0	0,82	0,40	0,23	0,13	0,09	0,06	0,02
9	1,0	0,78	0,38	0,22	0,13	0,11	0,08	0,03
10	1,0	0,74	0,40	0,22	0,14	0,15	0,10	0,05
11	1,0	0,72	0,42	0,24	0,18	0,25	0,16	0,11
12	1,0	0,72	0,43	0,29	0,23	0,44	0,36	0,30
13	1,0	0,71	0,45	0,36	0,35	0,65	0,60	0,54
14	1,0	0,71	0,50	0,48	0,55	0,92	0,86	0,81
15	1,0	0,70	0,58	0,62	0,71	1,00	1,00	1,00
16	1,0	0,72	0,63	0,78	0,94	0,93	0,88	0,83
17	1,0	0,76	0,70	0,95	1,00	0,78	0,71	0,68
18	1,0	0,81	0,79	1,00	0,95	0,62	0,56	0,50
19	1,0	0,84	0,88	0,96	0,82	0,45	0,39	0,35
20	1,0	0,88	0,98	0,87	0,69	0,33	0,25	0,21
21	1,0	0,90	1,00	0,77	0,54	0,25	0,18	0,14
22	1,0	0,94	0,98	0,66	0,44	0,18	0,14	0,10
23	1,0	0,99	0,93	0,57	0,35	0,15	0,10	0,06
24	1,0	1,00	0,87	0,50	0,30	0,13	0,08	0,05
1	1,0	0,99	0,81	0,43	0,26	0,12	0,07	0,05
2	1,0	0,97	0,76	0,39	0,23	0,11	0,07	0,05
3	1,0	0,94	0,71	0,36	0,21	0,11	0,07	0,05
4	1,0	0,91	0,66	0,33	0,19	0,10	0,06	0,04
5	1,0	0,88	0,58	0,29	0,18	0,10	0,06	0,04
6	1,0	0,86	0,50	0,27	0,16	0,10	0,06	0,04
7	1,0	0,84	0,42	0,24	0,14	0,09	0,06	0,04

Значения переходных коэффициентов K , в зависимости от природной зоны и площади водосбора

Природная зона	Значения K , при площади водосбора, км ²					
	0,1	0,5	1	5	10	50
Тундра и северная часть лесной зоны (тайга)	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
Южная часть лесной зоны (смешанные и лиственные леса)	3,7	3,0	2,7	2,3	2,1	1,7
Лесостепная	4,4	3,6	3,3	2,7	2,5	2,0
Степная	5,5	4,4	4,0	3,0	2,8	2,1
Засушливых степей и полупустынь	9,5	7,0	6,0	4,3	3,7	2,6

где Q_t — ордината расчетного гидрографа максимального стока в момент времени t , м³/с; y — относительная ордината гидрографа максимального стока в момент времени t (табл. 9.4); Q_p — ордината расчетного гидрографа максимального стока вероятности превышения p , м³/с.

Величину ординат y принимают по рекомендуемому приложению СНиП с учетом переходных коэффициентов K , определяемых по табл. 9.5.

После построения гидрографа стока можно приступить к определению сбросных расходов, размеров водосброса и форсированного подпорного уровня.

Этот расчет производится балансовым методом (один из вариантов), при котором через определенный промежуток времени (1 ч) определяются объем стока, поступающий в водоем, повышение уровня воды и расход через водосброс. В процессе расчета определяются наивысший уровень воды (ФПУ) и максимальный расход через водосбросное сооружение, который и определяет размеры водосброса. Для того чтобы произвести данный расчет, необходимо уметь рассчитывать расход через водосбросное сооружение, которое в плотинных водоемах может иметь разный вид. Приведенные далее расчеты относятся к категории гидравлических расчетов гидротехнических сооружений.

9.6. Гидравлические расчеты при проектировании плотинных водоемов

Гидравлические расчеты приведены по видам водосбросных сооружений, соответствующих одной из гидравлических схем.

1. Водосброс в виде короткой цилиндрической трубы под постоянным напором (истечение из насадок в атмосферу). Расход воды Q , м³/с, определяют по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0},$$

где μ — коэффициент расхода, равный 0,82; ω — площадь поперечного сечения, м²; g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с²; H_0 — напор над центром цилиндрического насадка, м.

2. Водосброс в виде длинного открытого лотка (равномерное движение воды в открытых руслах). Расход воды Q , м³/с, определяют по формуле

$$Q = \omega c \sqrt{RI},$$

где ω — площадь живого сечения лотка, м²; c — скоростной коэффициент; R — гидравлический радиус, м; I — уклон поверхности воды, приравненный к уклону дна.

Для лотков трапецеидального сечения площадь живого сечения ω , м², определяют по формуле

$$\omega = (b + mh)h,$$

где b — ширина лотка по дну, м; m — коэффициент откоса ($m = \operatorname{ctg} \alpha$); h — глубина воды в лотке, м.

Скоростной коэффициент C определяют по формуле

$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

где n — коэффициент шероховатости русла, равный для бетонных лотков 0,012...0,015; для булыжной мостовой — 0,020...0,025; для бутовой кладки на цементном растворе — 0,017...0,030; для одернованного русла — 0,030...0,035; R — гидравлический радиус, м; y — показатель степени.

Гидравлический радиус определяется по формуле

$$R = \frac{\omega}{\chi},$$

где χ — длина смоченного периметра, м.

Длина смоченного периметра определяется по формуле

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}.$$

Показатель степени y определяется по полным (приведенным в приложении и справочниках) или упрощенным формулам:

$$y \approx 1,5\sqrt{n} \text{ при } R \leq 1,0 \text{ м};$$

$$y \approx 1,3\sqrt{n} \text{ при } R \geq 1,0 \text{ м}.$$

3. Водосброс в виде водослива с тонкой стенкой прямоугольной формы. Тонкая стенка имеет заостренную кромку, с которой (и только с ней) соприкасается струя воды. Толщина стенки равна или меньше $0,67H$, где H — напор над водосливом, м, в створе выше водослива на расстоянии $2 \dots 3H_{\max}$.

Расход воды Q , м³/с, определяется по формуле

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} H^{1,5},$$

где m_0 — коэффициент расхода водослива; b — ширина водослива (длина водосливного гребня), м; H — напор над кромкой водослива, м.

Коэффициент расхода водослива можно определить по формуле

$$m_0 = 0,402 + 0,054H/P_{в.б.},$$

где $P_{в.б.}$ — высота стенки водослива над дном верхнего бьефа, м.

4. Водосброс в виде водослива практического профиля с вертикальной напорной гранью. Он имеет плавное криволинейное или ломаное (полигональное) очертание в зоне соприкосновения переливающейся воды с водосливом.

Расход воды через водослив можно определить по формуле

$$Q = \sigma_n \sigma_c \sigma_n m b \sqrt{2g} H_0^{1,5},$$

где σ_n — коэффициент полноты напора; σ_c — коэффициент сжатия потока; σ_n — коэффициент подтопления; m — коэффициент расхода неподтопленного водослива, равный 0,49; b — ширина водослива, м; H_0 — полный напор, м.

Полный напор определяют по формуле

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g},$$

где H — напор над гребнем водослива, м; α — коэффициент Кориолиса; v_0 — скорость подхода воды к водосбросу, м/с.

Коэффициент полноты напора определяют по формуле Н. П. Розанова:

$$\sigma_n = 0,62 + 0,38 \sqrt{\frac{H}{H_{\text{пр}}}},$$

где $H_{\text{пр}}$ — напор над гребнем водослива практического профиля, м.

Значения σ_c и σ_n рассчитываются по специальным формулам и монограммам, приведенным в справочниках по гидравлике и гидротехнике.

5. Водосброс в виде водослива с широким порогом. Длина водослива l с широким порогом должна быть достаточной, чтобы на нем происходило плавное изменение движения воды, что соблю-

дается, если $l > 2H$, где H — напор над дном водослива. У водосливов с широким порогом должно соблюдаться условие: $2 \dots 3 < l/H < 8 \dots 10$.

Расход воды через водослив с широким порогом определяют по формуле

$$Q = \sigma_c \sigma_n m b \sqrt{2g} H_0^{1.5},$$

где m — коэффициент расхода, значение которого изменяется от 0,320 до 0,385.

Водослив работает как неподтопленный ($\sigma_n = 1$), если $H_n/H_0 < 0,8$, где H_n — напор над порогом подтопленного водослива, м. Для приближенных расчетов с немного завышенными результатами во всех приведенных ранее случаях значения корректирующих коэффициентов можно принять равными 1,0.

9.7. Донные водоспуски

Водоспуски вообще и донные водоспуски в частности относятся к категории водопропускных сооружений, которые используют при создании плотинных водоемов (прудов и водохранилищ) для различных целей:

- постоянных полезных попусков воды в нижний бьеф исходя из водохозяйственных и санитарных требований;
- полного или частичного опорожнения водоема в заданный срок в целях очистки чаши и ремонта сооружений;
- частичного промыва наносов, отложившихся перед плотиной, и др.

При этом порог входного отверстия водоспуска располагают на отметке, позволяющей сработать горизонт воды в водоеме до необходимого уровня. В ряде случаев рационально совместить функции водоспусков и водосбросов в одном сооружении.

Расчетный расход водоспуска определяют исходя из необходимого срока опорожнения водоема и расхода санитарного попуска. Скорость опорожнения водоема принимают с учетом допустимой интенсивности понижения уровня по условиям устойчивости от разрушения склонов водоема и мокрого (верхового) откоса земляной плотины. Опорожнение крупных водохранилищ часто происходит в течение 2...3 мес. Для средних и особенно малых водоемов этот срок уменьшается до нескольких недель и даже суток.

Если форма водопропускного отверстия представляет собой прямоугольник, то основными параметрами являются пролет (ширина) отверстия и высота. За пролет принимают размер в свету между ограничивающими отверстия боковыми гранями сооружения. За высоту для глубинных водоспусков принимают размер от порога до верхней кромки отверстия.

Пролет и высоту отверстия выбирают в соответствии с действующим СНиПом. Для гидроузлов малых и средних размеров можно использовать следующие рекомендации:

- пролет, м: 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2,0...
- высота, м: 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2,0...

При проектировании ландшафтных водоемов, часть из которых имеет более ограниченные размеры, часто применяют водоспуски в виде круглых металлических, бетонных или пластмассовых труб диаметром 200 мм и более в зависимости от величины расчетного расхода. Такие водоспуски трубчатого типа оснащают задвижками или затворами, расположенными в различных частях водоспуска. При верхнем расположении (со стороны верхнего бьефа) запорные устройства оборудуются штангами или винтовыми подъемниками, позволяющими устраивать входное отверстие на достаточной глубине от поверхности воды. Такие сооружения сохранились на водоемах постройки до 1930—1940-х гг. (например, в Измайловском парке). Во второй половине XX в. предпочтения стали отдавать запорным сооружениям, расположенным в теле плотины в шахтном колодце.

Так как донные водоспуски находятся и работают под напором воды, сам трубопровод необходимо оборудовать противодиффузионными диафрагмами. Колодец в этом случае играет роль смотрового сооружения, фиксирующего размер фильтрации вдоль водоспуска. Иногда, при небольших размерах водоема, запорное сооружение (задвижку) устраивают в нижней части водоспуска перед сопряжением его с водоприемником. Недостатком такого решения является свободный доступ к задвижке и возможность несанкционированного манипулирования ею. Иногда приходится принимать дополнительные меры защиты задвижки в виде цепей, замков и других приспособлений.

Расчетный расход водоспуска определяют с учетом заданного времени эксплуатационного, аварийного или ремонтного срока опорожнения части или всего полезного объема водоема. Таким же способом определяют время пропуска строительных и санитарных расходов. Из различных задач расчета водоспусков наиболее часто встречается определение времени опорожнения водоема T , сут, которое можно определить по следующей формуле (рис. 9.4):

$$T = \frac{\Delta H}{2\mu\omega\sqrt{2g}} \times \left(\frac{\Omega_1}{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_p}} + \frac{2\Omega_2}{\sqrt{H_2} - \sqrt{H_p}} + \dots + \frac{2\Omega_{n-1}}{\sqrt{H_{n-1}} - \sqrt{H_p}} + \frac{\Omega_n}{\sqrt{H_n} - \sqrt{H_p}} \right),$$

где ΔH — высота слоя воды при разделении сливного объема водоема на n равных по высоте слоев ($\Delta H = 1$ м, или 0,5 м, или 0,25 м);

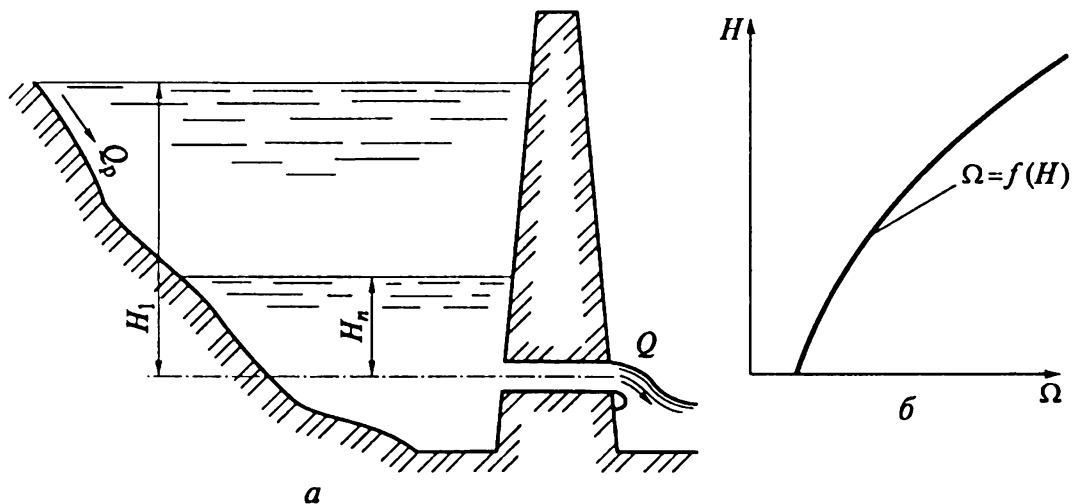


Рис. 9.4. Схема для расчета времени опорожнения водоема:

a — схема водоема и донного водоспуска; *б* — кривая зависимости $\Omega = f(H)$; Q_p — расход притока воды; Q — расход через донный водоспуск; H_1 — максимальный напор при наполненном водоеме; H_n — текущий напор в течение опорожнения; Ω — площадь акватории в процессе опорожнения

μ — коэффициент расхода водоспуска (при истечении через отверстие в тонкой стенке $\mu = 0,62$; при истечении через цилиндрический насадок $\mu = 0,82$); ω — площадь сечения водоспуска в теле плотины, м^2 ; g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$; Ω — площадь зеркала водоема, м^2 , при напорах H , определяемых по кривой $\Omega = f(H)$ (эта кривая строится по плану водоема в горизонталях); H_1 — первый (исходный) максимальный напор, м; H_2 — второй напор ($H_2 = H_1 - \Delta H$); H_n — напор последнего слоя, м; H_{n-1} — напор предпоследнего слоя, м; H_p — расчетный напор, м.

Расчетный напор определяется по формуле

$$H_p = \frac{Q_p^2}{2g\mu^2\omega^2},$$

где Q_p — расчетный расход водотока, на котором сооружен водосм, $\text{м}^3/\text{с}$.

Более точно коэффициент расхода μ можно определить по формуле

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi + \lambda l / d}},$$

где α — коэффициент Кориолиса; $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений; λ — коэффициент Дарси, зависящий от материала водоспуска (обычно изменяется от 0,02 до 0,06); l — длина водоспуска, м; d — диаметр водоспуска, м.

9.8. Трубы

Условно трубы можно отнести к простейшим гидротехническим сооружениям, особенно в случаях, когда речь идет о пропуске через них небольших расходов воды. Область применения труб в гидротехническом строительстве очень обширна. Трубы применяются в дорожном строительстве, при пропуске воды под различными насыпями, при устройстве водосбросов, водовыпусков, водоспусков, дюкеров и других видов гидротехнических сооружений.

Примерно 80...90 % малых труб встречается в дорожном строительстве. В целом по России их число превышает 1,0...1,5 млн. По гидравлическим показателям конструкции малые трубы можно подразделить на безнапорные водопропускные трубы (рис. 9.5, а), работающие как водослив с широким порогом; напорные (рис. 9.5, б) и полунанпорные (рис. 9.5, в), работающие как насадки и короткие трубы или отверстия в тонкой стенке. Трубы могут быть как одноочковыми, так и многоочковыми.

Основной целью гидравлических расчетов малых труб является определение их отверстия; напора перед ним, т.е. отметки подпертого уровня; глубины и скорости потока на выходе для определения вида крепления в отводящем русле.

Отверстием водопропускного сооружения называется его наибольший горизонтальный размер в свету в плоскости, перпендикулярной направлению движения потока воды. Для круглых труб отверстие равно их внутреннему диаметру d , для нескольких труб — сумме внутренних диаметров всех труб, для труб прямоугольного сечения — расстоянию между внутренними гранями боковых стенок.

Отверстия малых водопропускных сооружений, как известно, меньше ширины водотока. Из-за стеснения потока уровень воды в верхнем бьефе повышается. Этот уровень называется подпертым.

Глубина потока за сооружением, как правило, равна нормальной глубине h_0 , определяемой по формуле Шези с учетом бытовых морфометрических показателей водотока, поэтому ее также называют бытовой глубиной h_b .

Безнапорные дорожные трубы работают как длинные водосливы с широким порогом, когда отношение их длины L к напору H составляет $L/H \geq 15 \dots 30$. Безнапорные трубы с нулевым или незначительным продольным уклоном ($i_0 < i_k$) работают, как подтопленные водосливы (в этом неравенстве i_k — критический уклон). Если уклон трубы довести до критического ($i_0 = i_k$) или немного превысить его, то режим подтопленного водослива будет исключен. Поэтому условие $i_0 \geq i_k$ является обязательным при проектировании.

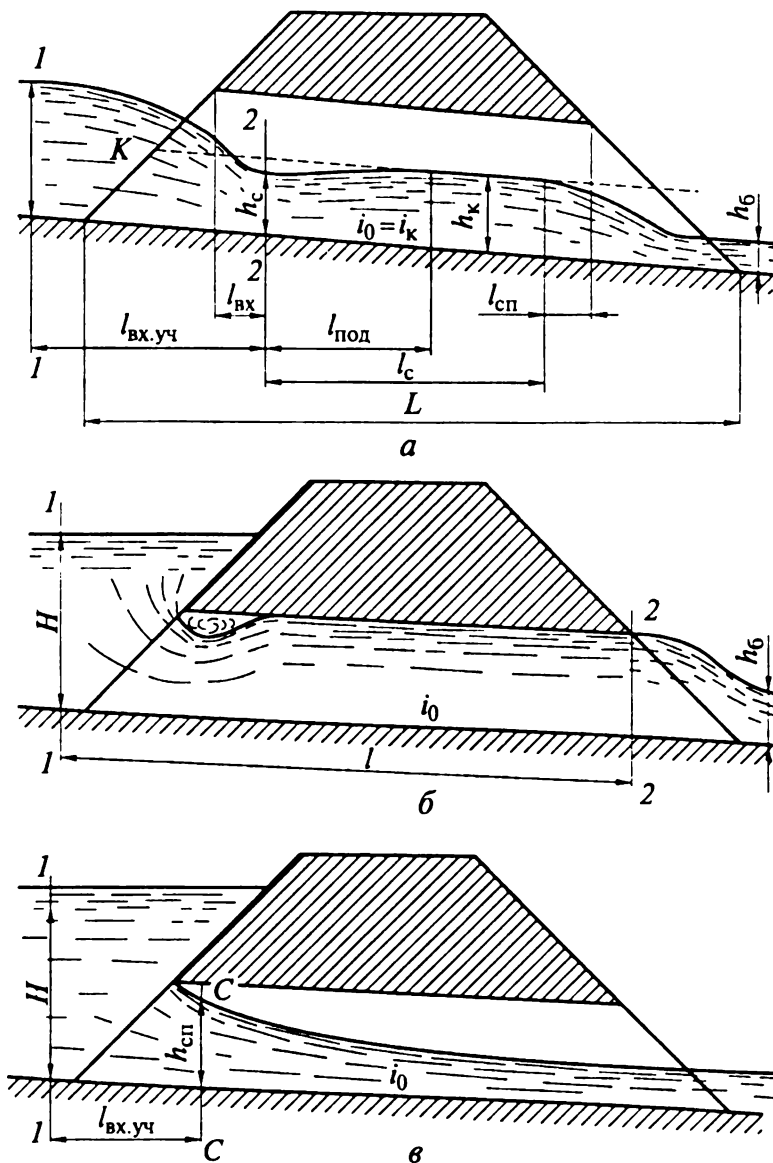


Рис. 9.5. Разделение труб по гидравлическим показателям:

а — безнапорные; *б* — напорные; *в* — полунанпорные; 1—1, 2—2 — расчетные сечения; *K* — поверхность воды в трубе при безнапорном режиме; h_c — глубина воды в сжатом сечении; h_k — критическая глубина; h_6 — глубина в нижнем бьефе (бытовая); i_0 — уклон дна трубы; i_k — критический уклон дна трубы; $l_{вх}$ — длина входа в трубу (до сжатого сечения); $l_{вх.уч}$ — длина входного участка (от начала трубы); $l_{сп}$ — длина кривой спада в пределах трубы; H — напор воды перед трубой; l — длина трубы между расчетными сечениями; l_c — длина участка от сжатого сечения до начала кривой спада; L — полная длина трубы; $h_{сп}$ — глубина воды на участке спада; $l_{под}$ — расстояние от сжатого сечения до высшей точки подъема воды; *C—C* — сечение в зоне кривой спада

Пропускная способность безнапорных труб зависит от наличия подтопления. У неподтопленных труб она определяется по формуле водослива с широким порогом:

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{1.5},$$

где Q — расход воды, м³/с; m — коэффициент расхода; b — ширина отверстия, м; g — ускорение силы тяжести, равное 9,8 м/с²; H_0 — полный напор с учетом скорости подхода, м.

Для подтопленных труб пропускная способность определяется по формуле

$$Q = m\sigma_n b \sqrt{2g} H_0^{1.5},$$

где σ_n — коэффициент подтопления.

Для труб большого сечения в приведенных формулах под величиной b следует принимать среднюю величину, определяемую по площади и глубине соответствующего сечения. При расчете по сжатому сечению в конце входного участка $b = \omega_c / h_c$. Если использовать сечение с критической глубиной, то

$$b = \omega_k / h_k,$$

где ω — площадь поперечного сечения, м²; h — соответствующая глубина, м.

Безнапорные трубы. Способ гидравлического расчета безнапорных труб зависит от их длины l , продольного уклона i_0 и бытовой глубины воды в нижнем бьефе h_6 .

Безнапорные трубы можно подразделить на короткие и длинные, неподтопленные и подтопленные.

Короткие неподтопленные трубы. Ориентировочно можно считать, что при $i_0 < i_k$ трубы будут короткими, если их длина $l \leq 20h_T$, где h_T — глубина воды в трубе, м.

Тогда пропускная способность определяется по формуле

$$Q = mb \sqrt{2g} H_0^{1.5},$$

а коэффициент расхода m определяется по формуле

$$m \approx m_0 (1 + 0,74 i_0 l_{\text{вх}} / H_0)^{1.5},$$

где m_0 — табличный коэффициент расхода; i_0 — уклон трубы; $l_{\text{вх}}$ — длина входной части, м; H_0 — полный напор с учетом скорости подхода, м.

Длинные неподтопленные трубы. Такие трубы оказывают влияние на напор перед трубой. При заданном расходе Q напор перед длинной трубой $H_{\text{дл}}$, м, приближенно (более точно — для круглых труб) можно определить по формуле

$$H_{\text{дл}} = H + 0,005 h_T (l_T / h_T - 20) (H / h_T)^2,$$

где H — напор перед короткой трубой, м; l_T — длина длинной трубы, м.

Трубы с затопленным входом. Если глубина потока на входе в трубу $h_{\text{вх}}$ превышает вертикальный размер входного отверстия, то вход окажется затопленным.

Полунапорные трубы. Полунапорные трубы работают по принципу истечения из отверстия или из-под щита. Пропускная способность определяется по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H_0 - h_c)},$$

где μ — коэффициент расхода; ω — площадь поперечного сечения трубы, м^2 ; H_0 — гидродинамический напор, м ; h_c — глубина сжатого сечения, м .

Напорные трубы. Напорные трубы работают по принципу насадка. Пропускную способность напорных труб можно определить по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H_0 + i_0 l - h)},$$

где i_0 — уклон трубы; l — длина трубы, м ; h — глубина на выходе из трубы (в сечении 2—2 (см. рис. 9.5, а, б)) при гидростатическом распределении давления, м .

Для неподтопленных труб, т.е. при $h_6 < h_T$ и незатопленном пространственном гидравлическом прыжке в выходном сечении трубы, коэффициент расхода определяется по формуле

$$\mu = 1 / \sqrt{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{дл}}},$$

где $\xi_{\text{вх}}$ — коэффициент сопротивления на вход; $\xi_{\text{дл}}$ — коэффициент сопротивления по длине.

Глубина в выходном сечении h из-за нарушения гидростатического закона распределения давления принимается равной $h \approx 0,85h_T$, где h_T — глубина воды в трубе.

Коэффициенты сопротивления на вход ориентировочно можно изменять в зависимости от формы входа: для обтекаемых оголовков $\xi_{\text{вх}} = 0,15$; для трубы, выпущенной из откоса и воротникового оголовка, $\xi_{\text{вх}} = 0,45$; для порталных, раструбных, коридорных оголовков $\xi_{\text{вх}} \approx 0,25$.

Коэффициент $\xi_{\text{дл}}$ вычисляется по формуле

$$\xi_{\text{дл}} = 2gn^2(l - l_{\text{вх}})/R^{4/3},$$

где n — коэффициент шероховатости; $l_{\text{вх}}$ — длина входной части, м , приблизительно равная $3,6h_T$ (h_T — глубина воды в трубе, м); R — гидравлический радиус, равный частному от деления площади живого сечения на смоченный периметр, м .

Для бетонных труб $n \approx 0,015$, для гофрированных металлических труб при размерах гофра $32,5 \times 130 \text{ мм}$ $n = 0,028$.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные части грунтовых плотин. Какова их роль в процессе строительства и эксплуатации?

2. В чем заключаются гидрологические расчеты при проектировании плотин и водосмов?

3. Что такое максимальные расходы и как их используют при проектировании плотинных водосмов?

4. Опишите внутрисуточный гидрограф стока и расскажите о методах его использования.

5. Для чего нужны донные водоспуски и в чем особенности их расчета и проектирования?

6. Как классифицируются трубы по гидравлическим признакам и каковы особенности их расчета?

ГИДРОПЛАСТИКА ЛАНДШАФТА

10.1. Гидротехнические и мелиоративные комплексы

Большинство архитекторов, в том числе и ландшафтных, под гидропластикой понимают размещение на объектах различных видов фонтанов. На самом деле под гидропластикой подразумевается самое широкое использование водных (гидротехнических) объектов с присущими им количеством, формой, цветом, динамикой и звуком подвижной воды в сочетании с ее неподвижными поверхностями.

Если последовательно насыщать элементы ландшафта водными объектами, то можно дойти до такой черты, за которой эти объекты из вспомогательных станут основными. Такое преобразование происходит, когда преобладают водные поверхности и формы, а сами объекты в этом случае называются аквапарками, гидропарками, аквадромами и т.д.

Границу, например, между гидропластикой ландшафта и гидропарком, определить довольно сложно. Это можно сделать лишь при рассмотрении конкретных объектов.

Если в формировании природного или антропогенного ландшафта базисом являются различные формы поверхности земли (в том числе и геопластика), а водные объекты играют вспомогательную, хотя и очень важную, роль, то в этом случае уместно говорить о гидропластике ландшафта. Если же стержнем архитектурной композиции является вода и водные объекты, то мы вправе называть такие объекты гидроландшафтами (гидропарками). Примеры таких формирований были описаны в гл. 1.

Если же вернуться к позициям гидропластики ландшафта, то следует учитывать в совокупности такие формации, как гидротехнические и мелиоративные комплексы, фонтаны, водопады, малые водные архитектурные формы, а также более редкие гидравлический прыжок и гидравлический таран.

При использовании в ландшафтной архитектуре гидротехнических сооружений наибольший эффект обычно достигается одновременным использованием их комплекса, наилучшим образом отвечающего принципам гидропластики ландшафта при одновременном воздействии на человека вида, формы, материала, динамики движения, звука, влажности и температуры насыщенного парами или каплями воды воздуха. В качестве примера такого современного гидротехнического комплекса (к сожалению, до сих

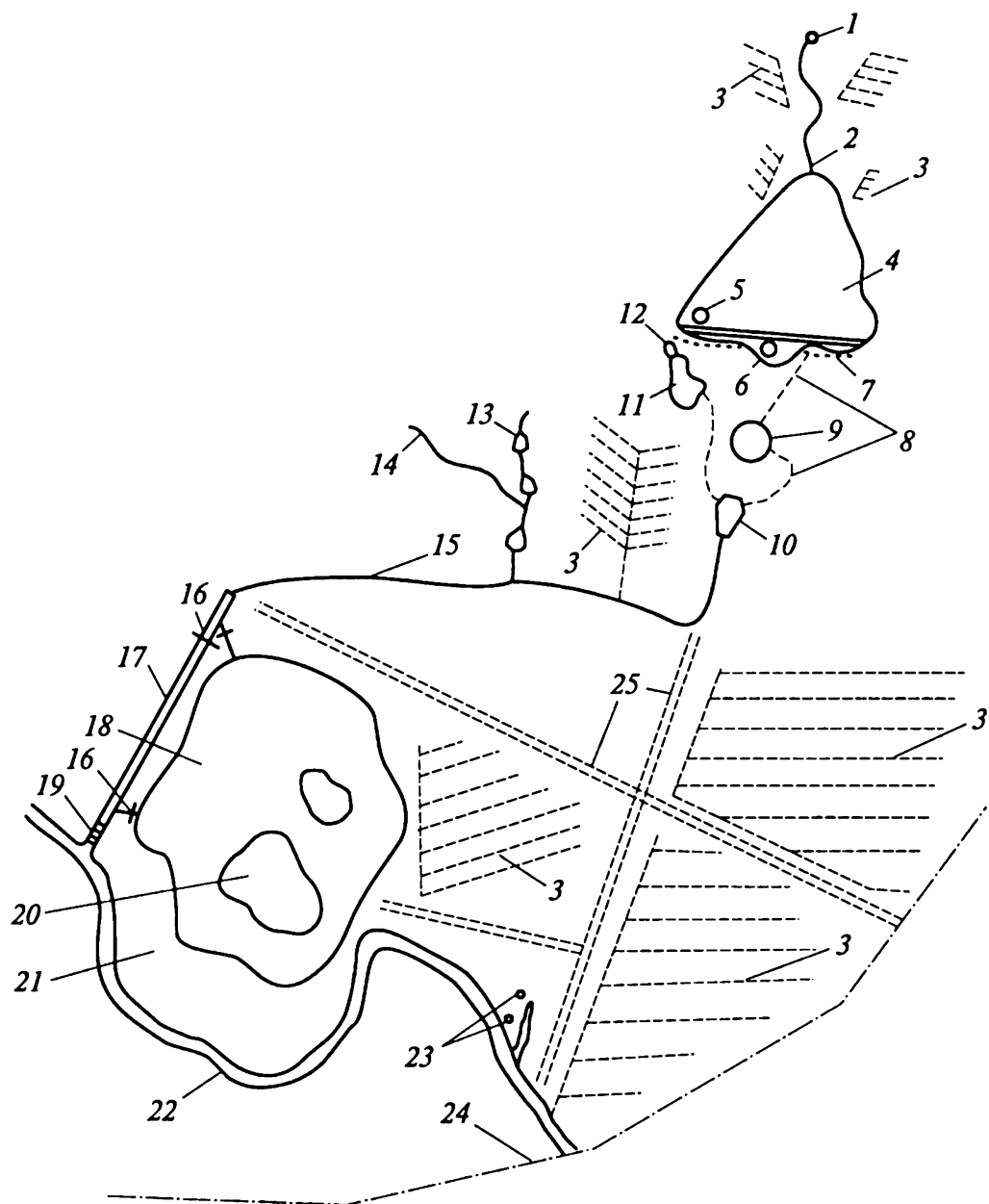


Рис. 10.1. Схема реконструкции мелиоративно-гидротехнического комплекса пансионата «Морозовка»:

1 — каптированный источник с вариантом дополнительного питания; 2 — ручей Солнечной долины с каскадом водоемов-блюдц; 3 — зоны дренажа; 4 — Треугольный пруд плотинного типа; 5 — водосброс ковшового типа; 6 — плотина Треугольного пруда с ротондой; 7 — дренажная призма плотины; 8 — каналы и подземные трубопроводы; 9 — Круглый пруд; 10 — водосборный пруд «Олень»; 11 — Водобойный пруд; 12 — водобойный колодец водосброса; 13 — зона строительства каскада водоемов; 14 — нагорный канал; 15 — магистральный канал; 16 — шлюзы-регуляторы; 17 — водосбросной канал; 18 — копанный пруд нижнего парка; 19 — быстроток; 20 — искусственные острова; 21 — дамба между прудом и рекой; 22 — отрегулированный участок р. Клязьма; 23 — каптированные источники на берегу реки; 24 — забор пансионата; 25 — березовые аллеи

пор полностью не законченного) можно привести территорию пансионата ОАО «Газпром «Морозовка»» (исторически усадьба Льялово, 1584 г., принадлежавшая князю С. Стародубскому; с 1906 г. усадьба Н. Д. Морозова, а с 1992 г. — концерн «Газпром»). Современное состояние гидротехнического комплекса обязано в основном работам Парколесоустроительной экспедиции ВО «Леспроект», а также работам военных строителей, воплотивших в жизнь проектные разработки (рис. 10.1).

В настоящее время гидротехнический комплекс, включая реконструкцию исторических объектов, расположенный на отметках 180...210 м БС*, состоит из отдельных сооружений.

Зоны дренажа переувлажненных и заболоченных участков в разных частях парка:

- в Солнечной долине и по берегам Треугольного пруда — 0,7 га;
- в переходной зоне от верхнего парка к нижнему — 0,5 га;
- в пойме р. Клязьмы центральный луг — 1,25 га;
- в пойме р. Клязьмы восточный луг — 3,2 га.

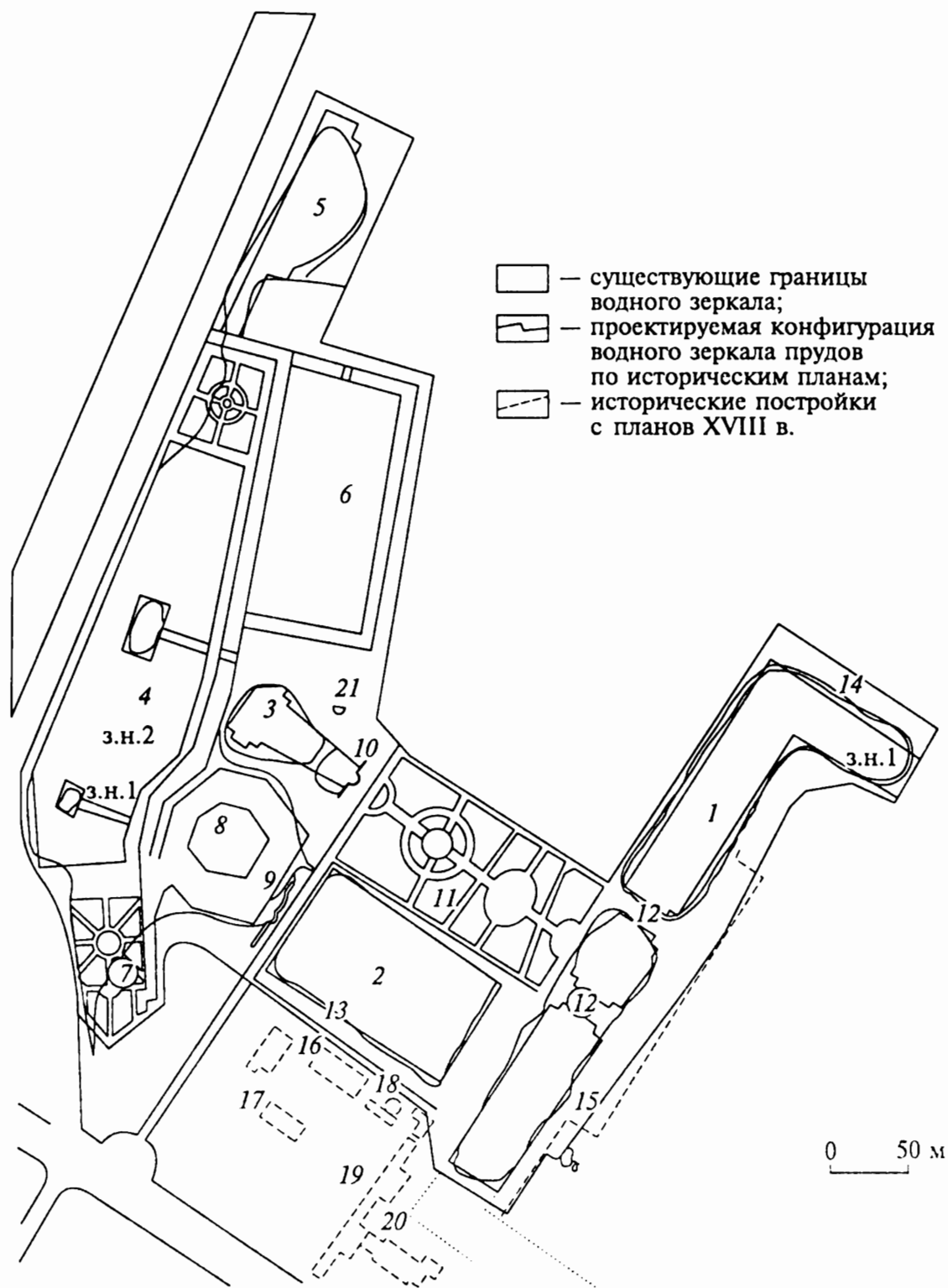
Вся вода с дренированных участков попадает в единую водную систему, обеспечивая дополнительное водное питание водоему нижнего парка.

Основу водной системы составляют пять водоемов, р. Клязьма и система каналов и гидротехнических сооружений, в которую входят:

- Треугольный пруд, акватория 6 000 м²;
- Водобойный пруд трехступенчатой глубины вместе с нижней частью водосброса Треугольного пруда, акватория 500 м²;
- Круглый пруд диаметром 25 м, акватория 500 м²;
- Водосборный пруд «Олень», собирающий воду из Водобойного и Круглого прудов системой открытых каналов, акватория — около 50 м²;
- нагорный и магистральный каналы, собирающие всю воду верхнего парка, питающие пруд нижнего парка и р. Клязьму;
- пруд нижнего парка, акватория 12 000 м²;
- сбросной канал длиной 200 м, облицованный плиткой с двумя гидротехническими вододелительными и водосбросными сооружениями, подпитывающими нижний пруд и р. Клязьму;
- р. Клязьма извилистая, с частично заболоченными берегами, поверхностным и родниковым питанием, а также с частыми заторами из торфяных сплавин, оторванных от берега выше по течению.

В настоящее время завершаются крупные гидротехнические и мелиоративные работы на другом московском объекте — Государственном историко-архитектурном и ландшафтном музее-за-

* БС — балтийская система высот, отмеряемая от нуля Кронштадтского фунтштока.



поведнике «Царицыно». Если не считать исторических зданий и сооружений, то реконструкции (которую в полной мере можно отнести к гидропластике рельефа) подверглись Верхний Царицынский пруд, Нижний Царицынский пруд, белокаменная водосливная плотина с затворами, остров Подкова, зоны и устья ру-

Рис. 10.2. План парка «Лесфортово» с историческими границами водных объектов и местами раскопок (по А. Г. Векслеру):

1 — Анненгофский канал; 2 — Головинский пруд; 3 — Крестовый пруд; 4 — нижний водный партер с системой каналов, островов и дамб; 5 — Овальный пруд; 6 — Прямоугольный остров; 7 — зона менажерей с круглым бассейном; 8 — Восьмигранный остров; 9 — плотина Венеры и мостик на остров; 10 — грот Растрелли; 11 — партер на второй надпойменной террасе; 12 — каменные мостики; 13 — место каменной лестницы к Головинскому пруду; 14 — месторасположение оранжереи; 15 — примерное расположение Анненгофской «кашкады»; 16 — палаты Ф. А. Головина; 17 — надворные постройки Головинской усадьбы; 18 — церковь Успения Божией Матери; 19 — «Светлицы» Петра I; 20 — церковь Воскресения; 21 — существующая беседка — полуротонда конца XIX — начала XX в.



чьев, зоны выклинивания грунтовых вод, откосы водоемов и целый ряд других крупных и мелких объектов, включающих в себя прибрежные дороги, водопропускные трубы и дренаж береговой полосы.

Другим выдающимся примером древнего гидротехнического комплекса является памятник садово-паркового искусства «Лесфортово», заложенный Петром Великим в самом начале XVIII в. Впечатляет одно лишь перечисление гидротехнических сооружений и естественных водотоков, расположенных на территории комплекса (рис. 10.2).

Это, в первую очередь, Анненгофский канал, питающийся водами р. Синички наряду с грунтовыми водами. Следует отметить сопрягающее сооружение между Анненгофским каналом и расположенным ниже по склону Головинским прудом; Головинский пруд с сопрягающими сооружениями, питающими водой Крестовый пруд и систему нижних прудов и каналов, с комплексом островов и дамб. Необходимо также выделить такие сооружения, как Овальный пруд, плотину Венеры, грот Растрелли, и систему фонтанов. Заслуживает внимания виртуозное использование рельефа, перепада высот и уровней водоемов и водотоков, обеспечивающих самотечное движение воды от верхних водоемов (Анненгофский канал) до самых нижних (система Нижних прудов и р. Яуза). Представляет интерес система крепления берегов водоемов, дамб и каналов вертикальными деревянными сваями, к чему вернулась Москва в конце XX — начале XXI в., применяя этот же прием на таких объектах, как «Царицыно», «Воронцово», «Дубки» и др.

10.2. Фонтаны

Фонтан (от *лат.* fontis — источник, ключ) является классическим и наиболее ярким воплощением понятия гидропластики,

возникшим еще в античный период. На самом деле родник, облицованный камнем руками первобытного человека, был первым прообразом фонтана.

Первоначально фонтаны сооружались преимущественно как источники питьевой воды. Затем сочетание движущейся воды с архитектурой, скульптурой и зелеными насаждениями стало одним из средств создания различных декоративных и художественных композиций в архитектуре и садово-парковом искусстве. Широкое применение и разнообразие фонтанов практически во всех странах мира поставило вопрос о необходимости их классификации. Далее приведено разделение фонтанов по П.А. Спышнову на шесть основных типов.

1. Колодцы и родники, декоративно оформленные с привлечением средств архитектуры и пластики.

2. Простые водоемы спокойных геометрических форм с зеркальной поверхностью, отражающей кроны деревьев, а также архитектуру памятников и сооружений. Иногда зрительное впечатление может быть усилено введением одной или нескольких вертикально бьющих струй.

3. Фонтаны со сложной композицией водяных струй, бьющих из глади водоемов и создающих динамический силуэт на фоне зелени, с незначительным привлечением пластики и широким использованием технических средств для подсветки струй в ночное время. Для таких фонтанов необходимо сложное и дорогое инженерное оборудование.

4. Фонтаны в виде одной или нескольких чаш, стоящих в центре небольшого водоема, в который из чаш стекает вода. Впечатление от таких фонтанов усиливается введением композиции из водяных струй. Диапазон применения таких фонтанов очень широк.

5. Скульптурные фонтаны, в которых доминирует пластика, а композиция водяных струй играет лишь подчиненную роль. Место таких фонтанов — на городских площадях и перед общественными зданиями.

6. Каскады в виде многоступенчатых переливов воды с богатым декоративным оформлением или в виде нескольких чаш, входящих в архитектуру сходов или подпорных стенок. Каскады чаще всего находят применение в парках и садах со значительным понижением рельефа местности.

Грамотное строительство фонтанов может быть выполнено лишь на основе предварительно проведенных расчетов. Основными являются расчеты трубопроводов, фонтанных насадок, струй фонтана, водовыпусков и потерь воды.

Расчет струй. При расчете фонтанных струй и конструировании насадок основной целью является достижение максимального художественного эффекта при близком к минимальному рас-

ходе воды. Все гидравлические расчеты заключаются в определении расходов воды, форм траекторий струй и необходимых напоров у фонтанных насадок. При этом необходимо учитывать, что выполненная в натуре конструкция почти всегда будет немного отличаться от расчетной. Поэтому всегда желательна экспериментальная проверка отдельных решений, а окончательная доводка фонтана связана с его тщательной регулировкой перед пуском в эксплуатацию.

Для получения высоких вертикальных струй необходимо, чтобы участок трубы перед насадкой был прямолинейен, без образования завихрений. Для насадок с малым диаметром (до 13 мм) трудно получить высоту струи более 30 м, так как требуются очень большие напоры. Увеличение высоты струи достигается применением насадок большого диаметра. Напомним, что наибольшая высота струи (110... 120 м) была получена при напоре 270 м. При гидравлических расчетах могут рассматриваться два вида струй: компактные и раздробленные.

Высота вертикальной раздробленной струи $S_{\text{в}}$, м, может быть определена по формуле Люгера:

$$S_{\text{в}} = \frac{H}{1 + \varphi H},$$

где H — напор у насадки, м; φ — коэффициент, зависящий от диаметра насадки.

Значения коэффициента φ приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Значения коэффициента φ для различных диаметров насадок d

d , мм	φ	d , мм	φ	d , мм	φ	d , мм	φ
3	0,0825	13	0,0165	23	0,0071	50	0,0014
4	0,0615	14	0,0149	24	0,0066	60	0,0009
5	0,0487	15	0,0136	25	0,0061	65	0,0007
6	0,0440	16	0,0124	26	0,0057	70	0,0006
7	0,0404	17	0,0114	27	0,0053	75	0,0005
8	0,0294	18	0,0105	28	0,0050	80	0,0004
9	0,0257	19	0,0097	29	0,0047	90	0,0003
10	0,0228	20	0,0090	30	0,0044	100	0,0002
11	0,0203	21	0,0083	32	0,0039		
12	0,0183	22	0,0077	38	0,0025		

Существует и другая формула для определения высоты вертикальной раздробленной струи, предложенная Фриманом:

$$S_{\text{в}} = H \left(1 - 0,000113 \frac{H}{d} \right),$$

где H — напор у насадки, м; d — диаметр насадки, м.

Расход воды в зависимости от высоты вертикальной струи и диаметра насадки можно определить по формуле

$$q = \sqrt{B_{\text{н}} / \left(\frac{1}{S_{\text{в}}} - \varphi \right)},$$

где q — расход вертикальной струи, л/с; $B_{\text{н}}$ — коэффициент истечения из насадки (табл. 10.2); φ — коэффициент, зависящий от диаметра насадки (см. табл. 10.1).

По приведенным формулам определяется высота раздробленной части струи, т.е. та высота, которую достигают отдельные капли.

Струю по вертикали можно разделить на три части: основание, ствол и крону. Крона имеет грибообразную форму, очертание ко-

Таблица 10.2

Значения коэффициента истечения $B_{\text{н}}$ для различных диаметров насадки d

d , мм	$B_{\text{н}}$	d , мм	$B_{\text{н}}$	d , мм	$B_{\text{н}}$
1	0,000012	29	8,558	85	632,0
3	0,000981	31	11,379	90	795,0
5	0,00756	33	14,349	95	985,0
7	0,0290	35	18,167	100	1 210,0
9	0,0794	37	22,620	110	1 770,0
11	0,1771	40	30,991	120	2 515,0
13	0,3456	44	45,37	130	3 460,0
15	0,6126	48	64,26	140	4 640,0
17	1,011	55	111,0	150	6 120,0
19	1,577	60	157,0	160	7 920,0
21	2,353	65	217,0	170	10 080,0
23	3,386	70	291,0	180	12 710,0
25	4,728	75	383,0	190	15 720,0
27	6,430	80	496,0	200	19 400,0

торой при средних напорах обычно стабильно. При больших напорах крона имеет вид снопа под влиянием пузырьков воздуха, захваченных струей. Высота компактной струи S_k меньше полной высоты раздробленной струи S_b .

Высота вертикальных струй в зависимости от напора и расхода у фонтанной насадки и ее диаметра может быть определена также по табл. 10.3.

На практике иногда необходимо использовать более мощные струи, размеры которых могут быть рассчитаны по формулам или по графикам В. Г. Лобачева (рис. 10.3). На рис. 10.3 приведены графические связи между высотой струи S_b , диаметром насадки d и расходом воды q , с одной стороны, а с другой стороны — между напором H , высотой струи S_b и диаметром насадки d .

Струя, бьющая из насадки под некоторым углом, образует траекторию, немного отличающуюся от параболы, по которой движется свободно брошенное тело. Основные параметры этой траектории — горизонтальную проекцию восходящей ветви l_1 , нисходящей ветви l_2 и максимальную высоту траектории h — в зависимости от напора у насадки и угла наклона α можно определить по следующим формулам

$$\begin{aligned} l_1 &= H \left[0,5 \sin 2\alpha + \cos^3 \alpha \ln \left(\frac{1 + \sin \alpha}{\cos \alpha} \right) \right]; \\ l_2 &= 2H \cos \alpha \sqrt{\frac{2}{3} (1 - \cos^3 \alpha)}; \\ h &= \frac{2}{3} H (1 - \cos^3 \alpha), \end{aligned} \quad (10.1)$$

где l_1 — горизонтальная проекция восходящей ветви, м; H — напор, м; α — угол наклона струи к горизонту, °; l_2 — горизонтальная проекция нисходящей ветви, м; h — максимальная высота траектории, м.

Если обозначить показатели траектории через напор H , то $l_1 = B_1 H$, $l_2 = B_2 H$, $h = B_3 H$ и радиус действия наклонных струй $R = B_0 H$, где $B_0 = B_1 + B_2$. Тогда определение параметров траектории через указанные коэффициенты значительно упрощается (табл. 10.4).

Из приведенных материалов видно, что наибольшая дальность струи достигается при угле наклона насадки в интервале между 40 и 45°. Дальность полета струи не зависит от диаметров насадки только для напоров, не превышающих 10 м. При более значительных напорах отклонения от результатов, полученных по приведенной формуле, не учитывающей влияния диаметра насадки, очень существенны.

**Высота вертикальных струй фонтана в зависимости от диаметра насадки d , напора H и расхода Q
(по П. А. Спышнову) для расчета малых и средних фонтанных струй**

Высота струи, м	Значения расхода Q , л/с, и напора H , м, при диаметре насадки d , мм													
	3		5		7		9		14		19		25	
	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H
1	0,033	1,09	0,088	1,05	0,167	1,04	0,282	1,03	0,68	1,02	1,25	1,01	2,12	1,01
3	0,063	3,98	0,163	3,52	0,310	3,34	0,507	3,25	1,21	3,14	2,20	3,10	3,73	3,06
5	0,092	8,50	0,223	6,60	0,407	6,02	0,676	5,74	1,59	5,40	2,86	5,26	4,84	5,15
7	0,128	16,60	0,283	10,62	0,501	9,20	0,825	8,54	1,90	7,80	3,44	7,54	5,75	7,31
9	0,186	35,00	0,348	16,00	0,600	13,00	0,965	11,70	2,20	10,40	3,93	9,85	6,55	9,50
12	—	—	0,467	28,90	0,741	20,03	1,17	17,35	2,61	14,60	4,60	13,58	7,65	12,92
16	—	—	0,740	72,50	0,984	35,00	1,47	27,20	3,13	21,00	5,45	18,90	9,00	17,90
20	—	—	—	—	1,310	62,50	1,81	41,10	3,64	28,50	6,25	24,80	10,20	23,00
24	—	—	—	—	—	—	2,23	62,50	4,18	37,40	7,00	31,30	11,35	28,40
28	—	—	—	—	—	—	—	—	4,74	48,00	7,75	38,40	12,45	34,10

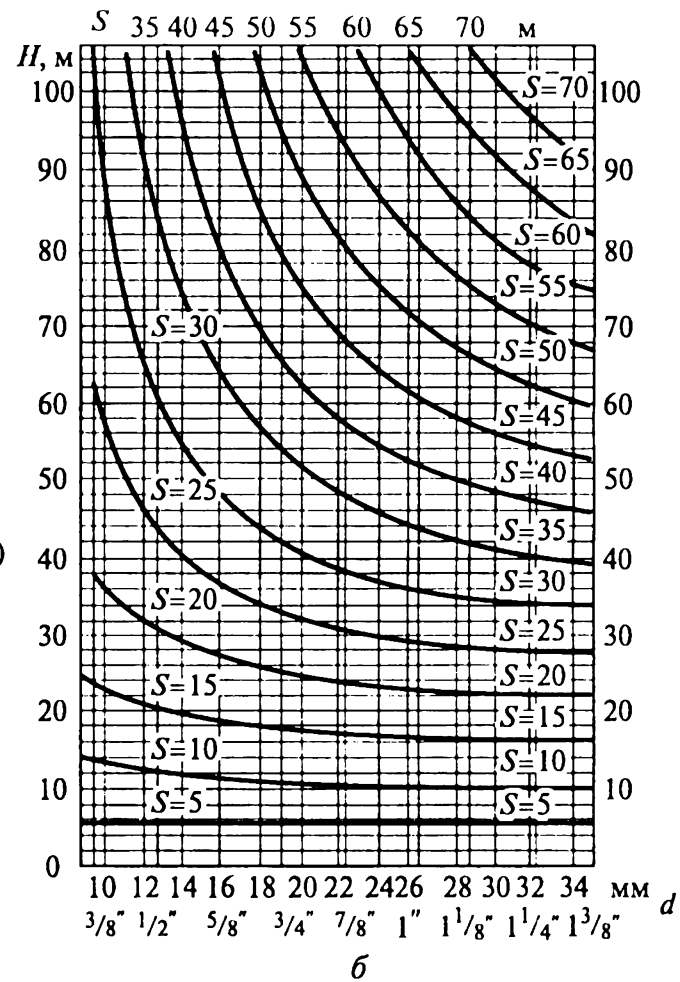
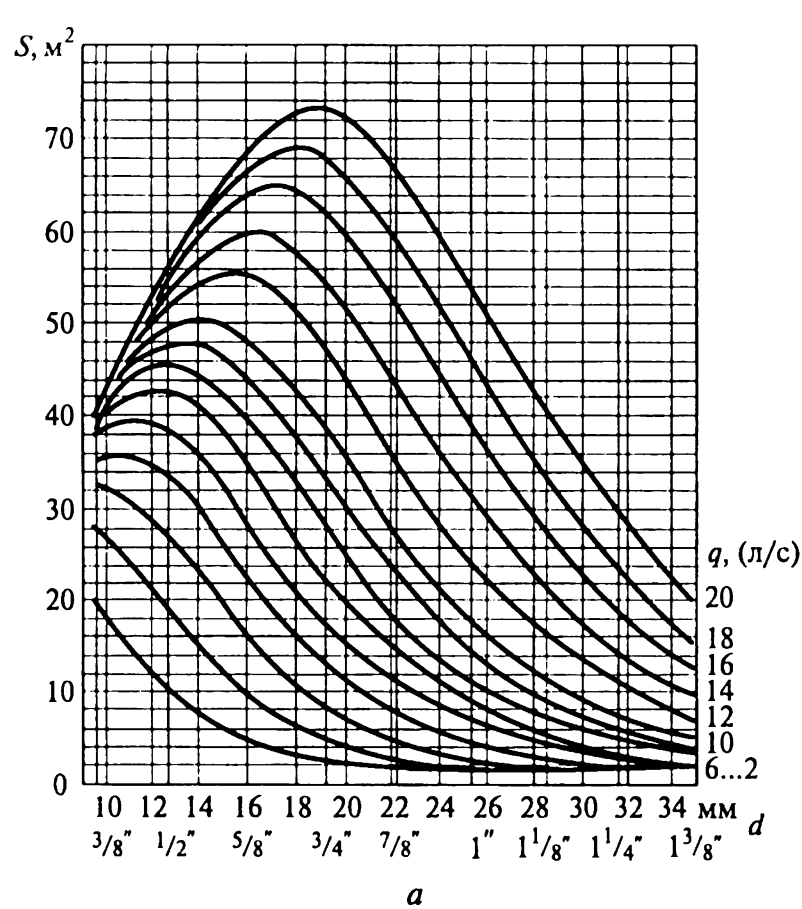


Рис. 10.3. Графики для определения (по В. Г. Лобачеву):

a — высота струи S , м, в зависимости от диаметра насадки d , мм или дюймы, и расхода q , л/с; b — напор у насадки H , м, в зависимости от высоты струи S , м, и диаметра насадки d , мм или дюймы

Значения коэффициентов B_0 , B_1 , B_2 и B_3 в зависимости от угла наклона α

Угол наклона α , °	Коэффициенты траектории			
	B_1	B_2	B_0	B_3
10	0,455	0,342	0,797	0,030
15	0,488	0,494	0,982	0,066
20	0,617	0,615	1,232	0,113
25	0,720	0,785	1,505	0,169
30	0,790	0,834	1,624	0,235
35	0,822	0,865	1,687	0,300
40	0,827	0,919	1,746	0,372
45	0,810	0,930	1,740	0,432
50	0,760	0,900	1,660	0,489
55	0,688	0,884	1,572	0,540
60	0,596	0,763	1,359	0,583
65	0,497	0,665	1,162	0,616
70	0,391	0,546	0,937	0,640
80	0,183	0,280	0,463	0,663
85	0,089	0,140	0,229	0,666
90	0	0	0	—

При расчете фонтанных наклонных струй формулой (10.1) можно пользоваться при напорах, не превышающих 20 м. В результате экспериментов, проведенных Ф. Цункером, для наклонных струй под углом 30° к горизонту с расположением насадки на 2 м от поверхности земли получены поправки (табл. 10.5) к идеальной дальности полета струи R , м, рассчитанной по формуле

$$R = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\alpha,$$

где v_0 — начальная скорость струи у насадки, м/с; g — ускорение силы тяжести, м/с²; α — угол наклона струи, °.

Все расчеты струи проводятся для случая работы в безветренные дни. Влияние ветра на высоту и дальность горизонтального полета струи, направленной под углом 32° к горизонту, можно

**Поправочные коэффициенты на дальность полета фонтанной струи
в зависимости от напора и диаметра насадки**

Напор у насадки H , м	Поправочный коэффициент при диаметре насадки, мм				Идеальная дальность полета струи, м
	20	30	37	48,5	
10	1,00	1,00	1,00	1,00	17
20	0,94	0,97	0,98	1,00	34
40	0,68	0,83	0,92	0,99	68
60	0,56	0,72	0,82	0,91	96

определить с помощью экспериментальных оценок Д. Фримана (табл. 10.6).

Для нормальной работы вертикальных струй необходимо, чтобы было выдержано правильное соотношение между высотой струи и размером водоема, из которого эта струя бьет.

Пренебрегая незначительным сопротивлением воздуха, зависимость между скоростью падения капель v , м/с, высотой падения капель h , м, и временем падения капель t , с, можно записать в следующем виде:

$$v = gt = \sqrt{2gh}; \quad h = \frac{g}{2} t^2 = \frac{v^2}{2g};$$

$$t = \frac{v}{g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Учитывая все факторы, размеры фонтанных бассейнов следует устанавливать по высоте струи: при цилиндрических насадках диаметр круглого или сторона квадратного бассейна должна быть равна половине высоты струи, а при более часто применяемых распыляющих насадках — $2/3$ этой высоты.

Расчет трубопроводов. Расчет трубопроводов производят, пользуясь схемами водоснабжения фонтанов (рис. 10.4). Таких схем может быть много, но мы рассмотрим только четыре. На рис. 10.4, а используется вода городского водопровода высокого давления (достаточного для функционирования фонтана). Удаление воды осуществляется через дождевую канализацию.

На рис. 10.4, б представлена такая же система, но недостаток напора в городской сети восполняется специальным фонтанным насосом. Удаление воды осуществляется так же через дождевую канализацию. Обе схемы достаточно расточительны и требуют при использовании дополнительного обоснования.

Таблица 10.6

Влияние ветра на высоту и дальность полета фонтанной струи, направленной под углом 32° к горизонту

Показатель	Вид струи	Диаметр насадки, мм	Показатели при напоре H у насадки, м								
			5	10	15	20	30	40	50	60	70
Высота струи, м	Компактная при свежем ветре	19	3,7	7,3	11,0	14,4	16,2	21,6	23,6	24,4	25,4
		35	4,0	7,9	11,6	15,2	18,3	24,6	27,7	29,6	31,0
	Раздробленная при безветрии	19	4,3	9,8	13,1	17,7	25,3	31,0	36,0	39,0	41,0
		35	4,6	9,5	14,0	18,3	27,8	36,0	43,0	48,0	50,0
Дальность полета наклонной струи, м	Компактная при свежем ветре	19	4,3	7,0	9,5	11,0	14,0	15,8	17,7	19,5	20,8
		35	5,5	9,5	13,1	15,8	20,4	23,0	25,0	27,0	28,7
	Раздробленная при безветрии	19	7,8	15,5	23,2	28,6	35,8	41,0	45,0	48,5	51,0
		35	8,8	17,4	26,6	34,2	47,0	55,0	62,0	67,0	72,0

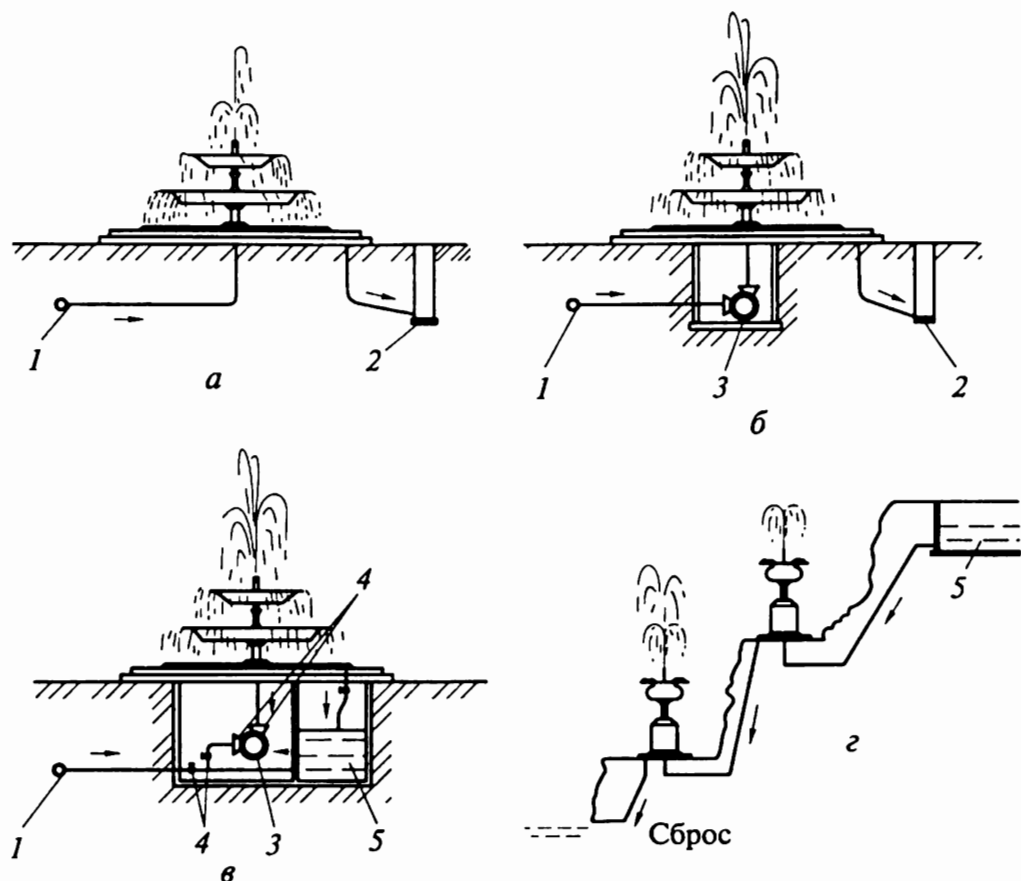


Рис. 10.4. Схемы водоснабжения фонтанов:

а — из высоконапорного водопровода (сброс в дождевую канализацию); *б* — из низконапорного водопровода с созданием дополнительного напора насосом; *в* — из низконапорного водопровода с обратным водоснабжением; *г* — из резервуаров-накопителей с речным или родниковым питанием при естественном напоре (сброс в водоприемник); 1 — водопроводная труба; 2 — водосточный колодец; 3 — насос; 4 — запорные вентили; 5 — резервуар

На схеме, представленной на рис. 10.4, *в*, предусмотрено обратное водоснабжение, при котором вода из бассейна сливается в специальный резервуар. Для заполнения резервуара и работы фонтана используется один и тот же насос. Схема, приведенная на рис. 10.4, *г*, используется на пересеченном рельефе, где имеется источник воды или же он создается искусственно путем подачи воды в верхний резервуар. При этой схеме вода для фонтанов может использоваться несколько раз. Кроме того, здесь возможно применение гидравлического тарана, если перепад высот недостаточен для функционирования фонтанов.

Из приведенных схем видно, что основные расчеты с водоснабжением фонтанов связаны с расчетами трубопроводов. При подборе диаметров фонтанных трубопроводов и определении сопротивлений в них нужно исходить из того, что скорость движения воды в магистральных линиях достигает 1 м/с, на разводящих и кольцевых трубопроводах — 0,5...0,6 м/с.

Величину потерь напора на трение по длине $h_{\text{дт}}$, м, можно определить по формуле

$$h_{\text{дт}} = \frac{\lambda l}{d} \frac{v^2}{2g},$$

где λ — коэффициент сопротивления по длине; l — длина трубопровода, м; d — диаметр трубопровода, м; v — скорость движения воды, м/с; g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с².

Для водопроводных труб, работающих в нормальных условиях, коэффициент λ можно определить по формуле

$$\lambda = 0,0195 / \sqrt[3]{D},$$

где D — диаметр трубы, м.

Помимо потерь по длине существуют и местные потери $h_{\text{м}}$, которые можно определить по формуле

$$h_{\text{м}} = \xi \frac{v^2}{2g},$$

где ξ — коэффициент местных сопротивлений; v — средняя скорость движения воды, м/с.

Рассмотрим несколько примеров местных потерь напора.

1. Внезапное расширение трубопровода. Площадь поперечного сечения узкой части ω_1 , широкой — ω_2 . Коэффициент местных потерь ξ зависит от отношения ω_2/ω_1 :

ω_2/ω_1	10	8	6	4	2	1
ξ	81	49	25	9	1	0

2. Внезапное сужение — обратный вариант:

ω_2/ω_1	0,00	0,20	0,60	1,00
ξ	0,50	0,40	0,20	0,00

3. Вход в трубу. При острых кромках $\xi = 0,50$; при закругленных кромках и плавном входе $\xi = 0,20$; при плавном входе $\xi = 0,05$.

4. Диафрагма внутри трубы, где ω — площадь диафрагмы, ω_2 — площадь сечения трубы за диафрагмой:

ω/ω_2	0,05	0,10	0,40	0,60	0,80
ξ	1 070	245	8,2	2,0	0,41

5. Поворот трубы на угол α :

$\alpha, ^\circ$	30	50	70	90
ξ	0,20	0,40	0,70	1,10

6. Задвижка. Зависимость коэффициента ξ от степени закрытия задвижки, выраженной через отношение площадей ω_3/ω :

ω_3/ω	1,00	0,856	0,609	0,315	0,159
ξ	0,00	0,26	2,06	17,0	97,8

Более подробные сведения изложены в справочниках по гидравлике.

В тупиковых фонтанных трубопроводах или замкнутых кольцевых с просверленными отверстиями или большим количеством насадок происходит непрерывный расход воды по всей длине трубопровода. Интенсивность расхода по длине составляет

$$q = Q/l,$$

где q — удельный расход на 1 пог. м, м³/с или л/с; Q — расход воды всей системой, м³/с или л/с; l — длина системы, м.

Для кольцевых трубопроводов интенсивность непрерывного расхода составит

$$q = 0,318 Q/D,$$

где D — диаметр кольцевого трубопровода, м.

Кольцевые трубопроводы для обеспечения примерно равного напора получают питание не из одной, а из нескольких точек, симметрично расположенных на кольце. Расчет производят по участкам без увязки колец. Таких участков на кольце с двумя точками питания будет четыре, с тремя — шесть, с четырьмя — восемь и т.д. Расчет производится на одном участке, так как при симметричном расположении точек питания потери на всех участках будут равны между собой.

Фонтанные насадки изготавливают из латуни или бронзы с тщательной шлифовкой и полировкой их внутренней поверхности. Применение стальных насадок, быстро ржавеющих, не рекомендуется. Особое внимание необходимо обращать на тщательную обработку выходных отверстий цилиндрических насадок, обрез которых должен быть перпендикулярен осям насадок.

Дробление струи в воздухе происходит от силы земного притяжения, разрушения струи от вихревых явлений при выходе ее из насадки и от сопротивления трению струи о воздух. Последняя величина незначительна и при расчете струй не учитывается. Во избежание быстрого разрушения вертикальных или наклонных струй и обеспечения их максимальной компактности и наибольшей высоты подъема длина прямого участка перед обрезом насадки должна быть не менее $20d$, где d — диаметр отверстия насадки. Если это требование трудно выполнимо, то перед насадками на прямых участках ставят выпрямители (успокоители струй) в виде вставки из пересекающихся плоских пластин.

Выпрямитель ставят на расстоянии не менее 3...4 диаметров трубы от фасонной части, служащей источником образования вихрей. Выходной конец (более тонкий) должен находиться не ближе 1...2 диаметров до входа в насадку. Длина успокоителя должна в 12—15 раз превышать ширину его ячеек, а диаметр — в 4—5 раз

превышать диаметр насадки. Установка таких выпрямителей увеличивает дальность полета струй на 8... 10 %.

Для фонтанов чаще всего применяют цилиндрические или коноидальные насадки, создающие сплошную неразрывную струю, или насадки, распыляющие воду. Если же для создания определенного художественного и психологического эффекта требуется раздробленная вертикальная струя или образование водяных фигур в виде колокола, снопа, спирали или других форм, то в этих случаях применяются насадки специальных конструкций.

Расход воды Q , м³/с, через насадку определяется по формуле

$$Q = \mu F \sqrt{2gH},$$

где μ — коэффициент расхода воды, зависящий от формы и конструкции насадки, а также от напора воды; F — площадь выходного отверстия, м²; H — напор у насадки, м.

Для коноидальных и пожарных наконечников, имеющих коэффициент расхода воды $\mu = 1$, коэффициент истечения $B_{\text{и}}$ можно определить по табл. 10.2.

В табл. 10.2 величина $B_{\text{и}}$ определяется по формуле

$$B_{\text{и}} = \mu^2 B_{\text{и}} = \mu^2 (0,000012105d^4),$$

где d — диаметр насадки, мм.

В табл. 10.2 приведены значения коэффициента истечения $B_{\text{и}}$ для $\mu = 1$. При насадках с другой величиной коэффициента расхода μ значения $B_{\text{и}}$ необходимо умножить на величину μ^2 принятой насадки.

Струя, вытекающая из насадки, непрозрачная; она заполнена пузырьками воздуха, захватываемого струей из воздушного кольцевого сечения в месте сжатия струи внутри насадки. Но если в насадке, где происходит сжатие струи, сделать отверстия, то струя станет прозрачной. Сопротивление насадок невелико, поэтому при расчете фонтанных систем им можно пренебречь.

Потери воды в фонтанах. При функционировании фонтанов происходят потери воды по различным причинам. При устройстве циркуляционного водоснабжения учет потерь особенно важен, так как от величины потерь зависит необходимый объем пополнения резервуара.

При работе фонтана неизбежны потери на разбрызгивание, унос ветром, испарение с водной поверхности, а также потери на фильтрацию из бассейнов и резервуаров.

Расход на унос ветром в зависимости от конструкции фонтанной насадки, высоты струи и силы ветра может составлять 0,5... 1,5 % для цилиндрических насадок и 1,5... 3,0 % для насадок, распыляющих воду. При применении насадок специальных конструкций, разбрызгивающих воду мелкими каплями, необходимо

на дополнительное испарение воды мелкодисперсными струями увеличивать потери при разбрызгивании еще на 0,6...0,8 %.

Для определения потерь воды на разбрызгивание, например за сутки, необходимо знать расход воды, число часов работы фонтана и процент потерь. Тогда потери на разбрызгивание можно определить по формуле

$$W = \frac{36QtP}{1\,000},$$

где W — объем потерь воды за сутки, м^3 ; Q — расход фонтана, л/с ; P — потери, %.

Кроме того, необходимо учесть потери воды на испарение с поверхности бассейна, которое зависит от ряда факторов. Если реальное испарение учесть сложно, то испаряемость I (обычно за месяц), мм , можно определить, например, по формуле Н. Н. Иванова

$$I = K_i d_\phi f(v),$$

где K_i — энергетический фактор испарения, мм/мбар ; d_ϕ — дефицит влажности воздуха, мбар ; $f(v)$ — функция, учитывающая влияние скорости ветра.

Величину K_i можно определить по формуле

$$K_i = 0,0061(25 + t)^2 / l_a,$$

где t — температура воздуха, $^\circ\text{C}$; l_a — упругость насыщенного пара, соответствующая этой температуре, мбар .

Дефицит влажности воздуха d_ϕ при отсутствии данных наблюдений можно рассчитать по уравнению

$$d_\phi = l_a(1 - 0,01\phi),$$

где ϕ — относительная влажность воздуха, %.

Ветровую функцию $f(v)$ можно определить по следующей зависимости:

$$f(v) = 0,64(1 + 0,19v_2),$$

где v_2 — скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с .

При хорошем выполнении работ по устройству фонтанов потери на фильтрацию с учетом прочих потерь невелики и в течение расчетного срока их можно принять равными 0,2...0,4 %.

Просуммировав все указанные ранее потери за сутки или за месяц и зная емкость водяного бака фонтана, легко определить величину и периодичность пополнения запасов воды, а также наметить способ такого пополнения. При прямоточном функционировании фонтанов определение потерь имеет, скорее, познавательную ценность, а не технологическую.

10.3. Водопады

Водопады представляют собой падение воды в водотоке в местах резкого изменения высоты дна с образованием почти отвесного уступа. При этом вода может падать не по одному, а по нескольким уступам, расположенным на разной высоте, образуя серию или каскад водопадов.

В природе уступ водопада (порог водослива) непрерывно разрушается. Такому же разрушению подвергается и основание водопада (водобойная часть, или воронка размыва). Все эти разрушения приводят к тому, что природный водопад непрерывно отступает вверх по течению водотока.

В качестве примера можно привести всемирно известный Ниагарский водопад, отступающий вверх по течению на 0,7...0,9 м в течение года.

Водопад — это красивое и грозное явление природы, воздействующее на человека своим видом, динамикой движения воды, цветом воды и брызг, влажностью воздуха и, безусловно, звуком, переходящим в определенных условиях в непрерывный рев.

Для оценки такого природного образования, как водопад, необходимо знать, что самый высокий на земле водопад Анхель (Венесуэла) имеет высоту падения 1 054 м. Второе место по высоте падения занимает водопад Тугела (Южно-Африканская республика). Его высота составляет 933 м. Третье место по высоте занимает Йосемитский водопад (США), имеющий высоту падения 727,5 м.

Вода в водопадах не всегда падает. Если уступ водопада имеет некоторый уклон, то вода не образует свободную струю, а стекает с большой скоростью по сильно наклоненной поверхности. Такие природные водопады называют водоскатами.

Красота и сила воздействия водопада на человека привели к тому, что не только естественный, но и искусственный водопад стал одним из излюбленных элементов гидропластики ландшафта, широко используемых в различных странах мира. Особое место водопад занимает в Японском саду [6], [14], являясь одной из любимейших деталей сада.

Как пишет Е. В. Голосова [6], «Выдающийся ландшафтный архитектор современной Японии Кинсаку Накан, основываясь на достоверных источниках, описывает два из наиболее ранних садовых водопадов. Строительство одного из них было завершено в 1130 г. в саду Хоконгоин, другой был создан примерно в то же время в саду Китаяматеи и достигал высоты почти 15 м». Место для водопада в Японском саду выбирали особенно тщательно. Он располагался вдали от дома, но так, чтобы был слышен звук воды, а в лунную ночь можно было наблюдать отблески разлетающихся струй.

По японским понятиям обрамлением водопада должны служить две скалы, олицетворяющие мощные горы, а фоном — в основном деревья в сочетании с другой растительностью. Классифицировать водопады можно по различным признакам, но раз мы начали рассмотрение роли водопада в Японском саду, то приведем японскую классификацию форм.

В руководствах по созданию водопадов в Японии описывается 10 возможных форм, которые рассмотрим по порядку, помня о том, что в Японии основное внимание уделяется эффекту созерцания водопада.

1. Скользяще-падающий. Вода в таком водопаде должна стекать по поверхности прилегающих скал в виде прилипающего потока без образования крупных пустот.

2. Падающий, как полотно. Поток не прилипает к поверхности скал, свободно падает, напоминая полотняную ткань.

3. Падающий нитью. Такой водопад может быть как одноструйным, так и многоструйным с разделением потока в верхней части водопада.

4. Неровно падающий. Водопад имеет асимметричное строение, при котором с одной стороны стекает воды больше, чем с другой.

5. Падающий слева и справа. Основой устройства такого водопада является разделительная стенка в виде скалы, делящая поток воды на две равные или неравные части.

6. Прямо падающий. В этом типе водопада вода падает прямо вниз без каких-либо помех на пути.

7. Падающий сбоку. Вода стекает только с одной стороны водопада. Остальные стороны представляют собой скалы, камни или иные твердые поверхности.

8. Падающий лицом друг к другу. Струи воды в таком водопаде обращены друг к другу, находясь на противоположных сторонах.

9. Отторгнуто падающий. При наличии основного водопада из указанных ранее отдельный поток расположен на некотором расстоянии от него.

10. Повторное падение. Такой водопад отличается наличием нескольких уступов, расположенных на разной высоте. К этой же категории отнесены водопады с наличием нескольких струй. Указанное совмещение является не совсем удачным, так как одновременно может быть и многоступенчатый, и многоструйный водопад.

Последний принцип уже упоминался в водопадах третьего типа (падающий нитью).

Приведенная типология не вызывает однообразия решений, так как каждая деталь японского сада, в том числе и водопады, играют иную роль в зависимости от окружения, сочетания с дру-

гими элементами, а также от масштабного и ритмического построения композиции.

Классификация водопадов Японии достаточно совершенна и ее можно применять при проектировании и строительстве искусственных водопадов в любой стране мира. С практической точки зрения при инженерном оборудовании искусственных водопадов приведенную классификацию целесообразно дополнить следующими показателями.

Большое значение имеет высота водопада. Для оценки этого показателя условно можно принять следующие три градации:

- низкие водопады — с высотой падения до 5 м;
- средние водопады — с высотой падения 5... 15 м;
- высокие водопады — с высотой падения более 15 м.

Одного этого показателя недостаточно.

При работе с водой как архитектурным материалом нужно учитывать и расход воды, который влияет на выбор насосного оборудования.

Чтобы не очень разнообразить числовые показатели, аналогичные значения можно принять и для расхода воды, л/с. Тогда к водопадам с малым расходом воды можно отнести такие, у которых расход не превышает 5 л/с; к средним — 5... 15 л/с; к крупным — более 15 л/с.

Использование природных и строительство искусственных водопадов неизбежно связано с их мелиорацией, т. е. с работами по улучшению их состояния и увеличению эффекта воздействия на человека.

Природные водопады. Природные водопады медленно движутся вверх по водотоку в результате размыва недостаточно крепких грунтов и пород, слагающих водосливной порог и водобойную часть.

Укрепление водосливного порога возможно почти всегда путем применения более крепких и менее разрушаемых материалов. Если речь идет о ландшафтных водопадах, то преимущество всегда будет на стороне природных камней из гранита, базальта, лабрадорита, габбро и других аналогичных кристаллических или метаморфических пород. Способ крепления зависит в основном от формы и материала русла водотока, а также от величины расхода воды.

Технология крепления не отличается от других гидротехнических работ, связанных с использованием камня, бетона, металлической арматуры, с учетом ландшафтной роли сооружения. При креплении водосливного порога могут иметь место и элементы реконструкции, связанные с формой и размерами водосливной кромки, позволяющей изменить взаимосвязь потока падающей воды с водосливной стенкой (уступом), варьировать количеством и мощностью струй, разделением потока не только в верхней ча-

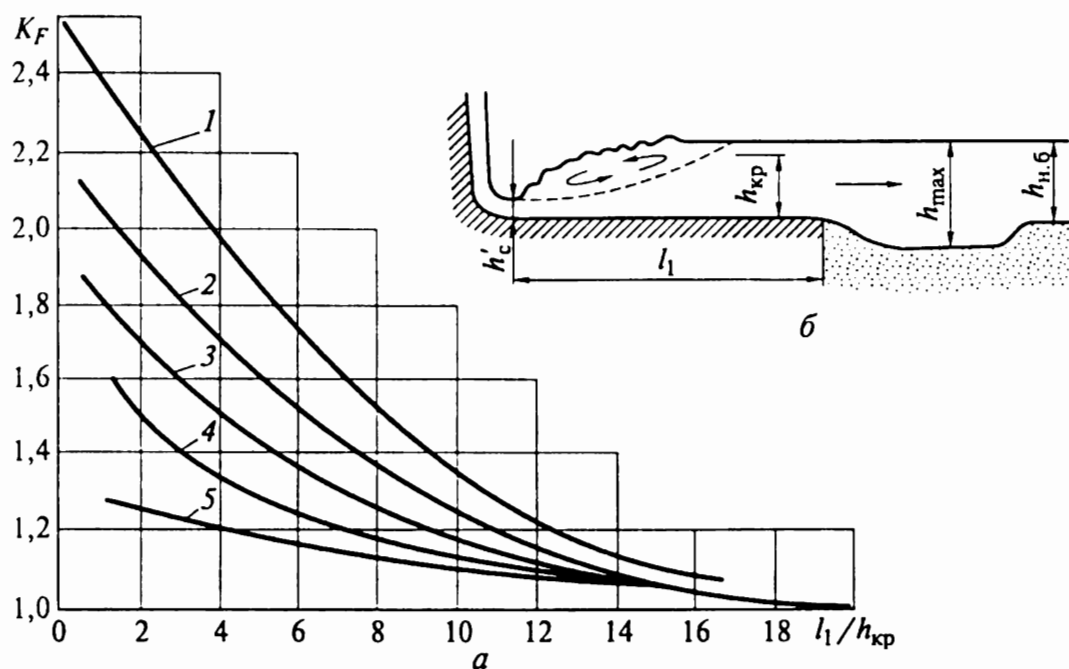


Рис. 10.5. График для определения коэффициента размывающей способности потока K_F (а); гидравлический прыжок и воронка размыва (б):

l_1 — расстояние от первой сопряженной глубины потока до начала воронки размыва; $h_{кр}$ — критическая глубина потока; h'_c — первая сопряженная глубина потока перед прыжком; h_{max} — максимальная глубина воронки размыва; $h_{н.б}$ — глубина потока в нижнем бьефе после воронки размыва; 1 — $I = 2,6$; 2 — $I = 2,4$; 3 — $I = 2,2$; 4 — $I = 1,9$; 5 — $I = 1,7$ ($I = h_{кр}/h'_c$)

сти, но и по пути падения воды в соответствии с изложенной ранее классификацией водопадов.

Конструкция водобойной части зависит от расхода воды, высоты падения и типа грунтов и скальных пород в русле нижнего бьефа водопада. Водобойная часть может быть выполнена в виде водобойного колодца или водобойной стенки. Оба вида можно рассчитать исходя из условий работы гидротехнических сооружений.

Другим видом сооружений нижнего бьефа водопада является воронка размыва, которую также рассчитывают.

Наиболее типичным случаем расчета водобойной части водопада можно считать конструкцию с затопленным гидравлическим прыжком.

В этом случае наибольшая глубина потока в воронке размыва h_{max} , м, в несвязных грунтах (рис. 10.5) может быть определена по формуле Б. И. Студеничкикова:

$$h_{max} = K_F^{1,25} \sqrt{\frac{\beta q_{вод}}{1,15 \sqrt{g} d_{ср}^{0,25}}},$$

где K_F — коэффициент размывающей способности потока, определяемый по рис. 10.5; β — коэффициент неравномерности распределения расхода (при хорошем растекании потока в нижнем бьефе $\beta = 1,2$); $q_{\text{вод}}$ — удельный расход на водосбросной части водопада, $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{м}$; $d_{\text{ср}}$ — средний диаметр частиц грунта, м, принимаемый равным d_{50} .

Местный наибольший удельный расход в воронке размыва q , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{м})$, определяется по формуле

$$q \approx \beta q_{\text{вод}}.$$

Если грунт легкоразмываемый (см. рис. 10.5), то длину крепления l_1 , м, определяют по уравнению

$$l_1 = (2,8h_{\text{н.б}} / h'_c + 7,6)h_{\text{н.б}},$$

где $h_{\text{н.б}}$ — глубина потока бытовая в нижнем бьефе, м; h'_c — глубина потока в сжатом сечении (первая сопряженная глубина прыжка), м.

При указанной длине крепления избыточная кинетическая энергия потока почти полностью гасится и значение коэффициента размывающей способности потока K_F может быть принято равным 1,1. В других случаях его необходимо определить по графику (см. рис. 10.5).

Воронку местного размыва в несвязных грунтах целесообразно крепить камнем в виде наброски. Крупность камня d_k , м, можно определить по формуле

$$d_k = 0,006 \left[(K_F K_3 / h_k)^{1,25} q \right]^4,$$

где K_F — коэффициент размывающей способности потока, равный 1,1 или определяемый расчетным путем; K_3 — коэффициент запаса, обычно равный 1,2; h_k — глубина заложения крепления под уровень воды, м; q — удельный расход воды, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{м})$.

Если в нижнем бьефе залегают достаточно прочные грунты, то длину крепления можно сократить, определяя значение K_F по графику (см. рис. 10.5).

Стремиться к наименьшему размеру воронки размыва следует не всегда. Если на месте воронки размыва устраивается регулирующий водоем для подпитки естественного или искусственного водопада, то размеры этого водоема определяют из других соображений, учитывая расчеты, приведенные ранее.

При проектировании объектов гидропластики ландшафта основным архитектурным материалом является вода. Поэтому при проектировании искусственных водопадов или мелиорации естественных водопадов первым делом необходимо определить параметры потока воды в верхнем бьефе на водосливном пороге. Этих параметров немного: ширина и глубина потока.

Остальные параметры (скорость движения и расход) являются производными от основных. В первую очередь, задаемся шириной потока $B_{\text{н}}$ и напором H (несколько бóльшим, чем глубина потока).

Формула расхода прямоугольного водослива с широким порогом имеет вид

$$Q = mB_{\text{н}}H\sqrt{2gH},$$

где m — коэффициент расхода, равный для водослива с широким порогом 0,35; $B_{\text{н}}$ — ширина потока, м; H — напор над порогом водослива, м; g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Если принять ширину порога 1 м и подставить численные значения коэффициентов, то приведенную формулу можно представить в преобразованном виде

$$Q = 0,35H\sqrt{19,62H} = 1,55H^{1.5}.$$

При единичной ширине порога водослива скорость потока будет равна Q/H , или

$$v = 1,55\sqrt{H},$$

где v — скорость на пороге водослива, м/с.

При проектировании искусственного водопada или мелиорации естественного водопada может возникнуть потребность хотя бы временного увеличения расхода водопada для достижения запланированного эффекта. Этого эффекта можно достичь путем внутрисуточного регулирования стока естественного ручья путем накопления воды в водоеме-регуляторе, расположенном выше порога водопada, т. е. в верхнем бьефе, или ниже основания водопada, а лучше всего — в месте расположения воронки размыва. В последнем случае одновременно решаются две задачи: временное увеличение расхода водопada и более эффективное гашение энергии потока водопada.

Дополнительное количество воды на водослив водопada подается насосом из водоема-накопителя. В этом случае верхнее расположение водоема оказывается более экономичным с точки зрения затраты энергии на работу насоса. При нижнем расположении водоема необходимо преодолеть высоту подачи воды на верхнюю часть водопada наряду с общими потерями воды в напорных трубопроводах.

Если за основу принять внутрисуточное регулирование стока ручья, то можно исходить из следующих соображений. Одновременно функционирует водопад и происходит накопление воды в водоеме-регуляторе. Расход водотока Q_1 , направленного на водопад, можно принять 1 л/с или $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. В это же время такой же расход направляется в водоем-накопитель. Тогда полный расход ручья составит $2Q_1$. Если предположить, что происходит только

суточное регулирование стока, то через 24 ч водоем-регулятор (его регулирующая емкость) будет полностью заполнен, а объем стока и водоема составит $86,4 \text{ м}^3$. Если учесть, что необходим некоторый запас над уровнем воды и так называемый мертвый объем, то максимальный объем водоема в этом случае составит около 100 м^3 .

Если предположить, что накопление воды (регулирование стока) будет происходить только в течение 12 ч, то необходимый объем водоема составит 50 м^3 , а объем зарегулированного стока — $43,2 \text{ м}^3$. Этот объем воды, затрачиваемый на увеличение расхода водопада свыше Q_1 , может быть израсходован в течение 12 ч по $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, или в течение 6 ч по $7,2 \text{ м}^3/\text{ч}$, или в течение 2 ч по $21,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, что составит дополнительно 3 л/с, а в сумме — 4 л/с. Характер подачи воды, связанный с работой насосов, может быть сосредоточенным и рассредоточенным по заданной программе, составленной с расчетом на определенный эффект. Возможны любые другие варианты.

10.4. Гидравлический прыжок

Гидравлический прыжок — скачкообразное возрастание глубины потока воды при переходе из бурного состояния, когда рассматриваемая глубина h_1 меньше критической глубины $h_{кр}$, в спокойное, когда другая рассматриваемая глубина h_2 больше критической $h_{кр}$. Этот процесс сопровождается интенсивными макротурбулентными пульсациями давлений и скоростей. Глубины h_1 и h_2 , расположенные соответственно до и после прыжка, называ-

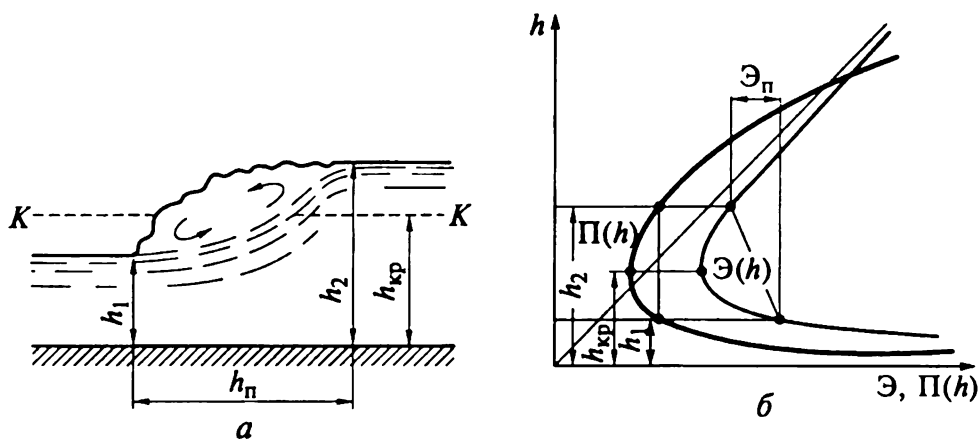


Рис. 10.6. Гидравлический прыжок:

a — схематическое изображение прыжка; b — графики прыжковой функции $\Pi(h)$ и удельной энергии сечения потока $\mathcal{E}(h)$: h_1 — глубина потока перед прыжком; h_2 — глубина потока после прыжка; $h_{кр}$ — критическая глубина; l_p — длина прыжка; $K-K$ — горизонтальное сечение, проходящее через центр прыжка

ются сопряженными, а разность $(h_2 - h_1)$ характеризует высоту прыжка (рис. 10.6, а).

При больших расходах и скоростях воды гидравлический прыжок представляет собой грозное и захватывающее зрелище, которое можно наблюдать, например, при открывании затворов водосливной плотины. Это гидравлическое явление можно использовать и в ландшафтной архитектуре, если естественным или искусственным путем создать условия возникновения гидравлического прыжка. Гидравлический прыжок в гидравлике аналогичен эффекту преодоления звукового барьера самолетом в аэродинамике. Разница заключается в том, что гидравлический прыжок возникает при переходе потока от сверхкритических скоростей в докритические, а звуковой барьер, наоборот, — при переходе дозвуковых скоростей в сверхзвуковые.

Существует несколько разновидностей гидравлического прыжка. Далее рассмотрен только совершенный прыжок, возникающий в призматическом русле с прямолинейным горизонтальным дном при числе Фруда $Fr_1 \geq 3$. В этом выражении число Фруда в сечении потока перед прыжком

$$Fr_1 = \alpha v_1^2 / (gh_1), \quad (10.2)$$

где α — коэффициент количества движения (коэффициент Буссинеска); v_1 — скорость потока перед прыжком, м/с; g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$; h_1 — глубина потока перед прыжком, м.

Основное уравнение гидравлического прыжка имеет вид

$$\frac{\alpha'_1 Q^2}{g\omega_1} + \omega_1 h_{c1} = \frac{\alpha'_2 Q^2}{g\omega_2} + \omega_2 h_{c2}, \quad (10.3)$$

где α'_1, α'_2 — коэффициенты количества движения (коэффициент Буссинеска) соответственно до и после прыжка; h_{c1}, h_{c2} — глубины погружения центров тяжести живых сечений ω_1 и ω_2 .

Функция глубины потока (при $Q = \text{const}$), выражаемая равенством

$$П(h) = \frac{\alpha'_1 Q^2}{g\omega} + \omega h_c,$$

называется прыжковой. Из уравнения (10.3) следует, что для сопряженных глубин h_1 и h_2 значения прыжковой функции одинаковы:

$$П(h_1) = П(h_2).$$

На графике прыжковой функции (рис. 10.6, б) минимум соответствует критической глубине $h_{кр}$ (при $\alpha \approx \alpha'_1$). На этом же рисунке

изображен график удельной энергии сечения потока $\mathcal{E} = \mathcal{E}(h)$ и показано, как графическим способом определить потери удельной энергии $\mathcal{E}_n$ в прыжке.

График прыжковой функции дает возможность легко находить сопряженные глубины.

Правильное определение параметров гидравлического прыжка необходимо для расчета водобойных частей сооружений. В призматическом русле прямоугольного сечения сопряженные глубины определяют по следующим формулам:

$$h_1 = \frac{h_2}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{кр}}{h_2} \right)^3} - 1 \right]; \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{кр}}{h_1} \right)^3} - 1 \right].$$

Для определения длины совершенного прыжка в прямоугольном призматическом русле предложен ряд формул. Приведем формулу О. М. Айвазяна:

$$l_n = \frac{8(10 + \sqrt{Fr_1})}{Fr_1} \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1 h_2},$$

где Fr_1 — число Фруда в сечении перед прыжком, определяемое по формуле (10.2) (здесь $v_1 = Q/(bh_1)$, где b — ширина прямоугольного русла).

10.5. Гидравлический таран

Гидравлический таран как водоподъемное устройство был известен еще в XVIII в. В то время человек мог воспринимать это устройство как чудо, которое позволяет поднимать воду вверх без помощи человека и механических приспособлений.

В настоящее время интерес к гидравлическому тарану объясняется расширением реставрационных работ в старинных садах и парках, где нередко применялся гидравлический таран.

Принцип работы гидравлического тарана основан на использовании явления гидравлического удара, представляющего собой резкое изменение давления в жидкости, вызванное мгновенным изменением скорости ее течения в напорном трубопроводе (например, при быстром перекрытии трубопровода запорным устройством).

Увеличение давления Δp , Н/м², при гидравлическом ударе в соответствии с теорией знаменитого русского математика и механика Н. Е. Жуковского можно определить по формуле

$$\Delta p = \rho(v_0 - v_1)c,$$

где ρ — плотность жидкости, кг/м³; v_0 — средняя скорость в трубопроводе до закрытия задвижки, м/с; v_1 — средняя скорость в

трубопроводе после закрытия задвижки, м/с; c — скорость распространения ударной волны вдоль трубопровода, м/с.

При абсолютно жестких стенках величина c равна скорости звука в жидкости a . В воде $a = 1\,400$ м/с. В трубах с упругими стенками величину c определяют расчетным путем.

При очень большом увеличении давления гидравлический удар может вызвать разрушение стенок напорного трубопровода со всеми вытекающими отсюда последствиями, что неоднократно и случилось в действительности. Для предупреждения таких случаев на трубопроводах устанавливают различные предохранительные устройства в виде уравнильных резервуаров, воздушных клапанов, вентилей и др.

Однако разрушительные явления можно заставить работать на благо человека, что и было сделано еще в XVIII в. путем создания гидравлического тарана. В гидравлическом таране повышение давления в жидкости используется для ее подъема путем периодически искусственно создаваемых гидравлических ударов. Одну из совершенных конструкций гидравлического тарана разработал в 1927 г. наш соотечественник инженер Д. Ц. Трёмбовельский.

Схема гидравлического тарана представлена на рис. 10.7. В период разгона воды при кратковременном открытии клапана 4 в ручную в подводящей трубе 2 под действием подпора формируется

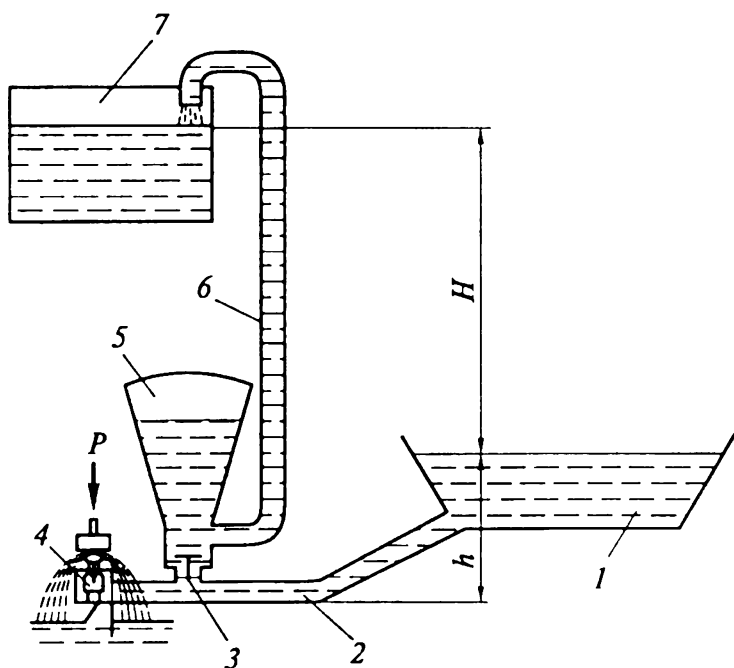


Рис. 10.7. Схема гидравлического тарана:

1 — нижний питающий резервуар с водой из естественных или рукотворных источников; 2, 6 — трубопроводы; 3, 4 — клапаны; 5 — напорный колпак; 7 — верхний приемный бак или парковое сооружение; P — усилие, необходимое для открытия клапана; h — высота падения воды; H — высота подъема воды

поток воды со средним расходом Q , который сбрасывается через тот же клапан 4. Когда силовое воздействие воды уравнивает вес клапана, он поднимается. Быстрое закрытие клапана 4 вызывает внезапную остановку движущейся воды и, как следствие, гидравлический удар. В свою очередь, резкое повышение давления открывает клапан 3, через который вытекает некоторое количество воды со средним расходом $q < Q$. В рабочем периоде вода по трубопроводу 6 поступает в верхний бак 7, преодолев напор $H > h$.

Сжатый воздух, находящийся в напорном клапане 3, выравнивает подачу воды по трубопроводу. В конце второго периода давление в клапанной коробке (где установлен клапан 4) становится немного меньше, поэтому клапан 4 закрывается, а клапан 3, наоборот, открывается, что обеспечивает автоматическое повторение описанного цикла действия гидравлического тарана.

Коэффициент полезного действия (КПД) гидравлического тарана зависит от напоров воды и для соотношения $H/h = 1$ (см. рис. 10.7) равен 0,92. Если же соотношение H/h увеличить до 20, то КПД уменьшится до 0,26.

Гидравлический таран применяется в основном там, где имеется запас природной воды, значительно превышающий то потребное количество, которое поднимается на необходимую высоту.

Еще одним условием применения гидравлического тарана является возможность расположения самой установки ниже уровня воды в источнике.

Такие условия обычно возникают на сильно пересеченной местности: в предгорьях, на склонах глубоких речных долин или больших оврагов.

Гидравлические тараны в свое время получили распространение в сельском хозяйстве для водоснабжения небольших объектов, а также в ландшафтной архитектуре как для решения вопросов локального водоподъема, так и для приведения в действие фонтанов.

По данным изысканий, проведенных Институтом геоэкологии РАН, гидравлические тараны использовались для приведения в действие фонтанов в Лефортове — выдающемся памятнике садово-паркового искусства начала XVIII в. Лефортовский парк — первый в России регулярный парк, заложенный Петром Великим. На территории парка при раскопках обнаружены древние фонтаны в нишах грота Растрелли, а также в центральной нише плотины Венеры.

Применению гидравлических таранов способствовало то обстоятельство, что обильный источник воды — Анненгофский канал на водах р. Синички — располагался на 9... 12 м выше уровня устройства фонтанов.

Контрольные вопросы

1. Что такое гидропластика ландшафта и какова ее роль в ландшафтной архитектуре?
2. Какие мелиоративные и гидротехнические комплексы вы знаете и что в них входит?
3. Что такое фонтан и как он функционирует?
4. Как классифицируются фонтаны?
5. Каковы особенности расчета фонтанных струй?
6. Как классифицируются водопады?
7. Каковы особенности регулирования стока в искусственных водопадах?
8. Что такое гидравлический прыжок и как его можно использовать в гидропластике ландшафта?
9. Что такое гидравлический удар и гидравлический таран и каковы пути использования последнего в гидропластике ландшафта?

РАЗДЕЛ III

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Глава 11

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

11.1. Особенности организации механизированной технологии при строительстве гидромелиоративных систем

Механизация мелиоративных работ предназначена для замены ручного труда машинным при строительстве и эксплуатации мелиоративных объектов. Применение специальных машин и механизмов повышает производительность труда, снижает трудоемкость работ, позволяет применять новейшие технологии. При проведении гидромелиоративных работ, как правило, механизмируют следующие технологические процессы: строительство осушительных и оросительных каналов, устройство коллекторно-дренажных систем, производство культуртехнических работ (удаление древесно-кустарниковой растительности и камней, уничтожение кочек, основная обработка почвы), проведение планировки и выравнивания поверхности мелиорируемых земель, проведение ирригационных мероприятий, полив зеленых насаждений и др.

Механизация работ при строительстве гидромелиоративных систем осуществляется с применением землеройно-транспортных и землеройных машин, погрузчиков, кранов, транспортных средств, мелиоративных машин и орудий, предназначенных для выполнения специальных процессов и операций. В качестве землеройно-транспортных и землеройных машин применяются однокоровые экскаваторы вместимостью ковша до 1,5 м³, многоковшовые экскаваторы с глубиной копания до 2,5 м, скреперы вместимостью ковша до 15 м³, бульдозеры на тракторах класса 14...250 кН. Основной базой для прицепных, полунавесных и навесных машин и орудий служат гусеничные и колесные тракторы общего, лесного и сельскохозяйственного назначения, имеющие класс тяги 14...250 кН, в том числе и болотоходных модификаций. Для рытья каналов, укладки коллекторно-дренажной сети, в некоторых случаях для внутриканальной очистки широко используются самоходные машины.

В качестве рабочего оборудования при строительстве каналов одноковшовые экскаваторы работают в основном с обратной лопатой и драглайном с ковшами различной емкости. При строительстве глубоких и широких каналов в качестве основного оборудования применяется прямая лопата. Для рытья каналов применяются специальные каналокопатели непрерывного действия (фрезерные, роторные, шнекороторные), а также комбинированные каналокопатели активного и пассивного действия. К машинам непрерывного действия также относятся плужные каналокопатели, работающие с тракторами повышенного класса тяги (6... 10 кН) или со специальными шасси с тяговым классом до 200 кН. При строительстве земляных дамб, плотин и других насыпей используются общестроительные машины. Для механизации работ при планировке откосов каналов, дамб и насыпей применяют планировщики, ковшовые и шнековые машины. Для укрепления откосов применяют гидросеялки, луговые аппараты и др. При строительстве закрытой дренажной сети в зонах осушения и орошения используются, как правило, траншейные, цепные, скребковые и многоковшовые экскаваторы-дреноукладчики, бестраншейные дреноукладчики с плоским ножевым рабочим органом. Агрегатируются подобные машины с тракторами или самоходными шасси тягового класса 200... 300 кН. Для строительства закрытой оросительной сети применяются одноковшовые и многоковшовые (цепные и роторные) экскаваторы, скреперы, бульдозеры, трубоукладчики, краны, опрессовочные приспособления. Руслу рек-водоприемников регулируются одноковшовыми экскаваторами, оборудованными драглайном и обратной лопатой, а также плавучими землесосными и землечерпательными снарядами.

Для подготовки территории под культуртехнические работы на осушаемых землях применяют кусторезы, корчеватели активного и пассивного действия, корчевальные бороны, корчеватели-собиратели, кустарниковые грабли, погрузчики-собиратели, камнеуборочные машины, кочкорезы. Строительную (капитальную) планировку выполняют скреперами, бульдозерами и грейдерами, а эксплуатационную планировку — специальными широко- и узкозахватными планировщиками. Для основной и дополнительной обработки почвы используются кустарниково-болотные плуги, тяжелые мелиоративные дисковые бороны, роторные плуги-рыхлители, фрезы болотные, водоналивные катки. Работы по уходу за мелиоративными системами проводятся каналочистителями с набором сменных рабочих органов (очистка дна, откосов, удаление травянистой растительности с откосов и бERM каналов), а также специальными машинами для очистки каналов, аванкамер, отстойников оросительных систем.

Для капитального ремонта каналов с повреждениями дна и откосов используются многоковшовые и одноковшовые экскава-

**Технологии основных работ при строительстве
гидромелиоративных систем**

Виды сооружений и работ	Современные прогрессивные и перспективные технологии и средства механизации	Традиционные технологии и средства механизации
Каналы в земляном русле	Специальные экскаваторы-каналокопатели непрерывного действия, бульдозеры на тракторах мощностью 132 кВт и более; скреперы с ковшами вместимостью до 10 м ³ и более	Одноковшовые общестроительные экскаваторы с ковшами вместимостью 0,25 ... 1,25 м ³ , бульдозеры на тракторах мощностью до 79 кВт
Каналы в облицовке из монолитного бетона	Специализированные бетоноукладчики и комплексы непрерывного действия	Полумеханизированная укладка бетонных смесей подъемными кранами
Крупные магистральные каналы	Шагающие, вскрышные экскаваторы, землеройно-транспортные машины большой мощности	Использование общестроительных землеройных машин мощностью до 220 кВт
Железобетонные лотки	Монтаж лотковой сети общестроительными средствами механизации	
Закрытая оросительная сеть с трубами из различных материалов	Копание траншей преимущественно многоковшовыми экскаваторами с укладкой труб кранами или трубоукладчиками	Копание траншей одноковшовыми (многоковшовыми) экскаваторами с последующей укладкой труб подъемными кранами
Закрытая дренажная сеть в зоне осушения	Бестраншейный (щелевой) способ укладки пластмассовых труб специальными бестраншейными дреноукладчиками с обеспечением заданного уклона лазерными приборами	Траншейный способ с укладкой керамических труб экскаватором-дреноукладчиком; обеспечение заданного уклона по копирному тросу
Закрытая дренажная сеть в зоне орошения	Строительство дренажа из керамических труб преимущественно дреноукладочными комбайнами, а из пластмассовых труб — бестраншейными дреноукладчиками с использованием лазерных приборов для выдерживания заданного уклона	Копание траншей одноковшовыми или многоковшовыми экскаваторами с укладкой керамических дренажных труб с геодезическим контролем за обеспечением заданного уклона

торы (одноковшовые экскаваторы оборудуются драглайнами бочкового копания). Очистка заиленных дренажных линий производится дренопромывочными машинами.

Механизированный полив зеленых насаждений и сельскохозяйственных культур в зонах орошения и осушения осуществляется дождевальными машинами и установками, специальным ирригационным оборудованием для поверхностного полива, а также дальнеструйными дождевальными аппаратами для стационарных закрытых оросительных систем.

В настоящее время разрабатывается система машин для комплексной механизации мелиоративных работ до 2010 г., в которой будут отражены основные перспективные направления развития гидромелиоративной техники и современных технологических схем.

В зависимости от размеров гидромелиоративных объектов и объемов проводимых строительных работ все гидротехнические сооружения можно подразделить на крупные, средние и малые.

Выбор машин и механизмов для выполнения трудоемких процессов зависит, как правило, от принятой проектом технологии. От размеров объектов и объемов производства зависит количество применяемых средств механизации. Так, для механизации работ по строительству крупных мелиоративных каналов (крупный объект) используют одноковшовые экскаваторы с емкостью ковша 0,65...1,50 м³; при рытье проводящих каналов (средний объект) — 0,5...0,8 м³; каналов регулирующей и внутрихозяйственной сети (малый объект) — 0,25...0,65 м³.

К одному из массовых видов работ при строительстве гидромелиоративных систем относится возведение на них различного типа и назначения гидротехнических сооружений (ГТС).

Главными перспективными направлениями совершенствования сборных ГТС можно считать дальнейшую унификацию и сокращение числа типоразмеров железобетонных деталей для сборных ГТС; увеличение размеров и более широкое применение объемных блоков, заменяющих собой целые конструкции, которые пока собирают из мелких железобетонных деталей; изготовление деталей с большей заводской готовностью; создание более технологичных конструкций стыковых соединений. Типовые сооружения в зависимости от их размеров и конструктивной сложности обычно монтируют из 10...150 железобетонных деталей. Технологии основных работ предусматривают комплексную механизацию (табл. 11.1).

11.2. Организация производства работ на крупных, средних и малых объектах

Для организации строительства и содержания объектов разрабатывается проект производства работ (ППР), который предус-

матривает общий порядок проведения всех видов работ при строительстве гидромелиоративных систем.

Такой проект может быть составлен проектной организацией или силами подрядчика.

Составление ППР необходимо при строительстве любого объекта. Строительство даже небольшого канала или коллекторно-дренажной сети связано с проведением целого комплекса инженерно-строительных работ.

По каждому объекту устанавливается перечень мероприятий, подлежащих выполнению, их характер и объем. ППР способствует увеличению эффективности капитальных вложений путем снижения сметной стоимости и себестоимости работ, повышению качества строительства и содержания объекта, а также организационно-технического уровня строительства и содержания объекта на базе использования научных достижений с учетом наиболее прогрессивных норм планирования, организации и управления работами, сетевых графиков, диспетчеризации и компьютерных технологий.

В ППР необходимо предусмотреть:

- очередность и календарный план-график производства работ;
- потребности в строительных, посадочных и посевных материалах и календарный план-график соответствующего снабжения;
- потребность в механизмах и график обеспечения ими строительства;
- календарный план механизации работ;
- потребность и календарный график обеспечения транспортом;
- потребность в инструментах и приспособлениях;
- перечень, расчет и размещение на участке временных сооружений — план организации строительного участка.

Проект производства работ также предусматривает:

1) комплексную механизацию работ с применением наиболее экономичных сочетаний больших, средних и малых механизмов с использованием их по производительности в полторы смены и более;

2) возможности уменьшения объема строительства временных зданий и сооружений стационарного типа путем применения унифицированных типовых секций передвижного типа (будка-бытовка на колесах) контейнерного и сборно-разборного типов;

3) сокращение числа приобъектных складов за счет укладки материалов непосредственно с транспортных средств «в конструкцию» (откосы и основания, дорожки, площадки и другие элементы строительства);

4) обеспечение рабочих нормальными санитарно-бытовыми условиями труда, соблюдение правил по производственной санитарии, охране труда, технике безопасности, а также соблюдение правил пожарной безопасности.

Проект производства работ составляется инженерно-техническими работниками производственных и плановых отделов предприятия с помощью начальников участков, старших прорабов, которые в последующем будут осуществлять создание объекта.

Проект производства работ утверждается на техническом совете главным инженером предприятия.

Помимо перечисленных документов в ППР входят следующие документы и материалы:

- 1) строительный генеральный план и план-памятка мастера;
- 2) пояснительная записка;
- 3) журнал работ по строительству объекта.

При производстве работ требуется устройство временных сооружений, к которым относятся:

- ограждение участка строительства; склады для материалов и инструментов; навесы для машин, для производства на участке некоторых материалов (щебня, высевок, железобетонных и бетонных плит и т.д.);

- деревообделочные и слесарные мастерские; конторские помещения; помещения и сети для снабжения строительства водой, электроэнергией и сжатым воздухом.

Перечень необходимых временных сооружений определяется объемом работ, подлежащих выполнению, их характером, длительностью строительства и местными условиями. Размещение временных сооружений указывается на строительном генеральном плане (СГП), который обычно разрабатывается в масштабе 1 : 500. Составляют СГП на основе чертежа проекта горизонтальной планировки (в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 500).

На чертеже СГП указываются: временные подъездные пути; существующие здания и сооружения; места складирования материалов; стоянки машин и механизмов; места подключения к существующим сетям водопровода, канализации, электрических, телефонных и радиосетей и паропроводов; очередность работ по этапам строительства.

Ко всей документации составляется краткая пояснительная записка, документ, разъясняющий ряд необходимых данных, которые не отражены в проектно-сметной документации. В записке уточняются методы производства работ, применяемые рационализаторские предложения с прилагаемыми чертежами, мероприятия по контролю качества работ и другие специфические для данного объекта условия организации и ведения строительства.

Утвержденные ППР должны быть переданы на строительные участки не позднее чем за 2 мес до начала работ на объекте. При привлечении к составлению отдельных разделов ППР других исполнителей затраты, связанные с разработкой или привязкой проекта к местным условиям строительства, возмещаются основным разработчиком за счет накладных расходов.

Экономическую оценку оптимальности проектов организации работ дают следующие показатели:

- сметная стоимость строительных работ;
- стоимость основных и оборотных фондов;
- трудоемкость, удельный вес ручного и машинного труда и др.

Документом, который отражает объективную оценку строительства объекта, является журнал ведения работ. Такой журнал является первичным документом и выдается главным инженером подрядной организации прорабу или мастеру до начала работ в текущем году.

На каждый объект прораб или мастер ведет один журнал производства работ, в котором регулируются по каждому объекту все проектно-технические документы строительства:

- а) рабочие чертежи и сметы;
- б) проект производства работ;
- в) акты или заключения экспертов, предъявляющих новые требования (технические или сметные) к строительству.

11.3. Очередность и календарный график производства работ

Одним из основных и первоочередных элементов рациональной организации строительства объекта является установление последовательности производства отдельных видов работ. При установлении такой последовательности необходимо учесть, что производство одного вида работ не должно отражаться на качестве работ другого вида и не должно затруднять его; учесть природные условия и погодные особенности, а также реальные возможности получения необходимых материалов.

На основании ППР устанавливаются календарные сроки выполнения различных видов работ. Для этого, в первую очередь, необходимо определить общую минимально возможную продолжительность всего процесса производства работ. В проекте установлен определенный объем работ по отдельным видам. Используя технологические карты на производство работ, выясняют возможность обеспечения строительства рабочей силой, транспортом, механизмами и материалами. На основе норм времени можно рассчитать потребность временных затрат для выполнения каждого отдельного вида работ.

Календарный график производства работ определяется их общим объемом, степенью срочности строительства, природными условиями, возможностью применения механизмов и скоростных методов строительства.

Примерный план-график проведения строительных работ представлен на рис. 11.1.

Наименование работ (по видам и отдельным конструктивным элементам)	Единица измерения	Объем работ (количество единиц)	Стоимость			Количество человеко-дней на планируемый объем	Производство работ (количество работ и рабочих указывается дробью)															Фамилия десятника, бригадира
			Цена за единицу	Общая стоимость по смете	Норма на единицу, чел.-дн.		по месяцам и декадам															
							I			II			III			IV			V			
							1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	

Рис. 11.1. План-график проведения строительных работ

11.4. Потребность в строительных материалах и график их завоза

Потребность в материалах, необходимых для строительства данного объекта, определяется по материалам проекта и на основании изучения участка в натуре.

В проектно-сметной документации устанавливается, какое количество грунта необходимо вынуть при строительстве данного объекта, объект какой площади должен быть создан, сколько потребуется различных материалов для строительства сооружений.

В смете должны быть указаны потребности:

- в строительных конструкциях;
- бетоне;
- растительной земле;
- семенах газонных трав и др.

Эти показатели иногда приходится корректировать в процессе работы.

Например, при устройстве газонов на участке строительства характеристика почв, приложенная к проекту, позволяет установить, сколько каких материалов требуется именно в этом случае для ее улучшения.

Изучение же участка в натуре помогает определить, в какой степени потребность в этих материалах может быть удовлетворена на месте и сколько их нужно завезти извне.

Допустим, например, что для улучшения почвы на намеченном участке необходимо столько-то кубометров органических удобрений.

При изучении объекта в натуре может оказаться, что в качестве органических удобрений можно использовать ил, который будет получен при очистке существующего водоема.

№ п/п	Наименование материалов	Единица измерения	Общее количество	Потребность																	
				по месяцам и декадам																	
				I			II			III			IV			V			VI		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Рис. 11.2. График снабжения строительства материалами

Допустим также, что по смете для устройства временных дорог необходимо определенное количество кирпичного щебня. Изучение же в натуре участка показывает, что на нем или поблизости имеются кирпичные фундаменты, при разборке которых часть потребности в щебне будет удовлетворена.

Доставка материалов на участок и эксплуатация механизмов связаны с расходом горючего. Зная место, откуда будут завозиться материалы, и объем механизмируемых работ, легко установить потребность в горючем.

Следовательно, общая потребность в материалах устанавливается по данным проекта и на основании специальных расчетов.

Определив общую потребность всех видов материалов и имея календарный график производства работ, составляют график снабжения строительства материалами (рис. 11.2).

11.5. Обеспечение строительства рабочей силой и механизмами

Возможность и целесообразность механизации перечисленных видов работ, а также выбор типа механизмов определяются:

- объемом работ данного вида;
- характером грунта;
- габаритными размерами траншей, котлованов, выемок и насыпей;
- расстоянием при перемещении грунта и строительных материалов;
- шириной и длиной фронта работ;
- рельефом территории;
- возможностью обеспечения их электроэнергией и сжатым воздухом; наличием парка механизмов.

В качестве примера рассмотрим один из типичных случаев. Допустим, что на данном участке необходимо:

- проложить 2...3 км сетей подземного хозяйства;
- построить 5...6 тыс. м² дорог и площадок;
- срезать бугор объемом 250 м³ и разровнять полученную при этом землю;
- пересадить 10 взрослых деревьев;
- провести осушительные каналы в выемке шириной 1,7 м, шириной по дну 0,25 м, длиной 1 000 м;
- укрепить откосы с помощью устройства газона методом гидропосева.

Для прокладки траншей под сети подземного хозяйства можно применить многоковшовый экскаватор. Срезать землю можно однокоршковым экскаватором, бульдозером или грейдером. При уст-

ройстве дорог могут быть применены одноковшовые экскаваторы с ковшами типа «прямая лопата». При устройстве осушительного канала можно применить специальные каналокопатели; при пересадке деревьев — подъемные краны или одноковшовый экскаватор с заменой ковша крюком.

Анализируя конкретные условия данного примера, приходим к выводу, что в данных условиях наиболее приемлем одноковшовый экскаватор, оборудованный ковшами типа «обратная лопата» (для прокладки траншеи) и бульдозерным отвалом (для срезки бугра и устройства корыт под дороги), а также крюком (для пересадки взрослых деревьев). Так, один механизм (в данном случае — одноковшовый экскаватор) выполнит работу трех механизмов (многоковшового экскаватора, бульдозера или грейдера и подъемного крана).

Понятно, что такое решение экономически более целесообразно.

Для прикатывания поверхности дорог может быть использован моторный каток, для подготовки почвы под газон — вибротрамбовка.

Использование высокопроизводительных каналокопателей значительно упрощает и ускоряет строительство каналов в земляном русле, так как отпадает необходимость планировки откосов и дна канала.

При этом требуется выполнять только три рабочие операции:

- снятие слоя растительного грунта (почвы);
- разработку грунта в выемке канала (нарезку сечения);
- оправку или, при необходимости, разравнивание грунта кавальеров.

Применение специализированных каналокопателей непрерывного действия существенно снижает трудоемкость работ.

В табл. 11.2 приведены данные по сокращению трудоемкости работ в зависимости от состава комплекта машин при строительстве каналов.

По видам механизированных работ определяют машины и механизмы, с помощью которых выполняется работа.

По нормативным справочникам определяют среднюю выработку на одного человека в день по данному виду работ и среднюю выработку на соответствующий механизм в машиносменах. По полученным данным рассчитывают требуемое количество человеко-дней и машино-смен, необходимое для выполнения данной работы.

Установив сроки производства работ, рассчитывают потребность в рабочей силе и механизмах.

Зная объем и характер работ, перечень и объем механизированных работ, потребность в машинах, определив последователь-

Состав комплекта машин и трудоемкость работ при строительстве каналов

Параметры каналов	Состав комплекта с экскаватором-каналокопателем	Затраты труда на 1 000 м ³ , ч	Состав комплекта с одноковшовым экскаватором	Затраты труда на 1 000 м ³ , ч	Сокращение трудоемкости, раз
Оросительные каналы в выемке глубиной 1,2 м, шириной по дну 0,8 м; объем работ на 1 000 м — 2 400 м ³	Бульдозер на тракторе Т-100 мощностью 118 кВт; тяжелый автогрейдер мощностью 19 кВт; двухроторный экскаватор-каналокопатель ЭТР-126	21,73	Экскаватор с рабочим оборудованием «обратная лопата» ($q = 0,5 \text{ м}^3$); бульдозер на тракторе Т-130 мощностью 118 кВт; плуг с трактором Т-130	30,34	1,4
Оросительные каналы в выемке глубиной 1,4 м, шириной по дну 1,0 м, объем работ на 1 000 м — 4 340 м ³	Тяжелый автогрейдер мощностью 79 кВт; шнекороторный экскаватор ЭТР-206А; бульдозер на тракторе Т-130 мощностью 118 кВт; плуг с трактором Т-130	23,04	Экскаватор с рабочим оборудованием «обратная лопата» ($q = 0,4 \text{ м}^3$); бульдозер на тракторе Т-130 мощностью 118 кВт; плуг с трактором Т-130	44,2	1,92
Осушительные каналы в выемке шириной 1,7 м, шириной по дну 0,25 м; объем работ на 1 000 м — 3 600 м ³	Бульдозер на тракторе Т-130 мощностью 118 кВт; двухфрезерный экскаватор-каналокопатель ЭТР-172	10,66	Экскаватор с рабочим оборудованием драглайн ($q = 0,5 \text{ м}^3$); бульдозер на тракторе Т-130 мощностью 118 кВт	47,4	4,45

ность и календарный план производственных процессов, разрабатывают календарные графики потребности в рабочей силе и механизмах.

11.6. Расчет потребности во временных зданиях и сооружениях

Количество работающих на строительномонтажных работах K , чел., определяется по формуле

$$K = M / HD_k,$$

где M — стоимость всех работ на объекте, руб.; H — сменная выработка на одного работающего, руб./день; D_k — календарный срок выполнения всех работ, дней.

Расчет потребности во временных зданиях и сооружениях производится на основании инструкции по проектированию бытовых зданий и помещений строительномонтажных организаций и Каталога временных инвентарных зданий для строительных площадок (Главмосстрой, 1985).

Расчет потребности во временных зданиях и сооружениях производят по формуле

$$P_{тр} = P_{нр} K,$$

где $P_{нр}$ — нормативный показатель площади на одного работника, м²; K — общее число работающих или число работающих в наиболее многочисленную смену.

Приведем значения нормативного показателя площади $P_{нр}$ на одного работника:

- гардеробная — 0,89 м²;
- душевая — 0,65 м²;
- умывальня — 0,07 м²;
- сушилка — 0,2 м²;
- столовая — 0,5 м²;
- помещение для обогрева рабочих — 0,1 м²;
- уборная женская — 0,14 м²;
- уборная мужская — 0,07 м²;
- контора начальника участка — 4 м²;
- медпункт при числе работающих в смену до 300 чел. принимаем площадью 12,0 м².

Склад для хранения цемента и других материалов — $P_{нр} = 21,2$ м² на 1 млн руб. годовой стоимости строительномонтажных работ (СМР).

Склад неотапливаемый, материально-технический — $P_{нр} = 29,2$ м² на 1 млн руб. годовой стоимости СМР.

11.7. Обеспечение строительства малых объектов транспортом и инструментом

Для обеспечения строительства нужными материалами необходимо определить, когда, сколько и какие транспортные средства потребуются для переброски грузов. Сроки доставки материалов на строительство находятся в прямой зависимости от календарных сроков производства тех видов работ, для которых необходим тот или иной материал. Число транспортных средств определяется их грузоподъемностью, массой грузов и расстоянием перевозок. Расстояния перевозок для данного объекта устанавливаются заранее. Грузоподъемность машин определяется их наличным парком. При подсчете массы грузов можно пользоваться соответствующими нормативами.

Зная расстояния перевозок и пользуясь приведенными нормативами, легко подсчитать нужное количество тонно-километров перевозок грузов для данного объекта, а затем разработать календарный график потребности строительства в транспорте, представленный на рис. 11.3.

Для работ по гидромелиоративному строительству могут потребоваться следующие инструменты и приспособления:

- лопаты: стальные закругленные для разработки рыхлых и песчаных грунтов; стальные остроконечные и деревянные окованные для разработки всех типов грунтов, кроме скальных; стальные прямоугольные для разработки разрыхленных и насыпных грунтов; стальные остроконечные с бороздками для тяжелых грунтов; стальные совковые для илистых и песчаных грунтов;

- черпаки стальные для илистых и песчаных грунтов, а также ломы, кирки двухсторонние для разрыхления плотных и мерзлых грунтов, односторонние для разрыхления менее твердых грунтов; кирки-мотыги для разрыхления еще менее твердых грунтов; односторонние мотыги для разрыхления наиболее слабых грунтов;

- топоры для подрубки деревьев, топоры для очистки ствола и подрубки корней, колуны;

- пилы поперечные, лучковые; ножовки; напильники;

- тачки, катальные доски, носилки, катки ручные;

- кувалды, молотки («кулачки»);

- рулетки, мерные ленты, линейки, деревянные циркули, шнуры, визирки, лестницы-стремянки.

Перечень и количество необходимых инструментов и приспособлений определяются в зависимости от характера выполняемых работ и числа рабочих, которые будут заняты на каждом из видов работ.

При установлении количества необходимых инструментов и приспособлений предусматривается резерв в размере 15... 20 %.

№ п/п	Наименование грузов	Единица измерения	Общее количество груза	Масса груза, т	Дальность перевозок, км	Количество т-км	Марка автомобиля	Суточная производительность, т-км	Общая потребность в маш.-дн.	Потребность														
										по месяцам и декадам														
										I			II			III			IV			V		
										1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Рис. 11.3. График потребности строительства в транспорте

В соответствии с календарным планом производства работ составляется график снабжения инструментами и приспособлениями.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей разрабатывается проект организации производства работ?
2. Какие разделы включает в себя ППР?
3. Как производится расчет временных зданий и сооружений?
4. Каков порядок определения потребности строительных материалов и график их завоза?
5. Как построить календарный план-график проведения строительных работ?
6. Какова последовательность расчета и комплектования машинно-тракторного парка?
7. Для чего предназначен журнал ведения работ?
8. Каковы особенности организации работ при строительстве малых объектов?
9. Перечислите основные инструменты и оборудование для производства ручных работ.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

12.1. Подготовительные работы

Культуртехническая мелиорация — комплекс мероприятий по расчистке поверхности и коренному улучшению почв, повышению их плодородия, к которым относятся: освобождение земель от древесной растительности, пней, камней и других препятствий; уничтожение кочек и мохового очеса; планировка и первичная обработка почвы; агромелиоративные мероприятия и т.д. Их выполняют как на осушаемых, так и на не требующих осушения землях для эффективного их использования. Без проведения этих мероприятий продуктивность заболоченных территорий и болот после осушения не растет, а падает, так как существующая растительность не приспособлена к новым условиям водного режима почвы. В настоящее время очистку земель от древесной растительности начинают с выбора деловой и хозяйственно-ценной ее части.

Деревья срезают, иногда корчуют, используют валочные или валочно-пакетирующие машины. Остающиеся пни подлежат утилизации.

Кустарники удаляют следующими основными способами:

- срезка кусторезами с активными или пассивными рабочими органами и подкорчевка оставшихся в почве корней;
- прямое корчевание корчевателями с последующим сгребанием и утилизацией зеленой массы;
- вычесывание кустарниковыми боронами или граблями вместе с корнями, затем сгребание и утилизация;
- измельчение кустарника на месте и перемешивание его с почвой фрезерными машинами;
- опрыскивание арборицидами для усыхания кустарника и последующей его утилизации;
- запашка мелкого кустарника однокорпусными кустарниково-болотными плугами.

Кустарник и мелколесье можно срезать как летом, так и зимой. Корчевание рекомендуется проводить в тех случаях, когда невозможно предварительно срезать наземную часть растительности. Корчеватели-собиратели и корчевальные машины бывают разных конструкций: навесные и прицепные; непрерывного действия, с рабочими органами в виде зубьев, использующих при корчевке тяговое или толкающее усилие, подъемную силу или их сочета-

ние; с пассивными, роторными или вибрирующими рабочими органами. В настоящее время измельчение кустарника, пней, корней и других древесных остатков проводится после или в процессе корчевки, как правило, с перемешиванием их с почвой на разную глубину. При этом измельченная масса используется как органическое удобрение. Данный способ упрощает технологию работы, исключая ряд операций, таких как сбор древесных отходов, погрузка на транспортное средство, вывоз и дальнейшая утилизация.

Для улучшения состояния почв могут использоваться специальные луговые агрегаты, состоящие из почвообрабатывающей и посевной машин. Подобные агрегаты используются практически во всех зонах для улучшения малопродуктивных лугов и пастбищ на торфяных, минеральных, в том числе солонцовых, почвах, не засоренных камнями и кустарником. Луговой агрегат (рис. 12.1) состоит из фрезерного барабана 2, туковой 3 и зернотравяной 5 сеялок, легкого катка 6, механизмов регулирования глубины фрезерования и гидроуправления. За один проход проводится фрезерование дернины и верхнего слоя почвы, перемешивание и заделывание минеральных удобрений, посев семян трав и покровных зерновых культур, прикатывание (выравнивание и уплотнение) почвы после посева.

Для улучшения сенокосов и пастбищ на торфяных и минеральных почвах применяют серийно выпускаемый луговой агрегат марки АЗ-2,4 с шириной захвата 2,4 м, глубиной фрезерования — 10...14 см, производительностью до 1 га/ч. Для улучшения сенокосов и пастбищ на солонцовых почвах применяют луговой агрегат марки АЛС-2,5, который отличается от АЗ-2,4 тем, что наряду с фрезерным барабаном имеет рыхлительные лапы. Луговые агрегаты агрегируются с тракторами класса 30...50 кН.

Машины для подготовки площадей под гидромелиоративные работы. Выбранный способ расчистки площадей должен обеспечить на подготавливаемом участке максимальное сохранение гумусо-

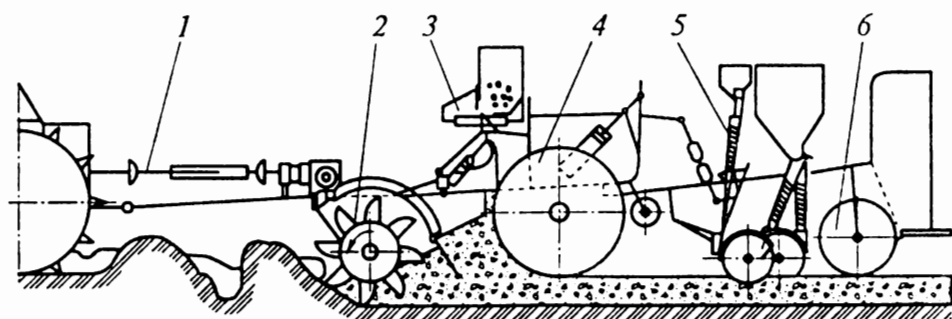


Рис. 12.1. Луговой агрегат:

1 — карданная передача; 2 — фрезерный барабан; 3 — туковая сеялка; 4 — тяжелый каток; 5 — зернотравяная сеялка; 6 — легкий каток

вого слоя почвы, улучшение ее физико-механических свойств. Как правило, расчистка площадей ведется с помощью моторизованных инструментов, к которым относятся мото- и электропилы, обрезчики сучьев, мотолебедки и др.

Для валки больных, ветровальных и потерявших декоративность деревьев применяются бензомоторные (реже — электрические) пилы. Бензомоторная пила МП-5 «Урал-2 Электрон» предназначена для валки деревьев, раскряжевki хлыстов, обрезки толстых сучьев. Для более эффективного использования на рубках ухода в молодняках на пильной шине монтируют съемные приспособления в виде гребенки с тремя упорами или специального упора. Мощность двигателя пилы составляет 3,68 кВт, скорость резания — 11 м/с, рабочая длина пильного аппарата — 400 и 700 мм, масса — 11,6 кг.

Бензомоторная пила «Тайга-214» используется для раскряжевki хлыстов небольшого диаметра, при обрезке сучьев и других видах работ. Пила безредукторная, облегченного типа. Благодаря большой скорости резания требуется меньшее усилие надвигания. Мощность двигателя пилы составляет 2,5 кВт, скорость резания — 17 м/с, рабочая длина пильного аппарата — 380 мм, масса — 8,8 кг.

В настоящее время широко используются зарубежные бензопилы и электропилы («Хускварна», «Штиль», «Крафтсман», «Олео-Мак», «Стига» и др.). Современные конструкции пил обладают усовершенствованными системами защиты, к которым относятся инерционный тормоз цепи, уловитель цепи, системы низкой вибрации, система высокой очистки всасываемого воздуха, высокие эргономические характеристики.

Удаление деревьев и обрезка сучьев на большой высоте связана с определенной опасностью для операторов, использующих лазы, лестницы и т.д. Поэтому чаще всего для этих целей используются специальные гидравлические подъемники и вышки. Гидравлические подъемники обеспечивают подъем рабочих вертикально вверх или наклонно с одного уровня на другой в специальных люльках, установленных на рабочем оборудовании в виде шарнирно соединенных колен. Вышки обеспечивают перемещение рабочих только вертикально.

Машины для выборки пней. Для выборки (корчевки) пней используется механизированная технология, применяемая в лесном хозяйстве. Существуют два вида корчевания: прямое и раздельное. При *прямом корчевании* пни корчуют, затем сгребают в валы или кучи на границы осваиваемого участка и сжигают (или перерабатывают). В этом случае вместе с пнями и корнями вывозится много плодородной почвы, а на осваиваемом участке остаются пневые ямы, которые необходимо впоследствии засыпать.

При *раздельном корчевании* выкорчеванная древесная растительность остается на осваиваемом участке до подсыхания и только пос-

ле этого отряхивается от земли и собирается для сжигания или отправляется на переработку. В этом случае плодородной почвы вывозится в 2 раза меньше, чем при прямом корчевании. Древесную растительность с диаметром до 25 см корчуют при помощи корчевателей-собирателей (Д-513А, МП-7А, ДП-8А, МП-2А), машин для расчистки полос (МРП-2, МРП-2А), а с диаметром более 25 см — при помощи корчевальных машин (КМ-1, КМ-2 и др.).

Корчеватель-собиратель МП-7А предназначен для корчевки кустарника и мелкоколосья диаметром до 11 см, одиночных деревьев и пней диаметром до 45 см; извлечения камней до 3 т с глубины до 40 см; расчистки вырубок от валежника и порубочных остатков; транспортирования толканием на небольшое расстояние выкорчеванного материала. Корчеватель-собиратель МП-7А применяется на минеральных и увлажненных торфянистых грунтах. Он состоит из базового трактора Т-130 МБГ-1 и навесного оборудования, состоящего, в свою очередь из отвала с пятью приваренными зубьями для корчевки пней и удаления камней, монтируемого на толкающей раме, шарнирно соединенной с ходовыми тележками трактора.

Машины МРП-1 и МРП-2А проводят расчистку полос на вырубках с минимальным удалением верхнего гумусового слоя почвы путем смещения в межполосное пространство порубочных остатков, валежника, разрыва и удаления со средней части полосы крупных корней, а также применяются для корчевки пней диаметром до 40 см. Машина МРП-2 агрегируется с трактором ЛХТ-55М, а МРП-2А — с трактором ЛХТ-100, оборудованными фронтальной навесной системой СФН-3.

Корчевка пней осуществляется следующими способами.

1. При приближении машины к пню тракторист на расстоянии 1,0... 1,5 м от него опускает корчевальное оборудование и движением трактора вперед заглубляет зубья под пень. После заглубления корчевальные зубья рабочего органа с помощью гидроцилиндров поворачиваются вверх и выкорчевывают пень из грунта. При этом усилие корчевания воспринимается грунтом через раму. Усилие на корчевку может достигать 100... 150 кН. Этим способом корчуют крупные пни.

2. Зубья заглубляют под пень и сдвигают его толкающим усилием трактора с одновременным подъемом корчевального оборудования гидроцилиндрами подъема. Этим способом корчуют мелкие и средние пни.

3. При заглубленных под пень зубьях его сдвигают толкающим усилием трактора. Этим способом корчуют мелкие пни.

Одновременно при движении агрегата отвал, опущенный на землю, раздвигает порубочные остатки и валежник в стороны, зубьями разрывает крупные корни, извлекает их на поверхность и удаляет за пределы расчищаемой полосы.

Современная технология удаления пней заключается в разрушении надземной и частично подземной их частей методом фрезерования, экстракции, удаления пня вместе с почвенным монолитом, высверливания и др.

Машина для удаления надземной части пней МУП-4 представляет собой агрегат, состоящий из трактора ТДТ-55А и оборудования, монтируемого на тракторе в заводских условиях в передней его части.

Основными сборочными единицами оборудования машины для удаления пней являются: стрела, фрезерный рабочий орган, механизм привода, рукоятки управления, рама. Рабочий орган машины представляет собой конусную фрезу с закрепленными на нем режущими элементами — резцами. Резцы установлены на образующих конуса и по окружности нижнего основания.

При подготовке территории под гидромелиоративное строительство машина МУП-4 удаляет наземную часть пней в зависимости от принятой технологии и используемых на последующих операциях технических средств. Для этого оператор ведет машину по намеченной трассе и останавливает ее на расстоянии вылета стрелы манипулятора. После этого включается привод рабочего органа (фрезы) и с помощью двух рукояток управления распределителем трактора оператор опускает фрезу до поверхности почвы и подводит ее к пню. При этом режущие элементы, войдя в контакт с древесиной пня, измельчают ее, образуя щепу, которая отбрасывается вперед и влево по ходу машины.

Машина для срезания пней МПП-0,75 предназначена для срезания пней на вырубках методом фрезерования. Составными частями машины являются: рама, карданный вал, конический и цилиндрический редукторы, фрезерный вал с ножами, навесное устройство. Агрегатируется такая машина с трактором МТЗ-82, оборудованным ходоуменьшителем.

Перед началом работы тракторист включает вал отбора мощности, после чего трактор переезжает через пень. Затем машина опускается и включается ходоуменьшитель. Вращающийся против хода движения фрезерный вал с ножами фрезерует пень, измельчая его в щепу, которая отбрасывается вперед. После срезания пня ходоуменьшитель отключают и машина переезжает к другому пню.

Машина для удаления пней и выкапывания посадочных ям ЯкП-0,6 служит для удаления пней и выкапывания посадочных ям в условиях леса и лесопарков; применяют машину на базе трактора класса тяги 30 кН. Она состоит из базового трактора, навесного оборудования и набора сменных рабочих органов, состоящих, в свою очередь, из трубчатых и конических фрез для удаления пней и шнековых буров для выкапывания посадочных ям. При подготовке машины к работе к выходному валу редуктора присоеди-

ется рабочий орган требующегося типа и размера в зависимости от выполняемой операции.

При включенном приводе трубчатая фреза вырезает пень из почвы и с помощью механизма подъема производит выгрузку монолита в транспортное средство. Коническая фреза измельчает пень в щепу. Шнековые буры производят выкопку посадочных ям.

Машина для измельчения пней «Вермеер 222» предназначена для удаления надземной части пней высотой до 635 мм и подземной части на глубину до 330 мм. Машина состоит из фрезы с защитным кожухом, двигателя, гидросистемы, управляющих гидроцилиндров, прицепного устройства, опорных колес.

Фреза выполнена в виде стального диска толщиной 13 мм и диаметром 480 мм, на котором укреплены 12 ножей для фрезерования. Двигатель мощностью 14 кВт передает крутящий момент на фрезу посредством ременной передачи, закрытой кожухом. Работа машины заключается в следующем: оператор подводит фрезу к пню, включает двигатель и систему привода, сообщая фрезе необходимое число оборотов. С помощью гидроцилиндра подъема устанавливается первоначальная высота фрезерования, гидроцилиндром подачи обеспечивается необходимая подача рабочего органа. Образующаяся щепа отбрасывается по ходу машины.

Для утилизации порубочных остатков применяются специальные измельчители порубочных отходов и зеленой массы. После компостирования продукты переработки могут использоваться в качестве органических удобрений.

Машины и механизмы для переработки древесных отходов в зависимости от максимального диаметра ветвей, которые они могут измельчать, можно условно подразделить на три группы: первая группа — машины малой мощности, которые способны перерабатывать ветви диаметром до 30 мм; вторая группа — машины средней мощности — от 30 до 50 мм; третья группа — машины большой мощности — более 50 мм.

Работа машины для переработки древесных отходов заключается в том, что ветви или листва через воронку поступают к ножам, которые измельчают подаваемый материал в опилки или щепу.

Камнеуборочные машины. *Камнеуборочные машины* — машинно-тракторные агрегаты, выполняющие одну или несколько операций технологического процесса очистки поверхности почвенного слоя от камней в соответствии с агролесомелиоративными требованиями.

Камнеуборочная прицепная машина УКП-0,6 (рис. 12.2, а) предназначена для уборки камней с поверхности поля. Она состоит из рамы 1 с ходовым устройством 4, гребенки с зубьями 6, бункера 5 и гидросистем 2 и 3. Машина работает циклично. Метал-

лическая гребенка, состоящая из 13 зубьев, укрепленных на двух вращающихся валах, подбирает камни и подает их в бункер. После заполнения бункера камни отвозят к месту разгрузки.

Навесной камнеуборщик УСК-0,7 (рис. 12.2, б) предназначен для уборки камней массой до 250 кг, заглубленных в почву на 10... 15 см.

Машина имеет металлический зубчатый ковш 2 с трехкрючковым захватом 3 грейферного типа.

Для выборки камней из пахотного слоя почвы используют камнеуборочную машину МКП-1,5. Рабочими органами машины МКП-1,5 являются виброремех и валковый сепаратор. Выбранные из земли камни накапливаются в бункере, затем выгружаются в тракторный прицеп и вывозятся к месту складирования.

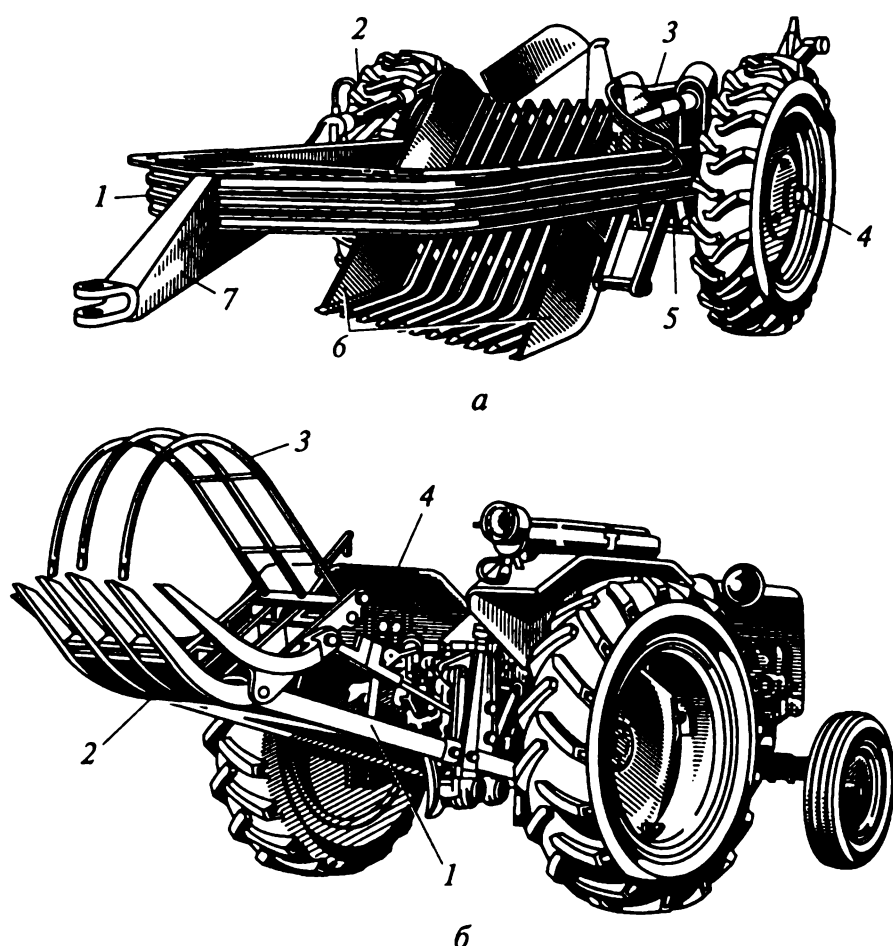


Рис. 12.2. Камнеуборочные машины:

а — камнеуборочная прицепная машина УКП-0,6: 1 — рама; 2 — гидроцилиндр опрокидывания бункера; 3 — гидроцилиндр подъема гребенки; 4 — ходовое устройство; 5 — бункер; 6 — гребенка с зубьями; 7 — прицепное устройство; б — навесной камнеуборщик УСК-0,7: 1 — нижние тяги; 2 — ковш; 3 — захват; 4 — телескопическая тяга

Характеристики камнеуборочных машин

Показатель	УКП-0,6	МКП-1,5
Тип машины	Прицепная	Полунавесная
Базовый трактор	МТЗ-80, МТЗ-82	Т-150К
Ширина захвата, м	1,25	1,50
Рабочий орган	Гребенчатый ковш	Вибролемех и валковый сепаратор
Размер собираемых камней, см	12 ... 65	5 ... 30
Заглубление рабочего органа, см	10	До 20
Производительность	2,45 м ³ /ч	0,25 ... 0,35 га/ч

В табл. 12.1 приведены характеристики камнеуборочных машин.

Кусторезы. Участки, засоренные кустарником с диаметром стволиков до 6 см и высотой до 4... 5 м целесообразно запахивать кустарниковыми, кустарниково-болотными плугами или тяжелыми дисковыми боронами. Более крупный кустарник с диаметром стволов до 12... 15 см и высотой до 10 м срезают, как правило, кусторезами. Пни диаметром более 15 см убирают специальными машинами.

Для обеспечения экономической эффективности кусторезы целесообразно применять при расчистке больших площадей. Кроме основного назначения кусторезы могут срезать старые, уже сгнившие пни, кочки и другие небольшие неровности почвы. На небольших площадях применяют ручные кусторезы.

Кусторезы нашли применение также на рубках ухода за лесом в лесопарках. В зависимости от принципа действия рабочего органа кусторезы подразделяются на два типа: с пассивными и активными рабочими органами. Схемы рабочих органов кусторезов приведены на рис. 12.3.

Пассивные рабочие органы могут быть выполнены в виде отвала с ножами (рис. 12.3, а), установленными под углом к направлению движения и параллельно поверхности (Д-514А, ДП-24), или в виде катка (рис. 12.3, б) с установленными на его внешней поверхности ножами (КОК-2). Наиболее распространены кусторезы с горизонтальными ножами. У кусторезов с ножевым катком ножи расположены параллельно оси катка. Благодаря контакту ножей с почвой во время движения кустореза каток вращается и ножи измельчают и ломают сухой и хрупкий кустарник, а более

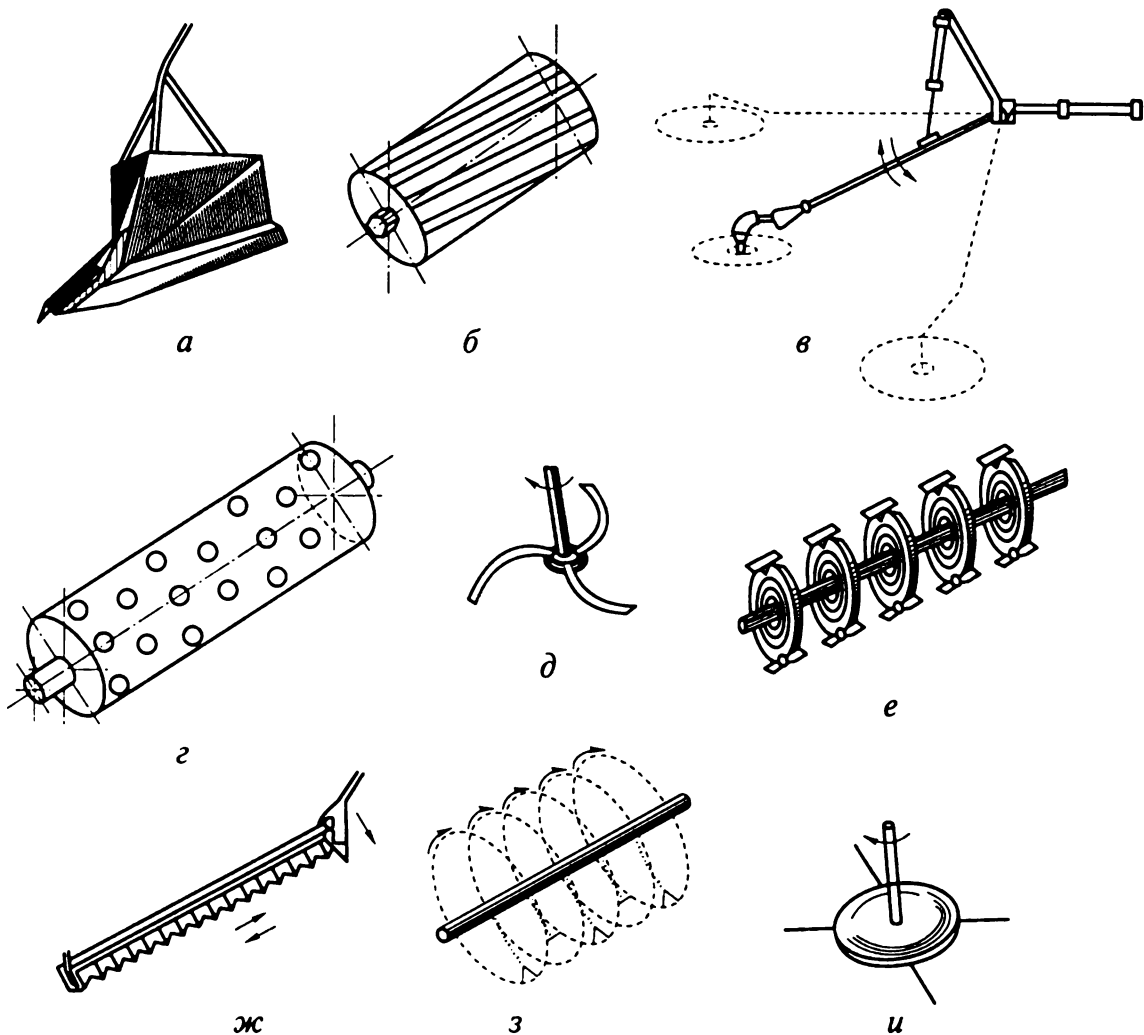


Рис. 12.3. Схемы рабочих органов кусторезов:

а — отвал с ножами; б — ножевой каток; в — циркулярная пила или фреза; г — фрезерный барабан; д — горизонтальные ножи; е — вращающиеся диски с ножами; ж — нож косилочного типа; з — вращающиеся ножи на гибкой связи; и — рубящие цепи

крупный и зеленый расплющивают и разбрасывают по поверхности почвы.

Кусторезы с ротационными активными рабочими органами могут быть режущего (дисковые, сегментные, фрезерные) или ударного действия. Дисковый рабочий орган (рис. 12.3, в) представляет собой дисковую пилу или фрезу («Секор-3М», МТП-43) с режущими зубьями. Рабочий орган в виде фрезерного барабана (рис. 12.3, г) может быть выполнен с тарельчатыми или плоскими ножами. Рабочий орган кустореза может быть выполнен в виде горизонтально расположенных вращающихся ножей (рис. 12.3, д) или в виде ротационных барабанов с шарнирно установленными ножами (рис. 12.3, е). Эти типы рабочих органов не нашли большого распространения. Дисковая пила (фреза) устанавливается на

конце рукояти, которая шарнирно соединена с двигателем внутреннего сгорания («Секор-3М») или крепится к кронштейну, смонтированному на тракторе или базовой машине. Пила имеет привод от двигателя или вала отбора мощности трактора. Измельчение древесины кусторезами с ротационными рабочими органами, ее разбрасывание и смешивание с почвой способствуют более быстрому ее разложению и уничтожению вредных насекомых.

Кусторезы с рабочими органами косилочного (сегментного) типа (рис. 12.3, ж) представляют собой сегментные ножи, совершающие возвратно-поступательное движение относительно друг друга (УСБ-25КА). Подвижные сегменты имеют привод от вала отбора мощности трактора. Этот тип кустореза применяют в местах, не имеющих пней и с диаметром стволиков не более 5 см. Основное применение он нашел в ландшафтном строительстве.

Кусторезы с вращающимися ножами на гибкой связи (рис. 12.3, з) и рубящие цепи (рис. 12.3, и) относятся к рабочим органам рубящего типа. Они навешиваются на трактор и приводятся во вращение от вала отбора мощности. Такие машины рассчитаны на удар для разламывания или среза растительности и превращения ее в измельченную массу. Этот тип кусторезов применяется в основном в сельском хозяйстве.

Таким образом, у кусторезов с пассивными рабочими органами резание лезвием обеспечивается не только его давлением на древесину, но и скользящим перемещением ножа по ней. У кусторезов с активными рабочими органами скользящее перемещение ножа отсутствует. Резец на разрываемый материал действует только как клин.

Кусторезы с пассивными рабочими органами на срез древесины затрачивают энергии в несколько раз меньше по сравнению с кусторезами с активными органами. Однако при учете энергозатрат на сгребание и вывозку древесины после кусторезов с пассивными органами это преимущество оказывается не таким значительным.

Кусторез пассивного типа ДП-24 является съемным оборудованием к трактору Т-130.1.Г-1 и может быть использован в лесомелиоративных работах для расчистки площадей, заросших кустарником и мелколесьем, реконструкции малоценных насаждений, строительстве дорог и т.д.

Кусторез состоит из рабочего органа, представляющего собой клинообразный отвал, вдоль нижних кромок которого болтами закреплены горизонтальные взаимозаменяемые режущие ножи под углом 64° один к другому; универсальной толкающей рамы и ограждения.

При движении агрегата ножи, опущенные до уровня почвы, срезают деревья диаметром до 10 см у корневой шейки, а отвал и

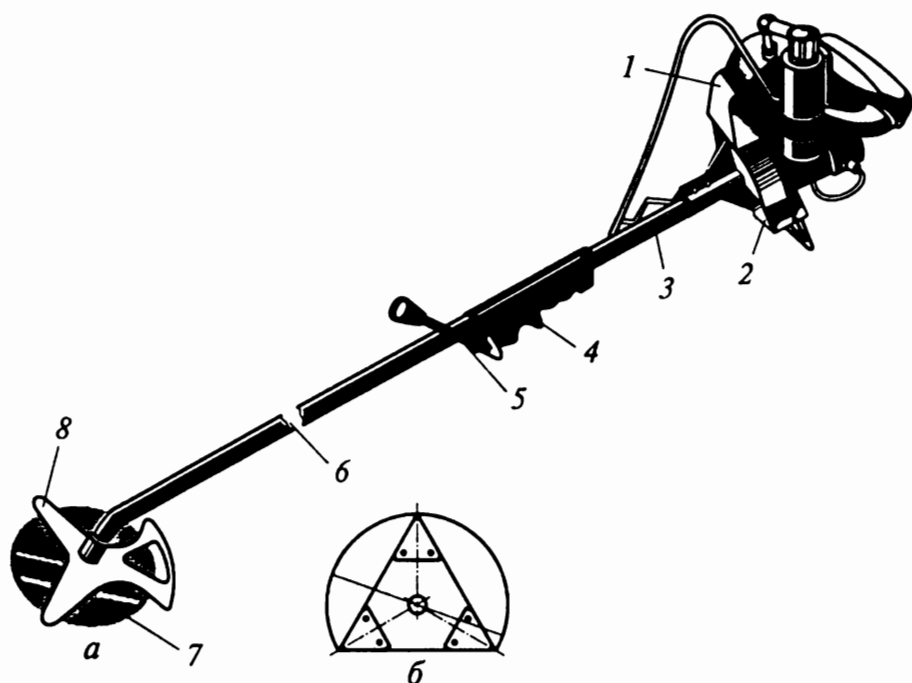


Рис. 12.4. Мотокусторез активного действия «Секор»:

a — устройство: 1 — двигатель; 2 — центробежная муфта; 3 — ствол; 4 — рычаг управления; 5 — рукоятка; 6 — вал; 7 — дисковая пила; 8 — кожух; б — косилочный резец

каркас сдвигают их в стороны. Наиболее качественно кусторез работает при отрицательной температуре окружающего воздуха и при небольшом снежном покрове.

При строительстве малых гидромелиоративных объектов применяются ручные моторизованные инструменты.

Мотокусторез активного действия «Секор» (рис. 12.4) состоит из двигателя 1, трубчатого кожуха 8, дисковой пилы 7. Привод на рабочие органы передается от двигателя через центробежную муфту 2 и гибкий вал 6, размещенный в стволе 3. Кожух 8, предохраняющий рабочий орган, расположен на конце ствола, на котором также расположены рукоятка управления 5 и рычаг управления 4 дроссельной заслонки карбюратора.

Во время работы с помощью плечевого ремня кусторез подвешивается на плечо оператора. Оператор правой рукой управляет движением рабочего органа, поддерживая левой рукой срезанные ветки или небольшие деревья. С помощью косилочного диска можно скашивать траву.

Мощность двигателя — 0,88 кВт, рабочий диаметр пильного диска — 250 мм, масса — 8,8 кг. Аналогично работает кусторез «Секор 3», имеющий более мощный двигатель (2,57 кВт).

Аналогичный кусторез фирмы «Хускварна» 235Р снабжен триммерными головками, трех- или четырехлопастными металлическими ножами, режущими дисками с большим количеством зу-

бьев для резки кустарника и тонкомерной древесины и другим рабочим оборудованием.

Так же оборудованы кусторезы зарубежных фирм «Олео-Мак» (ТР-130, 740Т, 753Т и др.), МТД, «Крафтсман», «Стига» и др.

12.2. Землеройно-транспортные и землеройные машины

При проведении земляных работ используются специальные землеройно-транспортные и землеройные машины, к которым относятся бульдозеры, скреперы, грейдеры, экскаваторы и другие машины.

Бульдозеры. Бульдозер представляет собой универсальную землеройно-транспортную машину, состоящую из пневмоколесного или гусеничного трактора, оснащенного навесным оборудованием и органами управления.

Навесное оборудование гусеничного бульдозера (рис. 12.5) состоит из отвала с ножами 5; толкающей рамы 9 с подкосами 7, к которым крепится отвал; привода 2, обеспечивающего подъем и опускание отвала во время работы, а в отдельных моделях бульдозеров — также и изменение отвала в плане. Рабочий процесс буль-

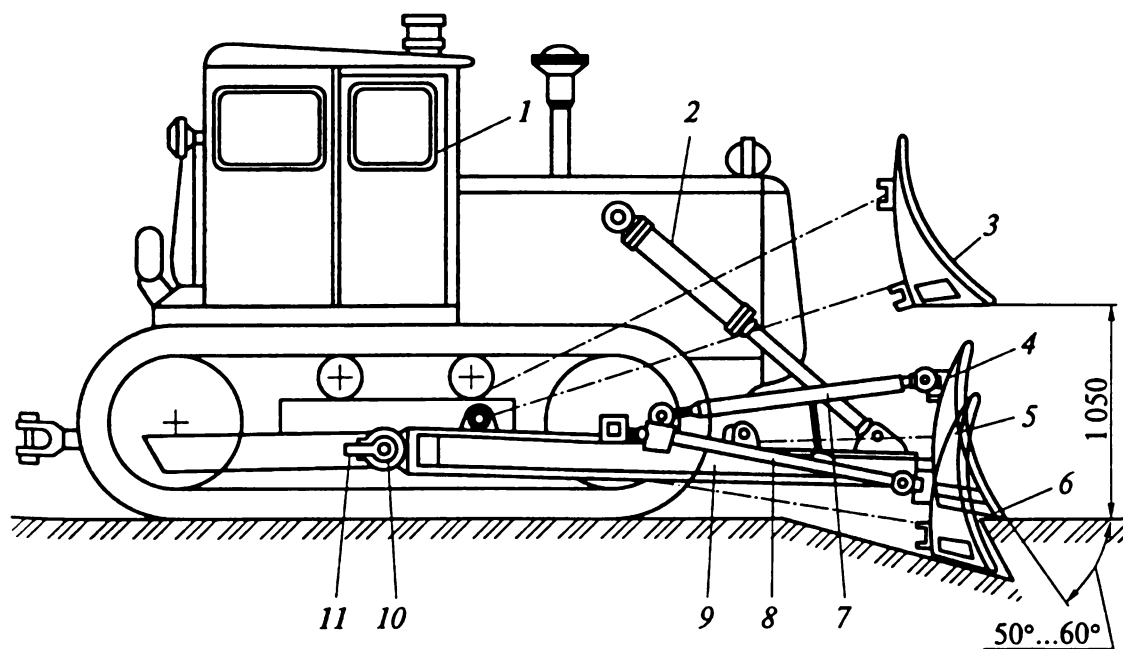


Рис. 12.5. Гусеничный бульдозер:

1 — кабина; 2 — привод подъема и опускания отвала; 3 — верхнее положение отвала; 4, 5 — среднее положение отвала; 6 — рабочее положение отвала в период резания грунта; 7 — верхний подкос отвала; 8 — нижний подкос отвала; 9 — толкающая рама; 10 — шарнир крепления рамы; 11 — крепление шарнира

дозера состоит из резания грунта и транспортирования его на расстояние не более 100 м.

Бульдозерами можно производить расчистку полосы отвода с удалением кустарника, деревьев, крупных камней, растительного слоя, снега; планировку различных строительных площадок, перемещение и разравнивание грунтов в насыпях, отсыпаемых другими машинами; перемещение экскаваторных и скреперных отвалов в кавальеры; разработку и создание насыпей при перемещении грунтов из боковых резервов; засыпку ям и оврагов; устройство дорог и проездов; разработку песчаных и гравийных карьеров; перемещение и погрузку сыпучих материалов (песка, гравия, щебня и т.д.) в карьерах и на складах.

По тяговым показателям базовых машин бульдозеры подразделяются на сверхлегкие, легкие, средние, тяжелые и сверхтяжелые.

К сверхлегким относятся бульдозеры с классом тяги до 9 кН и мощностью 7,0... 18,5 кВт, к легким — с классом тяги 0... 14 кН и мощностью 37,0... 60 кВт, к средним — с классом тяги 60... 150 кН и мощностью 103... 154 кВт и т.д.

К основным схемам выполнения работ бульдозерами относятся прямая и боковая разработка грунта; разработка грунта ступе-

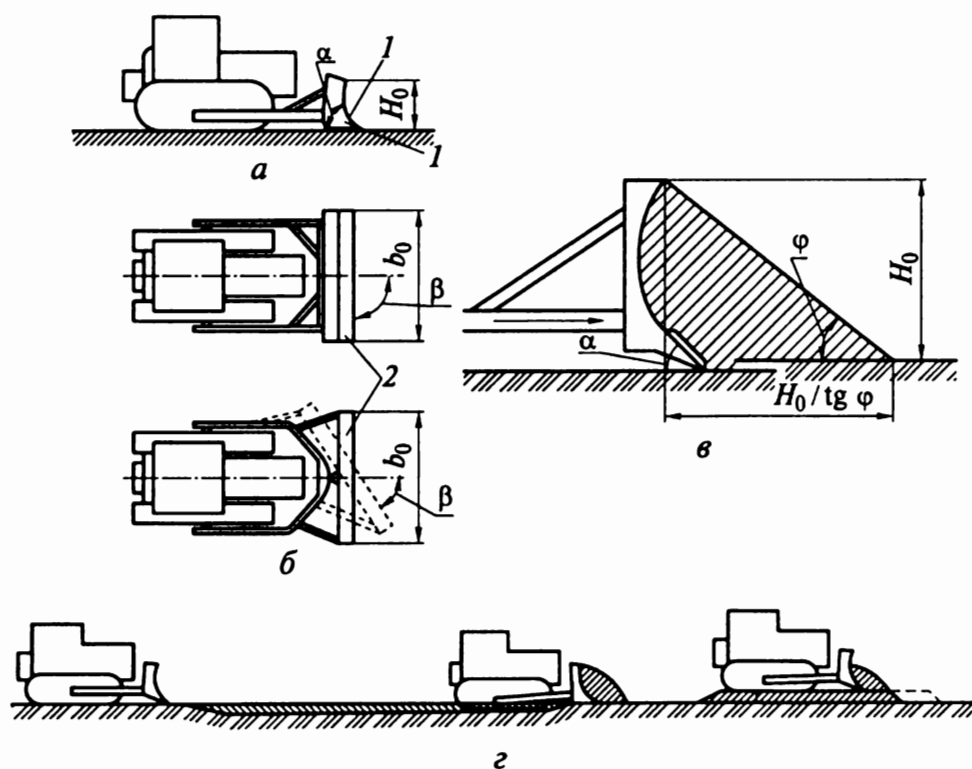


Рис. 12.6. Схемы работы бульдозеров при разработке грунта:

a — с неповоротным отвалом 1; *б* — с поворотным отвалом 2 (универсальный); *в* — схема для определения объема грунта перед отвалом бульдозера; *г* — схема набора, перемещения и отсыпки грунта

нями; срезка возвышенностей (холмы, бугры); засыпка оврагов, ям, траншей, пазух; планировка площадок; срезка откосов в выемках; возведение насыпей; устройство каналов при поперечном перемещении грунта и т. д. Схемы работы бульдозеров при разработке грунта приведены на рис. 12.6.

Объем грунта q , который может быть набран перед отвалом, зависит в основном от линейных размеров отвала бульдозера:

$$q = 2H_0^2 b_0 \sin \beta K_n \operatorname{tg} \varphi,$$

где H_0 — высота отвала, м; b_0 — ширина отвала, м; β — угол захвата, °; K_n — коэффициент заполнения емкости перед отвалом бульдозера в долях единицы от наибольшего возможного заполнения ($K_n \approx 0,6 \dots 0,8$); φ — угол естественного откоса грунта ($30 \dots 40^\circ$).

Выбор схемы движения при производстве гидромелиоративных работ определяется из условия наименьших затрат времени на холостые пробеги, переключение скоростей и повороты.

Участки широких поверху каналов в выемке на глубину до 1,5...2,0 м можно разрабатывать бульдозерами при движении их по поперечной схеме. При этом сечение выемки получается криволинейным и для проведения его к трапецеидальному профилю требуется последующая доработка.

Каналы, имеющие ширину поверху, не позволяющую вести поперечную разработку, а ширину по дну, соответствующую ширине захвата отвала бульдозера, можно разрабатывать по продольно-поперечной схеме. При этом способе один бульдозер срезает и перемещает грунт продольными ходами к границе двух разрабатываемых участков канала, а затем другой бульдозер поперечными ходами выносит грунт за пределы выемки.

Бульдозеры применяют для перемещения грунта, вынутого из выемки экскаваторами, а также для разравнивания грунта в отвалах, отсыпанных экскаваторами или транспортными средствами.

Бульдозеры можно применять для отсыпки общей подушки из закладываемых вдоль трассы резервов при строительстве магистральных, распределительных каналов и каналов разводящей сети на участках с подсыпным дном. При этом отсыпку ведут послойно с уплотнением каждого слоя.

Бульдозерами разравнивают грунт, отсыпанный в профильные насыпи самосвалами, тракторными тележками, большегрузными скреперами и другими транспортными средствами.

Бульдозеры используют также для зачистки и планировки поверхности дна и откосов каналов и котлованов, которые после разработки другими машинами получаются неровными.

При большей крутизне откосов применяют бульдозер со сменным откосником, прикрепляемым к отвалу.

Бульдозеры применяют при проведении различных вскрышных работ; работ, связанных с отсыпкой грунта в воду; при перекрытии русел рек, каналов, засыпке промоин, дамб, каналов и др.

При установке отвала с углом захвата, не равным 90° , бульдозер можно использовать на засыпке траншей с трубопроводами, дренажных устройств ликвидируемых каналов, при устройстве террас и выемок на косогорных участках, при профилировании полотна грунтовых дорог и т.д. Все эти работы выполняют без затраты времени на повороты и холостые пробеги, которые характерны для тех же работ, выполняемых обычным бульдозером по поперечной схеме.

Резание грунта может осуществляться как на горизонтальных участках или спусках, так и при движении на подъем. Длина пути набора грунта в среднем равна 6...10 м, длина прямолинейного перемещения грунта находится в пределах 100 м. Грунт может укладываться бульдозером либо в виде отдельных валов, либо послойно в качественные насыпи. В процессе производства работ бульдозер часто перемещает грунт из выемки по откосу насыпи вверх или выполняет планировку откосов.

Эксплуатационная производительность бульдозеров P_3 , $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле

$$P_3 = 1/3 abhn K_n K_p \cdot 1/K_p K_v K_{укл},$$

где a, b, h — геометрические размеры призмы волочения грунта перед отвалом, м (определяются замером в натуре); n — число циклов за 1 ч работы; K_n — коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунта перед отвалом (для отвалов без открылок $K_n = 0,9$; для отвалов с открылками $K_n = 1,2$); K_p — коэффициент потери грунта при транспортировании его к месту отсыпки, зависящий от дальности перемещения ($K_p = 1,00 \dots 0,05$); K_r — коэффициент разрыхления грунта ($K_r = 1,05 \dots 1,35$); K_v — коэффициент использования рабочего времени ($K_v = 0,85 \dots 0,90$); $K_{укл}$ — коэффициент, учитывающий работу бульдозера под уклон или на подъем (при работе под уклон от 0 до 7° $K_{укл} = 1,0 \dots 2,0$; при работе на подъем от 0 до 7° $K_{укл} = 1,0 \dots 0,5$).

Число циклов за 1 ч работы определяется следующим образом:

$$n = 3600/t_{ц},$$

где $t_{ц}$ — продолжительность цикла работы бульдозера.

Продолжительность цикла работы бульдозера определяется по формуле

$$t_{ц} = l_1/v_1 + L/v_2 + L/v_3 + t_0 + t_1,$$

где l_1 — длина пути зарезания для набора необходимого объема грунта перед отвалом, м; v_1, v_2, v_3 — соответственно скорости перемещения бульдозера в процессе зарезания грунта, перемеще-

ния его к месту отсыпки и обратного хода машины, м/с; L — длина перемещения грунта к месту его отсыпки и обратного хода, м; t_0 — время, затрачиваемое на переключение передач, опускание и подъем отвала, с (принимается равным 20...30 с); t_1 — время, затрачиваемое на разгрузку отвала при отсыпке грунта, с.

Скреперы. Скреперы предназначены для послойного срезания грунта с поверхности разрабатываемых участков, транспортирования его к месту назначения, послойной отсыпки в возводимые сооружения (насыпи и др.), а также для разработки различного рода выемок, выполнения планировочных и других работ. Скреперами разрабатывают самые разнообразные грунты — от песчаных до тяжелых глинистых, включая и мерзлые грунты с предварительным их рыхлением.

В дорожном строительстве применяют скреперы двух типов: прицепные двухосные к двухосным колесным или гусеничным тягачам, включая тракторы, и полуприцепные или самоходные одноосные к одноосным колесным тягачам.

По вместимости ковша скреперы бывают малой вместимости (от 3,2 до 4,5 м³), средней вместимости (от 6,3 до 8,0 м³), большой вместимости (от 10 до 25 м³ и более).

Предусматривается выпуск самоходных скреперов с ковшом вместимостью до 40 м³.

По способу загрузки ковша скреперы могут быть с загрузкой от силы тяги базового трактора или тягача скрепера в процессе резания грунта или с загрузкой от элеваторного устройства, смонтированного на скрепере. Преимущественное применение имеют скреперы с загрузкой от силы тяги базовой машины.

По способу разгрузки грунта из ковша скреперы могут быть со свободной (самосвальной) разгрузкой путем опрокидывания ковша вперед или назад по ходу движения скрепера; с полупринудительной передней разгрузкой; с полупринудительной донной разгрузкой; с принудительной разгрузкой.

При свободной разгрузке ковш с откинутой заслонкой опрокидывается вперед или назад по ходу движения машины; при этом грунт под действием собственной тяжести высыпается из ковша. Переувлажненные и липкие грунты при загрузке налипают на стенки и днище ковша и полностью не выгружаются, что снижает производительность скрепера.

При полупринудительной передней разгрузке днище и задняя стенка ковша, представляющие собой сборочный узел, опрокидываются вперед по ходу машины. При поднятой заслонке и опрокидывании днища совместно с задней стенкой грунт сначала вытесняется из ковша вперед по ходу машины, а в конце разгрузки под действием собственной тяжести ссыпается с днища. При этом способе разгрузки между днищем и задней стенкой ковша грунт может налипать и оставаться в ковше, что отрицательно

сказывается на производительности скрепера, хотя и в меньшей степени, чем при свободной разгрузке.

При принудительной донной разгрузке днище и задняя стенка, подвешенные на шарнирах к боковой стенке ковша, опрокидываются вперед по ходу движения машины. Когда заслонка поднята, грунт сначала высыпается из передней части ковша, а затем при опрокидывании днища высыпается в проем, который образуется между кромкой днища и подножевой плитой ковша. При этом способе разгрузки незначительная часть грунта все же остается в ковше, в углу стыка днища и задней стенки. Принудительная разгрузка производится, когда поднята заслонка и выдвинутая задняя стенка ковша принудительно вытесняет грунт вперед по ходу движения машины. При этом ковш скрепера разгружается без остатка даже при наличии переувлажненных и липких грунтов.

Преимущество свободной разгрузки — простота конструкции; недостаток — неполная разгрузка ковша, особенно при работе на переувлажненных и вязких грунтах. Свободная разгрузка применяется в скреперах с ковшами небольшой вместимости, а принудительная — в скреперах с ковшами средней и большой вместимости.

Самоходные полуприцепные скреперы, базовыми машинами для которых служат одноосные автотягачи повышенной мощности, в 2—2,5 раза производительнее, чем прицепные скреперы, работающие в сцепке с гусеничными тракторами. Самоходные скреперы предназначены для разработки грунтов I, II и III групп и транспортирования их на расстояние 300...3 000 м. Если скорость транспортирования грунта прицепными скреперами составляет 8...12 км/ч, то скорости транспортирования самоходными скреперами могут достигать 40...50 км/ч. Рабочий план самоходных скреперов в зависимости от расстояния транспортирования грунта составляет 5...30 мин; при этом время, требуемое на наполнение ковша, не превышает 1...2 мин, а остальное время расходуется на транспортирование грунта и обратное следование машины к забою.

Эксплуатационная производительность скреперов $P_э$, м³/ч, определяется по формуле

$$P_э = 3\,600 / t_{ц} q K_{н} K_{в} / K_{р},$$

где $t_{ц}$ — продолжительность цикла работы скрепера, с; q — геометрическая вместимость ковша скрепера, м³; $K_{н}$ — коэффициент наполнения ковша, зависящий от группы грунта и его состояния, от способа загрузки ковша, работы скрепера без толкача или с толкачом и других факторов ($K_{н} = 0,80 \dots 0,12$); $K_{в}$ — коэффициент использования рабочего времени ($K_{в} = 0,85 \dots 0,90$); $K_{р}$ — коэффициент разрыхления грунта ($K_{р} = 1,2 \dots 1,4$).

Продолжительность полного рабочего цикла скрепера складывается из отдельных операций. Полный цикл работы скрепера может быть выражен следующей зависимостью:

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где t_1 — продолжительность набора грунта в ковш, с; t_2 — продолжительность перемещения скрепера к месту укладки грунта, с; t_3 — продолжительность разгрузки грунта из ковша, с; t_4 — продолжительность перемещения скрепера забоя, с; t_5 — продолжительность поворотов, переключения передач и других затрат времени, принимаемая в среднем за 60 с.

Продолжительность отдельных операций определяется из следующих выражений:

$$t_1 = l_1 / v_1; t_2 = l_2 / v_2; t_3 = l_3 / v_3; t_4 = l_4 / v_4,$$

где l_1 — длина пути наполнения ковша грунтом, м; v_1 — скорость движения скрепера при наполнении ковша грунтом, м/с; l_2 — длина транспортирования грунта к месту укладки, м; v_2 — скорость движения скрепера к месту разгрузки; l_3 — длина пути разгрузки из ковша, м; v_3 — скорость движения скрепера при разгрузке ковша, м/с; l_4 — длина перемещения порожнего скрепера к месту забоя, м; v_4 — скорость перемещения скрепера в порожнем состоянии к забою, м/с.

Сменная эксплуатационная производительность Π_s скрепера может быть определена из следующей зависимости:

$$\Pi_s = N(60qK_nK_b/t_{\text{ц}}K_p),$$

где N — количество часов в смене.

Грейдеры и автогрейдеры. Грейдеры и автогрейдеры широко применяются в дорожном и гидромелиоративном строительстве. Для грейдеров и автогрейдеров рабочий режим характеризуется низкими скоростями (3,0...4,5 км/ч). Холостой пробег выполняется при скорости 15 км/ч, а транспортные скорости достигают 30...45 км/ч.

В мелиоративном строительстве грейдеры и автогрейдеры применяют при производстве планировочных работ, для разравнивания отсыпанного в насыпь грунта, при зачистке откосов выемок и насыпей, при профилировании полотна проезжей части грунтовых дорог, для снятия растительного грунта, нарезки каналов мелкой оросительной сети, при устройстве элементов (небольшие насыпи, валики, подушки и т.д.) каналов мелкой оросительной сети. В настоящее время для производства этих работ, как правило, используются автогрейдеры (рис. 12.7).

Автогрейдеры классифицируются по мощности двигателя и массе (табл. 12.2), по системе управления рабочим органом (механическая, гидравлическая, комбинированная, или пневмоэлект-

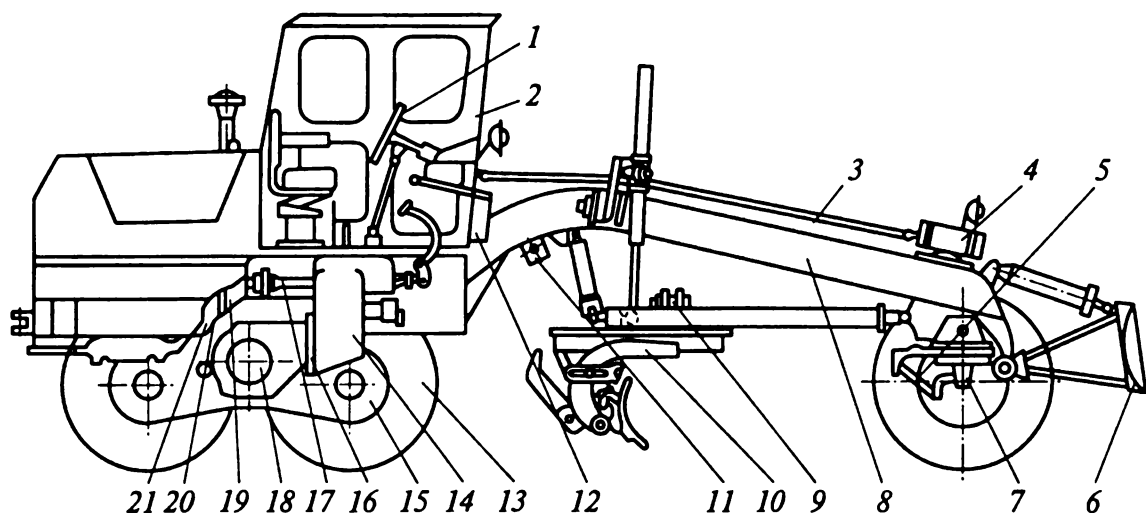


Рис. 12.7. Схема автогрейдера:

1 — рулевое колесо; 2 — кабина; 3 — карданная передача; 4 — рулевой механизм; 5 — механизм поворота колес; 6 — бульдозерный отвал; 7 — опора переднего колеса; 8 — рама; 9 — система автоматического устройства; 10 — рабочий орган; 11 — распределитель; 12 — гидравлическая система; 13 — ходовые колеса; 14 — коробка передач; 15 — балансир; 16, 17 — соединительные валы; 18 — задний мост; 19 — муфта сцепления; 20 — коробка отбора мощности; 21 — двигатель

рическая), по системе ходового оборудования (двумя или тремя колесными осями), по длине отвала: легкие (2,5... 3,5 м), тяжелые (3,5... 4,5 м).

К легким автогрейдерам относятся грейдеры ДЗ-40, ДЗ-40 А, Б, ДЗ-61 и другие; к средним и тяжелым — ДЗ-31, ДЗ-69, ДЗ-98 и др.

Наибольший экономический эффект дает использование этих машин при возведении насыпей до 0,6... 0,7 м. Их работа сводится к выполнению трех основных операций: зарезание, перемещение и разравнивание грунта, причем перемещение грунта из резерва является одной из основных операций и составляет 65... 75 % от общего числа проходов. Возведение насыпи производится послойно с постепенным наращиванием ее высоты.

Таблица 12.2

Классификация автогрейдеров по мощности двигателя и массе

Тип автогрейдера	Мощность двигателя, кВт	Масса машины, т
Легкий	40... 55	7... 9
Средний	60... 91	10... 12
Тяжелый	110... 147	13... 15
Особо тяжелый	176 и более	17... 23

Основным рабочим органом автогрейдера (грейдера) является отвал, который может быть полноповоротным (в плане) или неполноповоротным. С помощью ряда механизмов его можно перемещать вверх, заглублять в грунт, устанавливать в плане на требуемый угол, выдвигать относительно рамы в обе стороны, изменять его угол зарезания, а также выносить нож в сторону вместе с тяговой рамой и устанавливать под различными поперечными углами, что необходимо при разработке косогоров и кюветов.

Глубина резания изменяется подъемом или опусканием рабочего органа. При неодинаковом заглублении правой и левой стороны отвала происходит изменение угла зарезания. Это дает возможность вырезать грейдером профильные выемки в грунте с определенными откосами.

Установка отвала под нужным углом захвата позволяет смещать грунт в сторону от полосы, по которой проходит грейдер. При угле захвата 90° отвал грейдера перемещает грунт впереди себя, как бульдозер с неповоротным отвалом. Грейдер с таким положением отвала планирует поверхность, разравнивает грунт, отсыпанный другими машинами, перемещает грунт при поперечной разработке и выполняет другие операции, не требующие смещения грунта в сторону. При других значениях угла захвата грунт ножом будет перемещаться вдоль отвала в сторону от места прохода грейдера. Так осуществляются снятие растительного грунта в основании насыпных сооружений, перемещение грунта в стороны из нарезаемых сечений выемок, профилирование полотна дорог. Угол резания выбирают в соответствии с грунтовыми условиями.

Вынос или перестановку отвала в стороны и перемещение основной рамы осуществляют для того, чтобы задние колеса грейдера не набегали на вал грунта, смещенный отвалом в сторону, и чтобы удалить колеса от бровки выемки при работе грейдера вблизи откоса. Изменение наклона колес необходимо во время работы на наклонных участках, а также при нарезке каналов и кюветов, когда колеса одной стороны грейдера будут катиться по дну выемки, а другой — по поверхности грунта.

Работу на легких грунтах целесообразно вести отвалом, снабженным удлинителем, увеличивающим ширину полосы захвата. Планировку откосов небольшой высоты выполняют специальным откосником.

В зависимости от вида выполняемых работ производительность грейдера можно выражать в различных единицах: $\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^2/\text{ч}$, $\text{м}/\text{ч}$. При разработке сечений каналов мелкой сети, отсыпке подушек, валиков, снятии растительного грунта производительность P обычно выражают, как для машины циклического действия, в единицах объема ($\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{смену}$):

$$\Pi = VnK_b,$$

где V — объем грунта, разрабатываемый грейдером за один проход, на длине гона L , м³; n — число проходов грейдера за 1 ч; K_b — коэффициент использования рабочего времени.

Объем грунта, разрабатываемый грейдером за один проход, на длине гона L определяют по формуле

$$V = fL,$$

где f — площадь поперечного сечения стружки, м².

Для повышения производительности грейдеров необходимо увеличивать ширину захвата и глубину резания; применять высокие скорости передвижения грейдера (уменьшать или полностью исключать холостые пробеги и число поворотов грейдера); улучшать использование машины и повышать ее общий коэффициент использования рабочего времени K_b .

Производительность автогрейдера определяется его основными параметрами: размерами ножа, мощностью двигателя, тяговым усилием на колесах и условием работы (характером грунта, технологией работ и т.д.). Производительность автогрейдера измеряется объемом вырезанного и перемещенного грунта за единицу времени, в километрах или квадратных метрах спроектированной дороги или площади. При возведении земляного полотна дороги высотой до 0,75 м производительность автогрейдера определяется по формуле

$$\Pi = 100LFK_b/2L(n_1/v_1 + n_2/v_2 + n_3/v_3) + 2t_n(n_1 + n_2 + n_3),$$

где L — длина участка, км; F — площадь сечения насыпи, м²; K_b — коэффициент использования рабочего времени ($K_b = 0,8 \dots 0,9$); n_1, n_2, n_3 — число походов в одном направлении соответственно при зарезании, перемещении и отделочных работах; v_1, v_2, v_3 — скорости, соответствующие этим проходам, км/ч (определяются тяговой характеристикой грейдера); t_n — продолжительность одного поворота в конце участка ($t_n = 0,08 \dots 0,10$).

Экскаваторы. Экскаваторы (от *лат.* ex + caveo — откапыватель) служат для разработки грунта и отличаются высокими рыхлящими способностями. Транспортирующая способность их невелика; она определяется радиусом действия этих машин. Экскаваторы классифицируются по назначению и мощности. Если машина проходит все операции в определенном порядке, повторяя их через некоторые промежутки времени, то она относится к машинам прерывного (циклического) действия; если машина производит все операции одновременно, то она относится к машинам непрерывного действия. К экскаваторам прерывного действия относятся одноковшовые, а к экскаваторам непрерывного действия — многоковшовые, фрезерные, скребковые экскаваторы. Рассмотрим одноковшовые и многоковшовые экскаваторы.

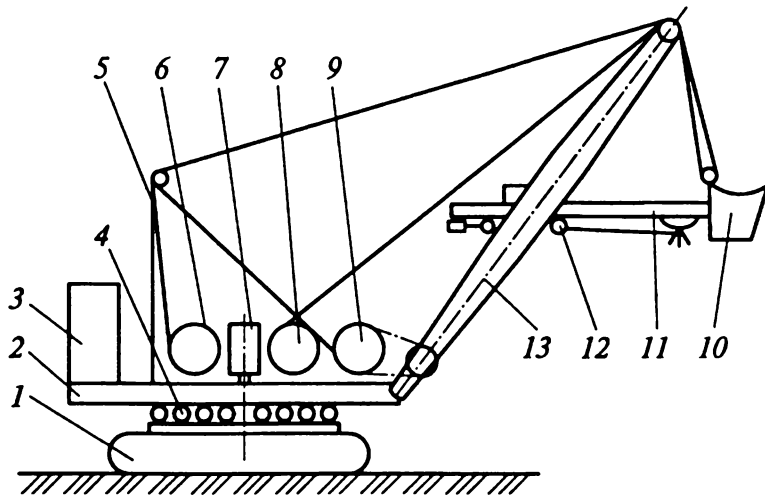


Рис. 12.8. Схема одноковшового экскаватора:

1 — ходовая часть; 2 — поворотная платформа; 3 — силовая установка; 4 — опорно-поворотное устройство; 5 — стойка; 6 — стрелоподъемный механизм; 7 — пульт управления; 8 — подъемный механизм; 9 — напорный механизм; 10 — ковш; 11 — рукоять; 12 — канатный механизм; 13 — стрела

Одноковшовые экскаваторы. *Одноковшовым универсальным экскаватором* называется машина циклического действия, предназначенная для выемки и перемещения грунтов и иных материалов с помощью одного из видов рабочего оборудования с одним ковшом и для выполнения погрузочных, свайбойных и прочих работ другими видами сменного рабочего оборудования. Рабочий цикл экскаватора определяется в следующей последовательности: копание грунта, перемещение заполненного ковша к месту разгрузки, разгрузка грунта из ковша в отвал или транспортное средство, перемещение ковша (поворот платформы) к забою, опускание ковша для подготовки к следующей операции копания.

Одноковшовый экскаватор (рис. 12.8) состоит из ходовой части 1, поворотной платформы 2 с силовой установкой 3 и основными кинематическими звеньями 4...9, 12, рабочего оборудования 10, 11, 13.

В зависимости от размера объектов гидромелиоративного строительства и условий работы могут применяться гусеничные, пневмоколесные, шагающие, плавучие, колесно-гусеничные экскаваторы, а также экскаваторы на рельсовом ходу. При работе на слабых грунтах чаще применяют уширенное или удлиненное гусеничное оборудование, наличие которого уменьшает удельное давление на грунт и улучшает проходимость экскаватора.

Поворотная платформа опирается на раму ходового устройства. Платформа поворачивается в горизонтальной плоскости относительно ходовой части. Угол поворота устройства в горизонтальной

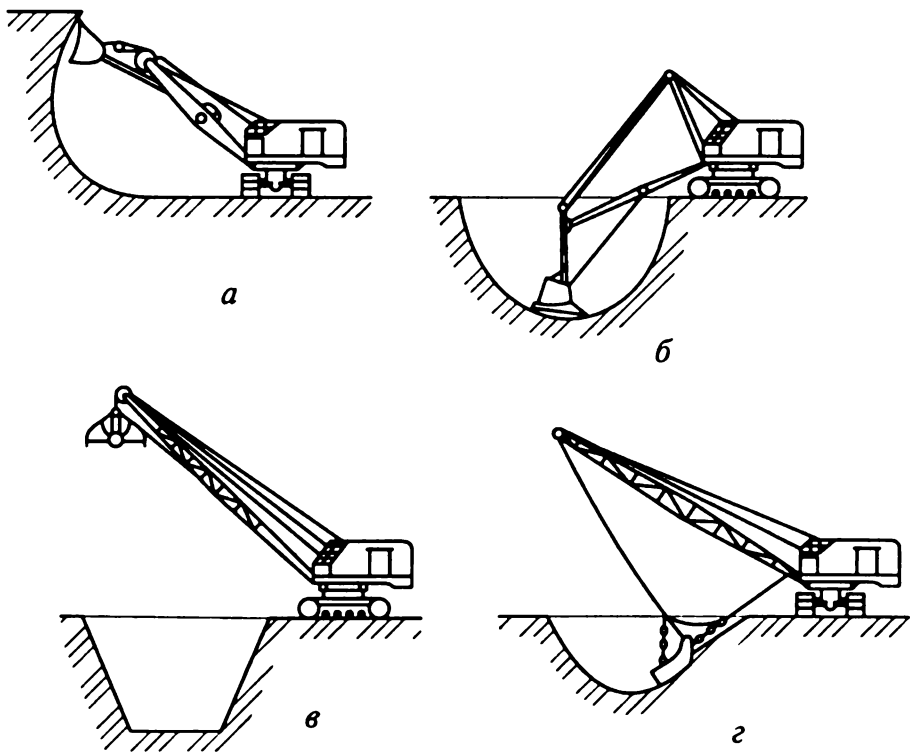


Рис. 12.9. Виды рабочего оборудования:

а — прямая лопата; *б* — обратная лопата; *в* — грейфер; *г* — драглайн

плоскости определяет возможность экскаватора быть полноповоротным или неполноповоротным. Поворотная часть полноповоротного экскаватора может вращаться вокруг своей оси на 360° . У этих машин на поворотной платформе смонтированы все силовые агрегаты, пульт управления, рабочее оборудование.

По роду силовой установки экскаваторы подразделяются на дизельные, электрические, дизель-электрические. В зависимости от способа управления экскаваторы могут быть с тросовым, гидравлическим, пневматическим, электрическим и смешанным управлением. По виду рабочего оборудования экскаваторы подразделяются на экскаваторы с жесткой шарнирно-скользящей связью ковша со стрелой («прямая лопата»), с жесткой шарнирной связью ковша со стрелой («обратная лопата»), с гибкой связью ковша со стрелой (драглайн, грейфер).

Экскаваторы с оборудованием «прямая лопата» (рис. 12.9, *а*) наиболее эффективно применяются при разработке котлованов, резервов; строительстве дорог с большим удельным объемом выемок; карьерных и вскрышных работах. Стрела экскаватора выполнена более короткой по сравнению с другими видами рабочего оборудования, что позволяет сократить цикл работы и увеличить производительность. Разработка грунта производится выше уровня стоянки экскаватора, поэтому основание забоя должно быть сухим.

Оборудование «обратная лопата» (рис. 12.9, б) используется для рытья узких траншей с вертикальными стенками для прокладки сетей связи и различных трубопроводов, небольших котлованов под фундаменты, мелких каналов. Экскаваторы с рабочим оборудованием «обратная лопата» разрабатывают грунт ниже уровня стоянки.

Оборудование «грейфер» (рис. 12.9, в) применяется для погрузочных работ, рытья котлованов с отвесными стенками, а также для работ под водой.

Оборудование «драглайн» (рис. 12.9, г) позволяет разрабатывать грунт на значительном расстоянии от места стоянки экскаватора. Его успешно применяют для рытья объемных котлованов, водоемов, траншей и др. Отличительной особенностью драглайна является то, что жесткая рукоять заменена гибким элементом. Рабочее оборудование состоит из стрелы и ковшей различной емкости, подвешиваемых к стреле при помощи подъемного и тягового канатов. Выемку грунта драглайн производит ниже уровня установки экскаватора.

Продолжительность цикла обычно на 10...20 % больше, чем при работе экскаватора с оборудованием «прямая лопата». Для ремонта каналов и ухода за ними при незначительном объеме наносов, наличии большой массы водной растительности и каменных включений экскаваторы оборудуют специальными ковшом (рис. 12.10), применение которых позволяет повысить производительность и качество работ. Это, как правило, поворотные ковши с увеличенным размером по ширине и малым радиусом копания (рис. 12.10, а); ковши с отверстиями (рис. 12.10, б), применяемые при очистке каналов из-под воды. Для очистки заросших каналов используют решетчатые ковши (рис. 12.10, в). Ковши-грабли (рис. 12.10, г) позволяют одновременно скашивать, собирать и удалять растительность. Ковши-грейферы с гидравлическим (рис. 12.10, е) замыканием челюстей позволяют очищать укрепленное дно каналов. Применяют также профильные ковши с поперечным наклоном (рис. 12.10, ж).

Отдельные модели экскаваторов, предназначенные в основном для строительства (с ковшами емкостью до 5 м³), снабжают различным сменным оборудованием не только для земляных, но и для монтажных, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и других работ. Такие экскаваторы обычно называются универсальными.

Если экскаватор имеет не более трех рабочих органов, от он называется полууниверсальным. Широкое распространение получают экскаваторы с гидроприводом (гидроэкскаваторы), у которых все виды рабочих органов шарнирно связаны с поворотной платформой и перемещаются с помощью гидроцилиндров, управляемых гидравлическими двигателями. Гидроэкскаваторы из-

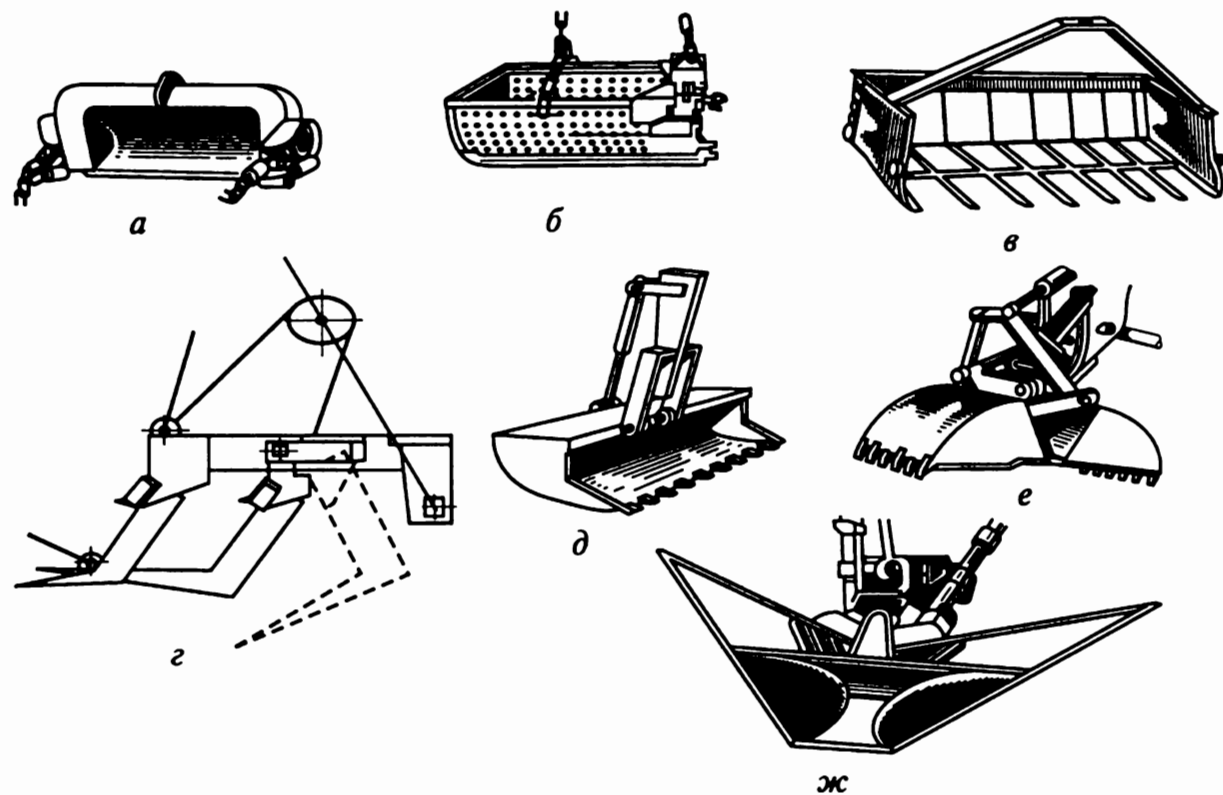


Рис. 12.10. Специальные ковши типа «драглайн»:

a — уширенный с прямолинейной режущей кромкой; *б* — с отверстием для вытекания воды; *в* — решетчатый с удлиненными зубьями для удаления подводной растительности; *г* — ковш-грабли типа «обратная лопата»; *д* — уширенный поворотный с гидроприводом; *е* — грейфер с гидроприводом; *ж* — профильный с поперечным наклоном

готовавливаются с ковшами малой (до $1,8 \text{ м}^3$), средней ($2...3 \text{ м}^3$) и большой ($3,2...6,0 \text{ м}^3$) емкости. Основное рабочее оборудование — «обратная лопата».

В зависимости от назначения одноковшовые экскаваторы подразделяются на строительные, карьерные, строительно-карьерные и вскрышные, тоннельные, плавучие и др. Наибольшее применение получили строительные экскаваторы (около 60 % экскаваторного парка).

В настоящее время насчитывается около 200 моделей данного типа. Они широко применяются в промышленном, жилищном, дорожном и водохозяйственном строительстве.

По объему ковша различают экскаваторы:

- универсальные малой мощности (емкость ковша — $0,25...1,80 \text{ м}^3$);
- полууниверсальные средней мощности (емкость ковша — $2...3 \text{ м}^3$);
- полууниверсальные большой мощности (емкость ковша — $3,25...6,00 \text{ м}^3$).

По грузоподъемности различают экскаваторы:

- универсальные малой мощности (грузоподъемность крана — $0,7...45,0 \text{ т}$);
- полууниверсальные средней мощности (грузоподъемность крана — $60...80 \text{ т}$);
- полууниверсальные большой мощности (грузоподъемность крана — $100...150 \text{ т}$).

Для более эффективного использования экскаваторов в мягких грунтах их снабжают ковшами увеличенной на (25...60 %) емкости, а в очень прочных грунтах — ковшами уменьшенной на (20...25 %) емкости. Экскаваторы малой мощности могут иметь как гусеничное, так и пневмоколесное ходовое оборудование. Гидравлические экскаваторы могут иметь индивидуальный или смешанный привод. Экскаваторы средней и большой мощности могут использоваться для разработки тяжелых грунтов в гидротехническом строительстве.

Грейферное оборудование предназначено для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, рытья котлованов с отвесными стенками, для работ под водой.

Теоретическая производительность P_T , $\text{м}^3/\text{ч}$, одноковшового экскаватора определяется как произведение геометрической емкости ковша q на конструктивно возможное (расчетное) число циклов n :

$$P_T = 600qn.$$

Число циклов определяют по формуле

$$n = 60/t,$$

где t — теоретическая продолжительность цикла, с.

Техническая производительность $P_{\text{тн}}$, м³/ч, — это наибольшая возможная производительность экскаватора при непрерывной работе в данных условиях:

$$P_{\text{тн}} = 60qnK_r,$$

где K_r — коэффициент влияния грунта.

Эксплуатационная производительность P_z учитывает время использования экскаватора и квалификацию машиниста и определяется по формуле

$$P_z = P_{\text{тн}}K_vK_m,$$

где K_v — коэффициент, учитывающий время использования экскаватора; K_m — коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста.

Многоковшовые экскаваторы. *Многоковшовые экскаваторы* представляют собой землеройные машины, имеющие в качестве рабочего органа многоковшовую цепь или роторное колесо с ковшами, жестко закрепленными по периметру. Для работы в городском зеленом хозяйстве применяются рабочие органы в виде многоковшовой цепи. Их используют для рытья траншей под живую изгородь, при выкопке деревьев в зимнее время, для укладки труб и др.

Многоковшовые и фрезерные экскаваторы — машины непрерывного действия. Операции копания, транспортирования и разгрузки грунта они выполняют одновременно и непрерывно. В отличие от одноковшовых экскаваторов они не являются универсальными машинами, так как применение их ограничено формой сечения или шириной выемки по дну, крутизной откосов, разработкой грунта сбоку или сзади по ходу экскаватора. Их используют в грунтах I, II, III групп при отсутствии валунов, пней.

Вследствие указанных причин многоковшовые и фрезерные экскаваторы получили значительно меньшее распространение, чем одноковшовые, хотя имеют существенные преимущества при выполнении многих видов земляных работ: равномерное по времени и полное использование мощности двигателей, точное профилирование выемок и ровность поверхности.

Для работы многоковшовых экскаваторов большинства типов требуется тщательная подготовка трассы, по которой они будут перемещаться.

В настоящее время имеется большое число типов машин непрерывного действия с различными рабочими органами в виде ковшей или скребков на цепях или роторах. Каждая из этих машин имеет узкую специализацию и может использоваться только для тех условий и тех размеров выемок, для которых она предназначена.

По характеру работы все многоковшовые экскаваторы можно подразделить на три группы:

- машины, разрабатывающие выемку определенного размера за один проход (рис. 12.11) (траншейные цепные, роторные экскаваторы, двухроторные, двухфрезерные и шнекороторные экскаваторы-каналокопатели);

- многопроходные машины, образующие выемку заданных размеров за серию последовательных проходов по одному и тому же месту (цепные мелиоративные экскаваторы на гусеницах и карьерные цепные поперечного черпания с рельсовым ходом);

- многоковшовые роторные строительные и карьерные экскаваторы, работающие позиционно, с выгрузкой грунта в транспортные средства.

Наиболее широко в мелиоративном строительстве распространены траншейные экскаваторы, используемые для рытья траншей с вертикальными стенками под трубчатый горизонтальный дренаж и трубопроводы различного назначения (рис. 12.11, а, б).

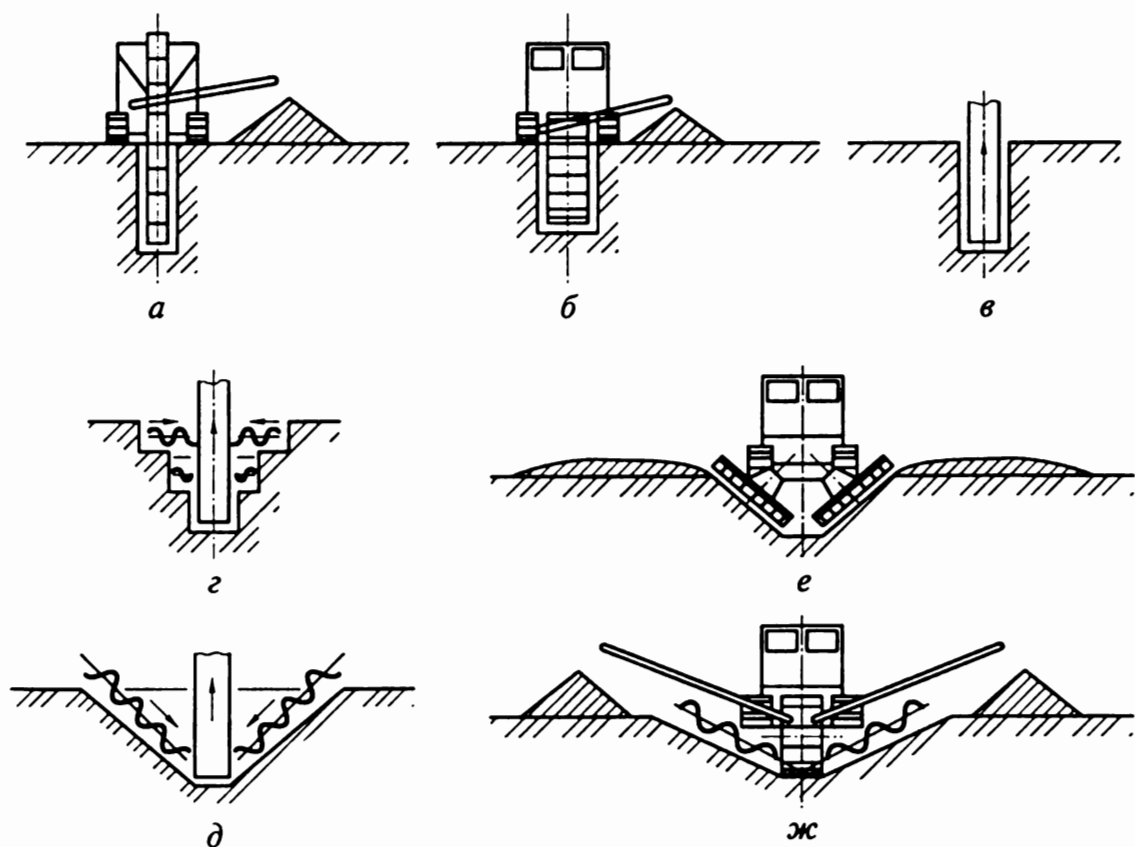


Рис. 12.11. Поперечные сечения выемок, образуемых многоковшовыми экскаваторами за один проход вдоль оси:

а — траншейными цепными экскаваторами продольного копания; б — траншейными роторными экскаваторами; в... д — траншейными цепными экскаваторами при использовании шнековых откосообрушителей; е — двухроторными или двухфрезерными каналокопателями; ж — шнекороторными каналокопателями

Для производства таких работ экскаваторы оборудуют устройствами для выдерживания заданного уклона дна траншеи и для полуавтоматической или автоматической укладки трубок. При работе в неустойчивых грунтах траншейные экскаваторы снабжают специальными шнековыми обрушителями, позволяющими получить либо ступенчатый, либо ровный откос (рис. 12.11, *в...д*). Для разработки грунта в выемках некрупных каналов применяются специализированные экскаваторы-каналокопатели (рис. 12.11, *е, ж*). При их использовании следует иметь в виду, что двухроторные и шнекороторные экскаваторы (типа ЭТР-126, ЭТР-206, ЭТР-301) предназначены для работы на непереувлажненных грунтах с хорошей несущей способностью, а двухфрезерные (типа ЭТР-125, ЭТР-172) — для работы на торфянистых и легких влажных минеральных грунтах.

Из многоковшовых экскаваторов поперечного черпания, ведущих послойную разработку за большое число проходов по одному и тому же месту, находят применение мелиоративные оригинальные машины с раздвижными гусеницами. Широкая колея обеспечивает довольно хорошее качество сечения канала. Машины этого типа могут работать как с проходом гусениц по обеим бермам выемки канала, так и разработкой сечения между гусеницами (с размещением обеих гусениц на одной берме и разработкой выемки сбоку от машины).

Разработка грунта многоковшовыми экскаваторами поперечного черпания для планировки откосов земляных сооружений возможна и выше, и ниже уровня стояния экскаваторов.

Полноповоротные роторные экскаваторы большой производительности можно применять для устройства выемок больших размеров с разработкой грунта выше или ниже уровня стояния преимущественно с погрузкой в транспортные средства. При разработке грунта выше уровня стояния забой полноповоротного роторного экскаватора аналогичен забою прямой лопаты, а при разработке ниже поверхности стояния — напоминает забой обратной лопаты.

Траншейный многоковшовый экскаватор — бара, как правило, навешивается на колесный трактор или малогабаритное тягловое средство. Рабочий орган цепного многоковшового экскаватора состоит из ковшовой рамы, по направляющим которой перемещается цепь с ковшами. Боковые шнеки перемещают грунт в транспорт или в отвал. Скорости движения ковшовой цепи и машины должны быть согласованы с емкостью ковша и глубиной забоя, чтобы ковш, проходя путь забоя, смог к моменту выхода наполниться. В табл. 12.3 приведены технические характеристики баровых машин.

Для ковшовых экскаваторов непрерывного действия производительность P_3 , $m^3/ч$ ($m^3/ч$) определяется из выражения

$$\Pi_3 = \frac{60qv_{\text{ц}}K_{\text{н}}K_{\text{р}}K_{\text{с}}}{1\,000a}K_{\text{в}},$$

где q — геометрическая вместимость ковша, л; $v_{\text{ц}}$ — скорость движения цепи, или окружная скорость ротора, м/мин; $K_{\text{н}}$ — коэффициент наполнения ковшей; $K_{\text{р}}$ — коэффициент приведения грунта к первоначальной плотности; $K_{\text{с}}$ — коэффициент, характеризующий трудность разработки грунта; a — шаг ковшей, м; $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования рабочего времени.

Произведение $K_{\text{н}} \times K_{\text{р}} \times K_{\text{с}}$ имеет следующие значения: для грунтов I группы — 0,915; для грунтов II группы — 0,835; для грунтов III группы — 0,72; для грунтов IV группы — 0,65.

В общем виде справедливо равенство

$$\frac{qK_{\text{н}}K_{\text{р}}}{1\,000} = Lhb_{\text{к}},$$

где L — длина пути наполнения ковша, м; h — толщина стружки, м; $b_{\text{к}}$ — ширина режущей кромки ковша, м.

Теоретическую производительность многоковшовых экскаваторов определяют по формуле

$$\Pi_{\text{т}} = 60qn,$$

где q — емкость ковша, м; n — число разгрузок за 1 мин.

Таблица 12.3

Технические характеристики баровых машин

Показатель	Марка машины				
	БГМ-1	БГМ-2	ЭТЦ-75	БТ-150	ЭТУ
Базовый трактор	МТЗ-82	МТЗ-82	ДТ-75	Т-158	ЮМЗ-6АЛ
Категория грунта	IV... V	I... V	I... V	I... V	I... IV
Глубина прорезаемой траншеи, мм	1 600	1 600	1 600	1 500	1 300
Ширина прорезаемой траншеи, мм	140	140, 210, 270, 410	140, 210, 270, 410	270, 400, 500	200, 270
Масса, кг	6 500	6 500	9 560	5 400 (с оборудованием)	6 500

Каналокопатели. *Каналокопатель* — машина, предназначенная для строительства каналов за один или несколько проходов непрерывным способом. Каналокопатели бывают с активными (копирующая фреза, двухфрезерные, шнекороторные, отвально-роторные и др.), пассивными (плужные) и комбинированными рабочими органами. Каналокопатели состоят из базовой машины (трактор, самоходное шасси) и рабочего органа, навешенного сзади или сбоку. Канавокопатели МК-12 и МК-19 однотипные; они предназначены для нарезки временной оросительной и сбросной сети глубиной до 40 см и шириной по дну до 40 см, с высотой дамбы 40 см и шириной по верху до 120 см. Они агрегируются с тракторами класса 60 кН. Канавокопатели-заравниватели КЗУ-0,3 и КЗУ-0,5 предназначены для нарезки и заравнивания временной оросительной и сбросной сети с шириной каналов по дну 0,3 и 0,5 м соответственно. Механизм для нарезки временной оросительной сети состоит из двух сваренных между собой под углом 50° отвалов и укрепленных в их передней части лемехов и опорной лыжи, с помощью которой регулируют глубину хода. Механизм для заравнивания временных оросителей состоит из двух отвалов, установленных на универсальной раме и имеющих в нижней части продольные ножи.

Каналокопатель ЛКН-600 служит для устройства и ремонта осушительных каналов глубиной до 0,7 м, а также для прокладки противопожарных каналов. Рабочим органом является двухотвальный корпус плужного типа с черенковым ножом, установленным перед корпусом, и двумя бермоочистителями, которые отодвигают почву от края канавы по обе стороны. Используется каналокопатель ЛКН-600 на торфяных грунтах. Он агрегируется с тракторами Т-130 Г-3, ЛХТ-55М (ТДТ-55А), ЛХТ-100.

Плуг-канавокопатель ПКЛН-500А предназначен для прокладки канав глубиной до 0,5 м на вырубках и пустырях с избыточно увлажненными и сырыми почвами с целью осушения площадей и создания лесных культур по пластам. Его применяют также для устройства противопожарных минерализованных полос. Ширина канав по дну составляет 0,3 м; ширина берм — 0,3 м; заложение откосов — 1 : 1; масса — 750 кг. Агрегируется плуг-канавокопатель ПКЛН-500А с тракторами Т-130БГ-3, ЛХТ-4, ЛХТ-55М, ЛХТ-100, ДТ-75Б.

Плуг-канавокопатель состоит из рамы с навесным устройством, двухотвального корпуса плужного типа, черенкового ножа, двух бермоочистителей и ограничителя глубины — опорной лыжи. Корпус плуга имеет правый и левый отвалы, сваренные в передней части, съемный лемех, два ножа-откосника, формирующих откосы канавы под углом 45°.

Черенковый нож разрезает грунт и корни, облегчая работу плуга. Бермоочистители отодвигают вынутый грунт от краев ка-

навы, образуя берму. Кроме того, бермы служат для прохода трактора.

Способы уплотнения грунта. Процесс укладки грунта в профильные насыпи требует выполнения следующих строительных операций, неразрывно связанных друг с другом: подготовка основания под насыпь и под каждый укладываемый слой; насыпка-навал грунта; послойное разравнивание насыпанного грунта; доувлажнение и выдерживание грунта до равномерного распределения влаги; собственно уплотнение; срезка неуплотненных слоев грунта с откосов и перемещение его в тело основной насыпи (срезка бахромы). Существуют различные способы уплотнения грунта: механическое уплотнение; уплотнение при отсыпке грунта в воду; естественное самоуплотнение (при наличии времени до ввода сооружений в эксплуатацию).

Наибольшее распространение получило механическое уплотнение грунта машинами статического действия. К ним относятся катки с гладкими, кулачковыми, пневмошинными, решетчатыми рабочими органами. Это обусловлено простотой и надежностью оборудования, высокой производительностью и сравнительно низкой стоимостью.

Условия применения катков для уплотнения грунтов в насыпях представлены в табл. 12.4.

Основными показателями, характеризующими работу уплотняющих машин, являются толщина уплотняемого слоя; равномерность уплотнения по глубине слоя; необходимое число проходов по одному месту.

При выборе типа катка необходимо учитывать характер взаимодействия его рабочего органа с грунтом.

Катки с гладкими вальцами неравномерно передают нагрузку на грунт и неравномерно уплотняют его в пределах толщи уплотняемого слоя. Максимальные напряжения в грунте под гладким вальцом после каждого прохода увеличиваются в связи с уменьшением площади контакта вальца с грунтом.

Применение кулачковых катков на несвязных грунтах неэффективно из-за плохой уплотняемости и податливости разрушению при вдавливании кулачка. Нагрузка на один кулачок должна быть разрушающей для данного грунта, но не такой, чтобы кулачок вдавливался в грунт на всю высоту. По мере увеличения числа проходов и уплотнения грунта погружение кулачка должно уменьшаться. При взаимодействии с грунтом пневмошинных катков деформируется не только грунт, но и сама шина, что приводит к относительно равномерному распределению напряжений в грунте.

Оптимальная толщина слоя уплотняемого грунта зависит от вида катков, их параметров, влажности грунта и может быть определена по следующим формулам:

Условия применения катков для уплотнения грунтов в насыпях

Типы катков	Условия применения	Масса, т	Толщина слоя H_0 , м	Число проходов	
				Связные грунты	Несвязные грунты
С гладким вальцом	Несвязные грунты	3 ... 5	0,15	—	4 ... 10
Моторные с гладким вальцом	Несвязные грунты, в стесненных условиях	9 ... 18	0,25	—	4 ... 6
		5	0,25		4 ... 8
		9	0,3		4 ... 8
		18	0,3		4 ... 6
		30	0,4 (0,65)		4 ... 6
Кулачковые	Связные грунты	5	0,15	6 ... 14	—
		10	0,25	6 ... 14	
		25	0,4	6 ... 12	
		45	0,5	4 ... 10	
Пневмошинные	Любые грунты	30	0,4	6 ... 12	6 ... 12
Решетчатые	Связные комковатые, со смерзшимися комьями и гравелистые грунты	3	0,4	6 ... 10	—
Вибрационные	Несвязные грунты	6	0,6	—	3 ... 4

а) для гладких катков —

$$H_0 = A \frac{\omega}{\omega_0} \sqrt{qR};$$

б) для пневмошинных катков —

$$H_0 = A \frac{\omega}{\omega_0} \sqrt{qR};$$

в) для кулачковых катков —

$$H_0 = 0,65(L + 0,25b - h_1),$$

где A — коэффициент, полученный на основании экспериментальных исследований (для гладких катков на сыпучих грунтах $A = 0,4$; для гладких катков на связных грунтах $A = 0,3$; для пневмошинных катков на любых грунтах $A = 0,2$); ω — влажность уплотняемого грунта, %; ω_0 — оптимальная влажность грунта, %; q — усилие на единицу длины вальца, кН; R — радиус уплотняющего катка, см; L — длина кулачка, см; b — толщина кулачка, см; h_1 — толщина верхнего разрыхленного слоя после прохода кулачкового катка, см.

Схемы движения катков должны быть увязаны с размерами поперечного сечения возводимых насыпей. При небольшой ширине насыпей разворот катков на них невозможен и осуществляется за пределами насыпей. От края насыпи катки проходят не ближе 0,5 м, что приводит к образованию неуплотненной зоны по откосу. Неуплотненный грунт с откосов обычно срезают, направляя его в насыпи.

В качестве рабочих органов трамбуемых машин применяют трамбующие плиты разных размеров, массы и формы. Параметры трамбуемых машин для уплотнения грунта приведены в табл. 12.5.

Таблица 12.5

Параметры трамбуемых машин для уплотнения грунта

Типы машин	Масса трамбовки, т	Толщина уплотняемого слоя H_0 , м	Производительность, м ² /ч
Ручные пневматические и электрические трамбовки ($N = 0,25 \dots 1,5$ кВт)	0,0120...0,0075	0,3	1,5... 12,0
Плиты-трамбовки на базе одноковшовых экскаваторов	1,5... 3,0	0,8	30... 50
Трамбующие машины на базе гусеничных тракторов класса 60 кН (79 кВт)	1,3	1,2	300

Явление удара плиты о поверхность уплотняемого грунта происходит в короткий отрезок времени — от момента соприкосновения плиты с грунтом до момента прекращения погружения ее в грунт. За этот отрезок времени кинетическая энергия падающей плиты передается частицам грунта, вызывая их плотную укладку и нарастающее сопротивление, а следовательно, и изменяющуюся силу удара. Сила удара от максимального значения в момент соприкосновения с поверхностью грунта постепенно снижается до нуля. Сила удара прямо пропорциональна силе тяжести плиты и высоте падения и обратно пропорциональна продолжительности удара и глубине погружения за один удар.

Машины и механизмы вибрационного действия сообщают грунту частые колебательные движения. В результате колебательных движений и статической нагрузки от силы тяжести грунта и машины нарушаются связи между частицами грунта, происходит взаимное перемещение их и более плотная укладка. Эффект вибрации сильнее для разнородных по крупности частиц, так как они обладают разными силами инерции, что способствует их взаимному перемещению.

Влияние влажности в данном случае такое же, как и при уплотнении статической и динамической нагрузками. Вода способствует уменьшению связности и усиливает интенсивность вибрационного воздействия на грунт.

Под влиянием вибрации значительно изменяются условные коэффициенты внутреннего трения грунтов, причем тем больше, чем выше влажность и продолжительнее вибрация. Так, сухой мелкозернистый песок имеет коэффициент внутреннего трения до вибрации 0,50, во время вибрации — 0,07, а после нее — 0,85. Интенсивность уплотнения повышается с увеличением частоты колебаний. Особое значение имеет частота колебаний для связных грунтов.

Для уплотнения суглинистых грунтов частота колебаний должна быть не менее $50 \dots 60 \text{ с}^{-1}$. Поверхностное вибрирование эффективно для уплотнения грунтов с содержанием глинистых частиц до 6 %.

В производственных условиях применяют машины разных типов, уплотняющие грунт благодаря не только вибрации, но и комбинированному воздействию вибрации с укаткой, трамбовкой, увлажнением. Эффективность комбинированного воздействия на грунт значительно выше.

Для уплотнения грунта в насыпном и естественном состояниях на большую глубину используют стержневые электровибраторы, успешно работающие на песчаных и других рыхлых малосвязных грунтах при одновременной подаче в зону уплотнения воды. Однако большая стоимость уплотнения таким способом позволяет применять его только при невозможности уплотнения грунта обыч-

Параметры виброуплотняющих машин

Типы машин	Толщина уплотняемого слоя H_0 , м	Возмущающая сила, кН	Масса машины, т	Амплитуда колебаний, мм	Частота колебаний в минуту
Виброплиты	0,2 ... 0,6	11,8 ... 70,0	0,125 ... 2,000	—	1 100 ... 3 500
Вибротрамбовки	0,25 ... 0,50	11,0 ... 32,0	0,15 ... 0,60	3 ... 6	1 500
Виброкатки: самоходные прицепные	До 1,5	25 ... 50	4,2	0,6 ... 1,0	3 000 ... 4 000
	0,4 ... 1,2	25 ... 50	1,5 ... 6,0	3 ... 12	1 500 ... 2 000
Глубинные гидровибро- уплотнители	2 ... 10	12,5 ... 30,0	3 ... 12	0,05 ... 2,50	1 450

ными приемами. Параметры виброуплотняющих машин приведены в табл. 12.6.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные технологические мероприятия при производстве подготовительных работ на объекте гидромелиоративного строительства.
2. Какие машины и механизмы применяются для подготовки площадей под гидромелиоративные работы?
3. Как устроены и как работают мото- и электропилы?
4. В чем особенности работы кусторезов активного и пассивного действия?
5. Перечислите рабочие органы кусторезов.
6. Каково назначение и каковы особенности работы землеройно-транспортных и землеройных машин?
7. Как определить производительность землеройно-транспортных машин?
8. В каких случаях применяются прямая и обратная лопата одноковшового экскаватора?
9. В чем особенности работы многоковшовых экскаваторов?
10. Назовите способы уплотнения грунта.

БЕТОННЫЕ РАБОТЫ В ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

13.1. Бетон

Одной из целей применения бетонных конструкций является борьба с фильтрацией. Достаточно большие (до 40 %) потери оросительной воды на фильтрацию и поверхностное испарение из открытых каналов приводят к снижению КПД оросительной системы.

Для снижения этих потерь и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель при строительстве открытых каналов предусматривают противофильтрационные мероприятия.

В настоящее время из всех видов противофильтрационных мероприятий при устройстве каналов в практике водохозяйственного строительства наибольшее распространение получила облицовка из монолитного бетона. Она долговечна, надежна, позволяет практически полностью механизировать проводимые работы. Достаточно широкое применение получили также сборные облицовки из железобетонных плит и бетонно-пленочные облицовки.

Монолитные облицовки при хорошем качестве укладки бетона сокращают потери на фильтрацию в 10—15 раз, а бетонно-пленочные облицовки — в 30—80 раз, однако стоимость бетонно-пленочных облицовок значительно выше.

Широкое применение получили также сборные железобетонные плиты типа НПК, ПК, ПКУ.

Широкое применение бетона в строительстве, в частности гидромелиоративном, обусловлено его эксплуатационной прочностью и долговечностью, достаточной водонепроницаемостью, возможностью механизации технологических процессов возведения бетонных и железобетонных конструкций.

Производство бетонных работ в мелиоративном и гидротехническом строительстве определяется следующими особенностями:

- многообразие гидротехнических систем по крупности и назначению (регуляторы, водоканалы, дюкеры, акведуки, мосты, насосные станции и др.), на сооружение которых требуются различные объемы бетона (от десятых долей до десятков тысяч кубометров);

- наличие и разбросанность мелких сооружений на мелиоративных системах, что затрудняет организацию работ по их возведению. В настоящее время при строительстве таких сооружений, как правило, используется сборный железобетон, который по мере

Ориентировочная взаимосвязь свойств бетона

Свойства бетона	Прочность на осевое сжатие, МПа					
	15	20	25	30	35	40
Марка по прочности (М)	150	200	250	300	400	400
Морозостойкость (Мрз)	50	100	150	200	300	400
Водопроницаемость (В)	2	4	6	8	10	12
Принимаемое расчетное сопротивление бетона по осевому сжатию (предельное состояние), МПа:						
по первой группе (несущая способность)	7,0	9,0	11,0	13,6	15,5	17,5
по второй группе (образование трещин)	8,5	11,5	14,5	17,0	20,0	22,5

создания специальных конструкций будет перспективным и для крупных сборных сооружений. Для этого применяются специальные гидротехнические бетоны из группы тяжелых с плотностью 2 200... 2 500 кг/м³.

Бетон называется *гидротехническим*, если при постоянном или периодическом нахождении в воде он обеспечивает достаточную водостойкость, водонепроницаемость, морозостойкость, прочность и другие критерии надежности работы сооружения. Водостойкость бетона как главного критерия надежности достигается применением специальных цементов, а при необходимости — нанесением слоя гидроизоляции.

Гидротехнические бетоны классифицируются по следующим основным признакам (маркам):

- прочность на осевое сжатие — М — 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 (числа соответствуют прочностям на сжатие 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60 МПа). В зависимости от гарантированной (не менее чем в 95 случаях из 100) прочности предусмотрены также следующие классы бетона: В 1; В 1,5; В 2; В 2,5; В 3,5; В 5; В 7,5; В 10; В 12,5; В 15; В 20; В 25; В 30; В 35; В 40; В 45; В 55; В 60;

- морозостойкость — Мрз — 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 (числа соответствуют числу циклов попеременного замораживания и оттаивания бетонного образца, после которого его прочность снизится не более чем на 15 %);

- водопроницаемость — В2, В4, В6, В8, В10, В12 (числа соответствуют гидравлическому давлению воды 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0;

1,2 МПа, при котором через образец бетона не происходит просачивания воды). Ориентировочная взаимосвязь свойств бетона приведена в табл. 13.1.

13.2. Технология производства бетонных работ

Технология производства бетонных работ включает в себя следующие операции: изготовление опалубки и арматуры, приготовление бетонной смеси, транспортирование и укладка бетона, монтаж сооружений из изготовленных ранее частей и др.

Основной операцией при производстве бетонных плит является приготовление бетонных смесей. Для этого требуются материалы, поставляемые с других предприятий (цементы, добавки) и имеющиеся на месте (щебень, гравий, песок, вода). Материалы, используемые для данного производства, должны отвечать требованиям ГОСТа.

Фракции щебня и гравия должны соответствовать:

а) по крупности — следующим диаметрами частиц: 5...20; 20...40; 40...70; 70...120 (150) мм;

б) по прочности — двойной прочности бетона. Содержание примесей мелких глинистых и пылеватых частиц в гравии не должно превышать 1...2 % по массе.

Песок для бетона должен иметь крупность частиц 0,15...5,00 мм (мелкий песок — 0,15...2,00 мм; крупный песок — 2...5 мм.) Содержание более мелких частиц допускается до 2...3 %.

Вода, используемая для приготовления бетона, не должна иметь механических примесей и содержать растворимых соединений более 5 г/л. Общее содержание сульфатов в воде не должно превышать 2,7 г/л, а показатель рН не должен быть ниже 4.

Марка цемента по прочности должна превышать заданную марку бетона:

$R_b \dots$	100	150	200	250	300	400	500	600
$R_{ц} \dots$	200	200...300	400	500	500	500...600	500...600	600

В качестве добавок для улучшения свойств бетона чаще всего используют пластификаторы (сульфитно-дрожжевая барда (СДБ), хлористый кальций (CaCl_2)); ускорители твердения в зимнее время (CaCl_2 , NaCl ; K_2 , CO_3 , NaNO_2); неактивные добавки для понижения тепловыделения и экономии цемента (тонкомолотый кварцевый песок и др.).

Состав бетона должен учитывать свойства местных материалов и условия производства работ.

От количества воды зависят пластические свойства бетонной смеси, которые оцениваются по осадке стандартного конуса (ОК), см, или показателю жесткости, с. Бетонные смеси считаются же-

сткими при ОК = 0...3 см; пластичными — при ОК = 3...6 см; литыми — при ОК > 6 см.

Жесткие смеси плохо заполняют опалубку (форму) и уплотняются, однако при хорошем уплотнении они обладают высокой прочностью, что позволяет уменьшить расход цемента.

Пластичные смеси легко заполняют опалубку даже при большом количестве арматуры и хорошо уплотняются вибраторами.

Литые бетоны применяют редко, так как из-за повышенной пористости бетона (уменьшение прочности) они требуют более высоких норм расхода цемента.

Выбор пластичности бетонной смеси зависит от особенностей бетонируемой конструкции (табл. 13.2).

Камень, гравий, песок или песчано-гравийные смеси добывают в открытых разработках — карьерах. В горных карьерах проводятся сухие разработки; в пойменных, периодически затопляемых паводковыми водами, и в русловых карьерах материал добывается из-под воды;

По назначению предприятия подразделяются:

а) на промышленные, постоянно обслуживающие разных потребителей в районе их расположения;

б) сырьевые, постоянно поставляющие материалы для предприятий, вырабатывающих строительные материалы и полуфабрикаты (например, заводы бетонных и железобетонных изделий);

в) построечные, временно обслуживающие определенные объекты в период строительства.

Добывают и перерабатывают материал с помощью специальных землеройных машин как сухим, так и мокрым способами.

Сухой способ применяют при небольшой загрязненности смеси пылеватыми и глинистыми частицами (в сумме не более 3...5 %).

Таблица 13.2

Осадка стандартного конуса и показатель жесткости бетонной смеси

Вид конструкции	Осадка стандартного конуса, см	Показатель жесткости, с
Подготовка под фундаменты и бетонные покрытия	0... 1	50... 60
Массивные неармированные и малоармированные конструкции	1... 3	25... 35
Массивные армированные конструкции, плиты, балки, колонны большого и среднего сечения	3... 6	15... 25
Густоармированные железобетонные тонкостенные конструкции	6... 10	10... 12

Он заключается в основном в разделении материала по крупности.

При большой загрязненности смеси применяют *мокрый способ*, т. е. отделяют песок от гравия способом промывки. Материал промывают на грохотах с помощью трубок с отверстиями (брызгал), направляющих струи воды под углом к поверхности сита навстречу движению материала по нему.

Кроме того, мокрый процесс обеспечивает промывку материала для удаления пылеватых и глинистых частиц. Удаляют частицы с помощью моечно-сортировочных барабанов, гравиемоечных барабанов, пескомоек и др. В последующем материал обезвоживают на ситах, в отстойниках и бункерах, имеющих дренажные устройства.

При добытии материала в карьерах способом гидромеханизации он поступает на переработку в виде пульпы, которая сначала пропускается через сито, позволяющее отделить гравий от песка. Последующая сортировка гравия по крупности выполняется аналогично сухому процессу. Для выделения пылеватых и глинистых частиц используют гравитационные и центробежные классификаторы (гидроциклоны), работа которых основана на осаждении в водной среде грунтовых частиц различной крупности с разной скоростью.

Гравитационные классификаторы создают такой режим движения воды, при котором мелкие глинистые и пылеватые частицы остаются во взвешенном состоянии и отводятся вместе с осветленной водой. Более крупные частицы оседают в его нижней части и отводятся к месту обезвоживания и складирования. Соответствующий гидравлический режим может обеспечивать не только промывку, но и сортировку частиц песка по фракциям.

Центробежные классификаторы обеспечивают разделение частиц под действием центробежных сил, возникающих при вращении потока со смесью частиц в емкостях специальной формы. Такой процесс сортировки более энергоемок, так как осуществляется при давлений 0,2...0,6 МПа.

Обезвоживание песчаной пульпы осуществляют в отстойниках с дренажными устройствами в виде перфорированных труб, помещенных внутри гравийных фильтров.

Для обезвоживании песка непосредственно в штабелях устраивают дамбы обвалования с отводом воды через сбросные колодцы и дренажные устройства.

В отличие от большинства используемых в строительстве материалов бетонная смесь не заготавливается заранее и не перевозится на большое расстояние. После приготовления она должна быть доставлена и уложена в конструктивные блоки до начала застывания. Обычно время доставки не должно превышать 3 ч (в летнее время нахождение ее в пути не должно превышать 1 ч).

Процесс приготовления бетонной смеси включает в себя следующие операции: транспортирование материалов со склада, дозирование, загрузка в бетоносмеситель, перемешивание, выгрузка.

Перемешивание смеси как основной процесс осуществляют в бетоносмесителях разных типов и конструкций. В зависимости от используемого оборудования процесс приготовления может быть как циклическим (бетоносмесители циклического действия), так и непрерывным (бетоносмесители непрерывного действия). Перемешивание в обоих случаях происходит или при свободном падении (пересыпание исходных материалов в гравитационные бетоносмесители), или принудительно под действием движущихся лопастей. Бетоносмесители с движущимися лопастями пригодны для приготовления жестких и пластичных бетонных смесей с щебнем и гравием ограниченной крупности (до 40...70 мм).

В настоящее время в строительстве широко применяются барабанные гравитационные бетоносмесители циклического действия, для которых крупность заполнителей достигает 70...150 мм, что дает возможность приготовления смесей разной консистенции. Для приготовления особо жестких смесей (с осадкой стандартного конуса около нуля) применяют вибросмесители.

Основной рабочий параметр бетоносмесителей циклического действия — вместимость барабанов. Различают следующие вместимости барабана: геометрическая L_r , по загрузке $L_{загр}$ и по выходу бетонной смеси $L_{вых}$ (рис. 13.1).

Вместимость барабана по загрузке определяет суммарный объем материалов, необходимый для одного замеса, и составляет 25...30 % от геометрической вместимости. При плотной укладке исходных материалов и перемешивании их с заполнением всех пор мелкими частицами песка и цемента объем готовой бетонной смеси будет меньше суммарного загруженного количества исходных материалов.

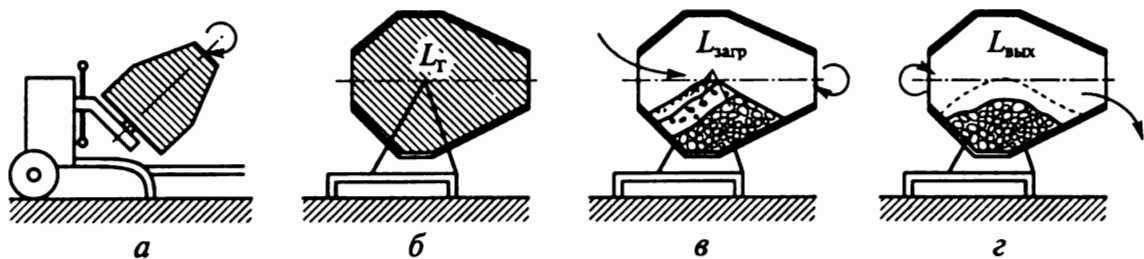


Рис. 13.1. Приготовление бетонной смеси в гравитационных смесителях циклического действия:

а — передвижной бетоносмеситель вместимостью по выходу 65 л; б — стационарный бетоносмеситель вместимостью по выходу 330, 800, 1 600 л; в — загрузка стационарного бетоносмесителя; г — выдача готовой смеси из стационарного бетоносмесителя

Между вместимостями по загрузке и выходу бетонной смеси существует следующая зависимость:

$$L_{\text{вых}} = L_{\text{загр}} K_{\text{вых}},$$

где $K_{\text{вых}}$ — коэффициент выхода бетонной смеси;

Для обычных тяжелых бетонов коэффициент выхода составляет примерно 0,65...0,70. Приготавливаемые бетонные смеси должны соответствовать заданному составу, необходимой подвижности (с точностью до ± 1 см), средней плотности (с точностью $\pm 3\%$), равномерному перемешиванию составляющих.

Равномерность перемешивания смеси определяется длительностью перемешивания, которую принимают в зависимости от вместимости барабана бетоносмесителей и жесткости бетонной смеси. Так, при вместимости барабана менее 500 л при пластичности бетонной смеси 3 см минимальная продолжительность перемешивания смесей для тяжелых бетонов составляет 75 с; при вместимости барабана более 500 л — 120 с.

С уменьшением длительности перемешивания резко снижается конечная прочность бетона. Продолжительность перемешивания малоподвижных бетонных смесей увеличивают не менее чем на 30 %. Однако значительное увеличение продолжительности перемешивания приводит к ухудшению качества бетонной смеси вследствие истирания частиц.

Дозирование материалов выполняют объемным, весовым или комбинированным способом. Весовой способ более точный (точность — до $\pm(1 \dots 2)\%$). Объемный способ менее точный (точность — до $\pm(3 \dots 5)\%$).

Он иногда применяется при отсутствии необходимого оборудования на бетоносмесительных установках малой производительности, при этом цемент дозируется весовым способом. При дозировании сыпучих материалов следует учитывать их влажность, вводя поправки к количеству воды, необходимой на замес. Воду достаточно точно дозируют объемным способом.

Необходимое на каждый замес количество материалов для заданного состава бетона находят из следующих соотношений:

а) при дозировании весовым способом —

$$G'_i = G_i \frac{L_{\text{загр}}}{1\,000};$$

б) при дозировании объемным способом —

$$V'_i = V_i \frac{L_{\text{загр}}}{1\,000},$$

где G_i , G'_i — масса дозы каждого из исходных материалов (щебня, песка, цемента, воды) соответственно на 1 м^3 бетонной смеси и

на один замес; V_i, V_i' — объемные дозы исходных материалов соответственно на 1 м³ бетонной смеси и на один замес.

Хорошее перемешивание материалов в барабане бетоносмесителя достигается загрузкой в соответствии с его $L_{\text{загр}}$ — перегрузка и недогрузка бетоносмесителя более чем на 10 % резко ухудшают однородность готовой смеси.

Дозируют сыпучие материалы различными дозаторами и приспособлениями. У дозаторов циклического действия имеется либо мерный ящик при объемном способе дозирования, либо весовой ящик при весовом способе дозирования. Ящики заполняют из расположенных выше бункеров через течи с затворами. Для каждого состава бетона вместимость мерного ящика регулируется изменением взаимного положения подвижной и неподвижной его частей. При этом степень заполнения мерного ящика оценивается визуально, что затрудняет автоматизацию управления загрузкой бетоносмесителя.

У весовых дозаторов ящик с помощью системы подвесок связан с весовым механизмом. После набора в ящик дозатора заданного количества материала поступление его из расходного бункера прерывается автоматически или вручную.

Для работы бетоносмесителей непрерывного действия необходимо постоянное поступление исходных материалов в заданных количествах. Такое поступление обеспечивают дозаторы непрерывного действия с системой автоматического контроля за количеством поступающего материала. Непрерывная подача материалов в таких дозаторах осуществляется системой питателей разных типов: ленточных, лотковых, шнековых, тарельчатых и др. При изменении количества поступающего материала нарушается равновесие весовой системы, которое улавливается датчиками перемещения и передается в блок автоматики. Блок автоматики вырабатывает сигнал для изменения режима подачи материалов (положение затворов, частота вращения двигателей, угол наклона лотков, частота колебаний вибропитателей и др.).

Производительность Π_3 , м³/ч, бетоносмесителей циклического действия можно определить по формуле

$$\Pi_3 = \frac{L_{\text{вых}} n K_{\text{в}}}{1\,000}, \text{ или } \Pi_3 = L_{\text{загр}} K_{\text{вых}} n K_{\text{в}} / 1\,000,$$

где n — число замесов за час; $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования рабочего времени.

Число замесов за час

$$n = 3\,600 / T_{\text{ц}},$$

где $T_{\text{ц}}$ — продолжительность одного цикла, с.

Продолжительность одного цикла определяют по формуле

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3,$$

где t_1 , t_2 , t_3 — продолжительность соответственно загрузки, перемешивания и выгрузки бетонной смеси, с.

Число замесов за час зависит от степени механизации и автоматизации процессов дозирования, загрузки материалов и выгрузки бетонной смеси, а также от требуемой продолжительности перемешивания.

Число замесов за час для крупных бетоносмесителей меньше, чем для мелких, из-за большей продолжительности перемешивания. Это обусловлено меньшей скоростью вращения барабанов во избежание влияния центробежных сил и необходимостью перемешивания большого количества материалов за один замес.

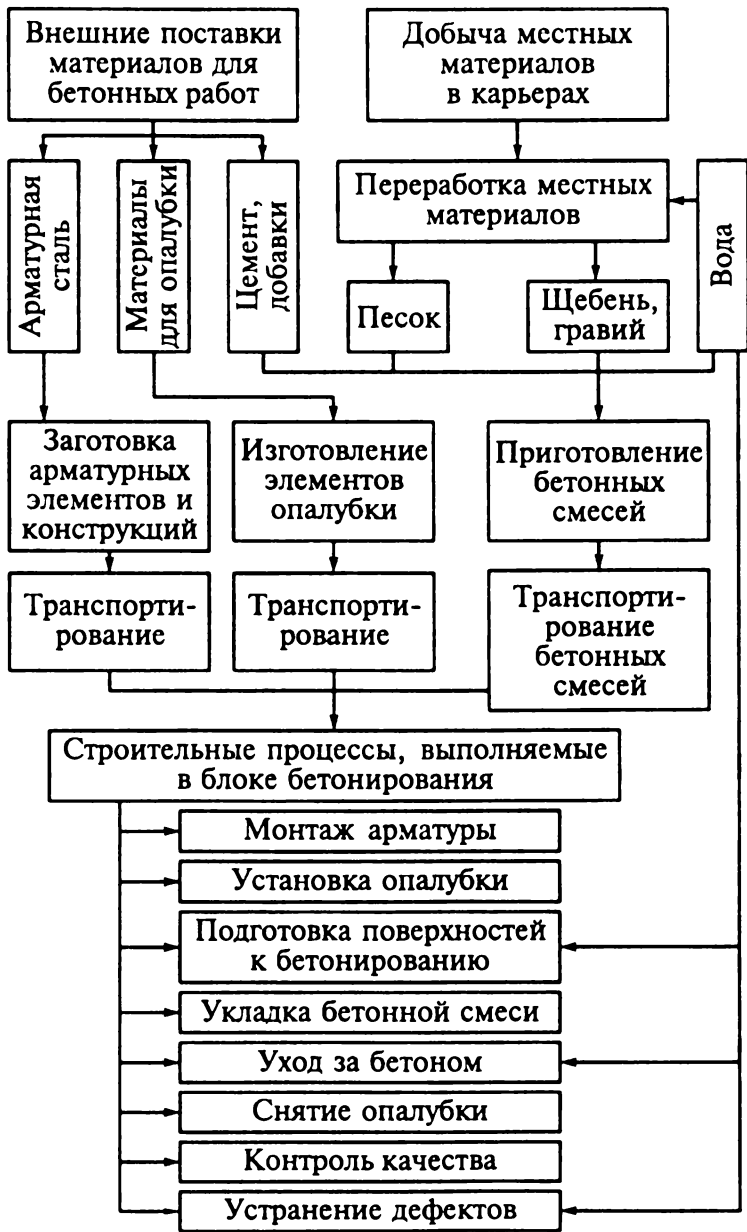


Рис. 13.2. Функциональная схема приготовления и укладки бетонной смеси в элементы конструкции

Весь комплекс процессов по приготовлению бетонной смеси выполняют на специализированных бетоносмесительных установках (СБУ) или заводах бетонной смеси. *Специализированной бетоносмесительной установкой* называют передвижной агрегат или стационарный комплекс, оснащенный устройствами и оборудованием для выполнения всех работ по приготовлению бетонной смеси.

Функциональная схема приготовления и укладки бетонной смеси в элементы конструкции при строительстве гидромелиоративных систем представлена на рис. 13.2. Подготовительные работы включают в себя поставку материалов для бетонных работ от внешних источников, добычу их в местных карьерах и доставку на бетонный завод или бетоносмесительные установки. Транспортные средства должны обеспечить доставку бетонной смеси к месту ее укладки с сохранением начальных свойств приготовленной смеси (однородность, консистенция, заданный состав), заданной температурой (в зимнее время, а для очень крупных блоков — в течение всего срока бетонных работ) и запасом времени на ее укладку.

При строительстве гидротехнических сооружений способом монолитной кладки поток бетона составляет от 1 до 500 м³/ч и более. Дальность перемещения колеблется от 10 до 500 м при расположении бетонного узла непосредственно на объекте и достигает десятков километров, если бетонный узел обслуживает несколько объектов, удаленных друг от друга.

Транспортные средства выбирают исходя, в первую очередь, из условий строящегося объекта: объема бетонных работ, сроков бетонирования объекта, расстояния перемещения, размера сооружения в плане и по высоте, технико-экономических показателей (производительности, скорости передвижения, удельной стоимости перевозки и т.д.). Следует учитывать также требования сохранения свойств бетонной смеси — недопущение распада, изменения однородности и консистенции.

На бетонных работах применяют автомобильный, железнодорожный, конвейерный, насосный и крановый транспорт. Выделяют основной и дополнительный транспорт. Показатели для выбора способа транспортирования бетонной смеси к месту укладки приведены в табл. 13.3.

После заготовки арматуры, изготовления необходимой опалубки, приготовления бетонной смеси и доставки их на объект приступают к строительству блока бетонирования. В соответствии с технологией производят монтаж арматуры, установку опалубки, подготовку поверхности к бетонированию и укладку бетонной смеси. После проведения ряда промежуточных операций (уход за бетоном, снятие опалубки и др.) осуществляют контроль качества укладки и уплотнения бетона.

**Показатели для выбора способа транспортирования бетонной смеси
к месту укладки**

Вид транспорта	Дальность перевоз-ки, км	Интенсив-ность работ, м³/ч	Показатель подвижнос-ти бетонной смеси, см	Примечание
Автомобили: бортовые самосвалы	0,3 ... 30 До 80	Более 5 То же	Менее 8 То же	Самый распростра-ненный способ в условиях мелиора-тивного строи-тельства
Автобетоно-смесители	0,3 и более	Менее 5, более 20	Без ограни-чений	При небольших рассредоточенных объемах работ
Железнодорожный	До 100	Более 15	Менее 8	На крупных гидроузлах и ГЭС при большом сроке строительства
Ленточные транспортеры	До 0,25	Более 8	Менее 6	Для подачи бетона непосредственно в блоки
Бетононасосы и пневмати-ческий транс-порт по тру-бам, кабель-краны	0,2 ... 1,0	Менее 8	4 ... 8 (12)	В труднодоступных местах при крупнос-ти заполнителей до 0,3 диаметра труб, в сложных рельефных условиях для вытя-нутых в плане соору-жений

Качество уплотнения бетона в конструктивных элементах и отсутствие в нем пор, пустот, раковин может быть оценено испытанием его на водопоглощение за счет подачи воды в скважины, пробуренные в контролируемых блоках по значению удельного водопоглощения:

$$q = Q/10Hl,$$

где Q — количество воды, поглощаемое скважиной, л/мин; H — давление, при котором проводится испытание (3...5 МПа); l — длина скважины, испытываемой на поглощение воды, м.

Для оценки плотности и однородности бетона в тонкостенных конструкциях, плитах, лотках, облицовках можно применять ра-

диоизотопные методы контроля, основанные на поглощении или отражении лучей гамма-источника.

Достаточно эффективен способ оценки качества уплотнения с помощью ультразвука. Скорость прохождения ультразвука через толщу бетона определяется многими факторами: составом и крупностью заполнителей, видом и содержанием цемента, способом уплотнения бетона при укладке, влажностью и др. Кроме оценки прочности бетона ультразвуковым методом можно обнаружить некоторые дефекты бетонной кладки: пустоты, раковины, трещины. При их наличии резко изменяются условия прохождения ультразвукового сигнала: появляются акустические тени, увеличивается длина пути сигнала между источником и приемником ультразвуковых колебаний. С учетом этих особенностей можно определить размеры внутренних дефектов.

В связи с тем что учесть влияние всех факторов очень трудно, для каждого конкретного состава бетона и принятой технологии бетонирования следует строить индивидуальные тарировочные графики, сопоставляя результаты проверки качества прочности бетона ультразвуком с прочностью бетона, полученной при раздавливании образцов на прессе. Точность определения прочности бетона ультразвуковым методом составляет $\pm(8 \dots 15) \%$.

13.3. Механизированная технология строительства гидротехнических сооружений

Рассмотрим механизированную технологию монолитной облицовки бетоном каналов глубиной 1,5... 3,0 м. Для этих работ применяется комплекс машин, включающий в себя экскаватор-профилировщик Д-654Б, бетоноукладчик Д-655В с перегружателем бетона и нарезчик швов Д-656А. Данный комплекс также может осуществлять окантовку берм бетонными полосами шириной 0,25 м. Конструктивные особенности применяемых машин Д-654Б, Д-655В и Д-656А позволяют использовать три их модификации в зависимости от параметров облицовываемого канала. Передвигаются машины по рельсовым путям, уложенным на бермах канала.

Экскаватор-профилировщик Д-654Б предназначен для планировки дна и откосов канала. Он обеспечивает разработку грунтов I...III групп и представляет собой самоходный многоковшовый экскаватор поперечного черпания. Экскаватор-профилировщик состоит из двух ходовых тележек и фермы, на которой расположены ковшовая цепь, зачистные профилирующие ножи, поддон, приемные и отвальные конвейеры, силовая дизель-электрическая установка, привод механизмов, электрооборудование и пульт управления. Многоковшовый рабочий орган формирует канал. Зачистные ножи, расположенные непосредственно за ковшовой це-

пью, осуществляют окончательную планировку дна и откосов канала.

Бетоноукладчик Д-655Б предназначен для приемки и распределения бетонной смеси, уплотнения и формирования ее на дне и откосах спрофилированного канала. На ходовых тележках бетоноукладчика, аналогичных тележкам экскаватора-профилировщика, расположена ферма, на которой смонтированы рабочие органы, механизмы их приводов и дизель-электрическая установка. Для приема бетонной смеси и передачи ее в распределительный бункер бетоноукладчика служит перегружатель бетона, состоящий из приемного и загрузочного конвейеров, тележки с колонной, опоры и электрооборудования. Перегружатель позволяет подавать бетонную смесь в процессе бетонирования канала.

Нарезчик швов Д-656А служит для нарезки поперечных деформационных швов шириной 20 мм в уплотненной свежеуложенной бетонной облицовке и нанесения на поверхность облицовки пленкообразующей жидкости. Нарезка швов проводится поочередно двумя виброножами с резиновыми успокоителями при остановках машины. Пленкообразующая жидкость наносится при движении нарезчика швов вдоль канала.

Для монолитной облицовки бетоном оросительных каналов глубиной от 3 до 5 м предназначен комплекс машин, состоящий из экскаватора-профилировщика МБ-24 и бетоноукладчика МБ-25.

Наличие у этих машин механизма наклона рамы позволяет устанавливать их на откосах каналов с различными коэффициентами заложения или горизонтально. Экскаватор-профилировщик МБ-24 обеспечивает за один проход зачистку части дна и одного откоса канала с грунтами до IV группы. Машина имеет форму многосекционной фермы, которая может подниматься и опускаться относительно ходовых тележек. Впереди фермы установлены три фрезы, предназначенные для срезки до 40 см грунта дна, откоса и бермы канала с подачей его к ротору. Зачистные отвалы, установленные позади фрез и ротора, окончательно планируют и зачищают срезанную поверхность.

Бетоноукладчик МБ-29 распределяет бетонную смесь по откосу и части дна с помощью скребкового конвейера. Бетонная смесь уплотняется вибротрубами и поступает под формирующий брус. Выглаживающий брус затирает поверхность уложенного бетона. Для образования продольных швов с закладными герметизирующими элементами впереди машины установлены катушки с профильными лентами. Формирование бетонной облицовки ведется одновременно с закладкой в нее профильной ленты.

Нарезчик швов МБ-26 предназначен для устройства поперечных деформационных швов с закладными элементами и нанесения пленкообразующей жидкости на поверхность свежеуложенного бетона. Ферма нарезчика швов треугольной формы сечения

опирается на четыре колеса и перемещается вертикально с помощью гидроцилиндров. На нижних балках фермы расположена каретка с рабочим органом для укладки в свежееуложенный бетон профильной хлорвиниловой ленты. Барабаны с профильной лентой устанавливаются на раме верхней тележки. В месте начала укладки ленты на ферме расположено прижимное устройство, удерживающее ленту. Поверхность бетонной облицовки поливается пленкообразующей жидкостью с помощью форсунки. В качестве вспомогательных машин при устройстве облицовки из монолитного бетона применяют бульдозер типа ДЗ-109Б, который производит окончательную отделку берм канала и перемещает рельсовые пути для профилировщиков, бетоноукладчиков и нарезчиков швов, краны типа Э-10011Е с бадьей для загрузки бетона в бункеры бетоноукладчиков, автоцистерны для подвоза воды.

Мелкие оросительные каналы бетонируют с помощью скользящих виброформ — прицепных однопроходных машин, обеспечивающих укладку и уплотнение бетонной смеси, заглаживание поверхности и нарезку швов (рис. 13.3, а). Планировка поверхности дна и откосов канала с точностью $\pm(2...3)$ см осуществляется вручную. Перед укладкой бетонной смеси поверхность основания увлажняют для предотвращения высыхания бетона. Последующий полив бетона или нанесение пленкообразующих составов осуществляется специальными машинами.

В зависимости от параметров канала оборудование комплекта машин может быть полнопрофильным, обеспечивающим устройство покрытия по всему периметру поперечного профиля канала (рис. 13.3, б), и неполнопрофильным для покрытия одного откоса и половины дна канала или (на крупных каналах) отдельно откосов и дна канала (рис. 13.3, в).

Деформационные швы нарезают в свежееуложенном бетоне до его затвердевания с помощью нарезчиков швов. В зависимости от конструкции шва заполнение его гидроизоляционным материалом выполняют вручную после застывания бетона или с помощью специального самоходного заливщика швов МБ-16А на базе автомобиля ГАЗ-53А. Для каналов, размеры которых не соответствуют параметрам бетоноукладчиков, при небольших объемах работ и отсутствии необходимых механизмов следует применять общестроительные методы и приемы укладки бетона (рис. 13.3, г...е).

Облицовки из сборных железобетонных плит применяют с целью повышения долговечности каналов и для комплексной механизации строительства. Для монтажа плит используют общестроительные краны или специальный плитоукладчик МБ-8А, предназначенный для укладки сборных железобетонных плит на дно и откосы каналов глубиной до 5 м.

Бетонно-пленочные одежды, состоящие из пленочного экрана и монолитного бетонного или сборного железобетонного покры-

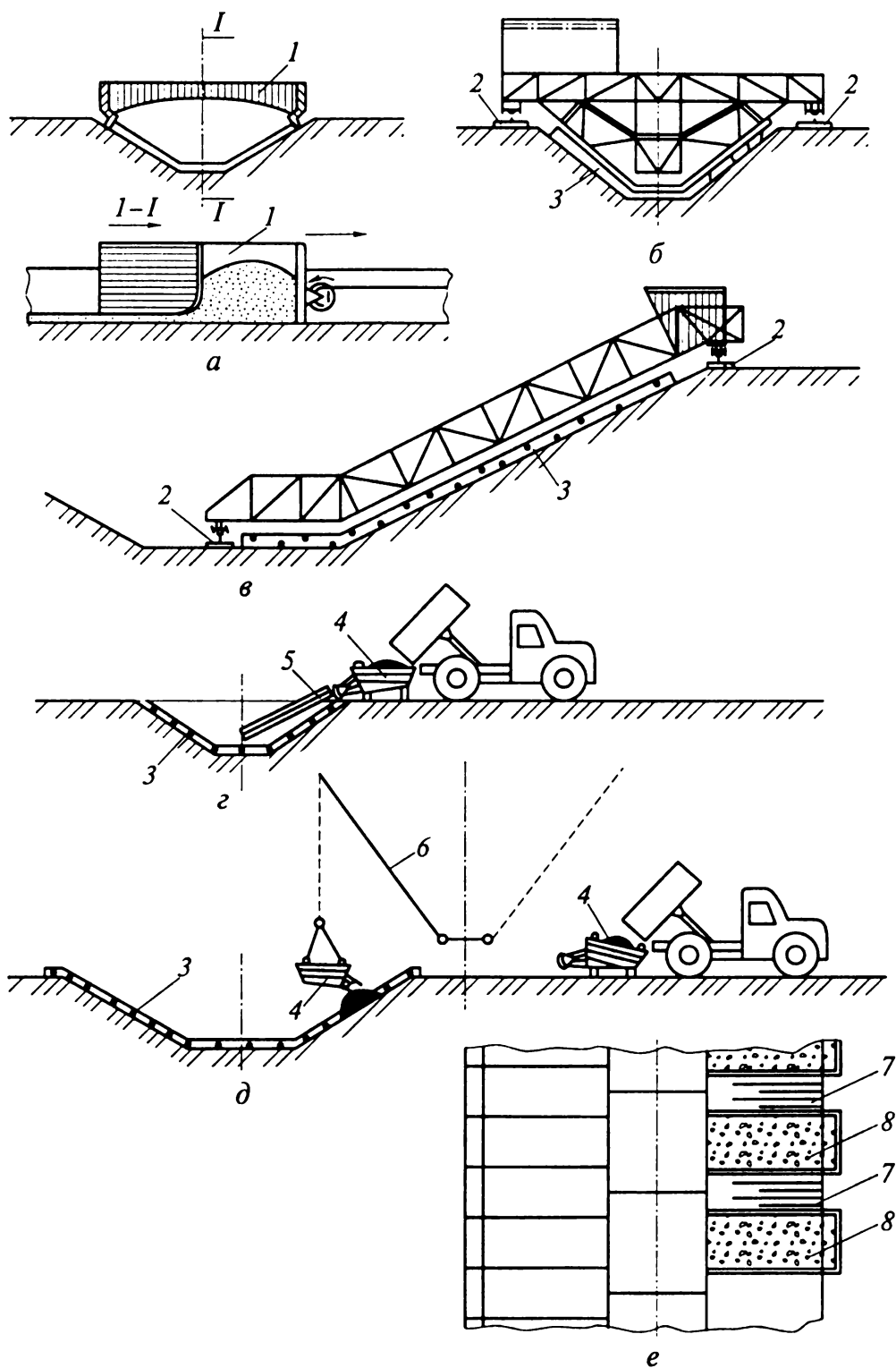


Рис. 13.3. Схемы бетонирования каналов:

a — скользящей виброформой; *б* — полнопрофильным бетоноукладчиком на рельсовом ходу; *в* — неполнопрофильным укладчиком бетонной смеси на откосы; *г* — с применением лотков или вибрототков; *д* — подъемными кранами; *е* — с укладкой смеси отдельными блоками; 1 — скользящая виброформа; 2 — переносные рельсовые пути; 3 — бетонная облицовка; 4 — вибробункер-бадья; 5 — вибрототок; 6 — подъемный кран; 7 — места для блоков, бетонируемых без опалубки; 8 — блоки, бетонируемые без опалубки через один

тия, позволяют в 9—10 раз сократить потери воды на фильтрацию по сравнению с монолитной бетонной облицовкой.

В качестве экрана применяют специальную полиэтиленовую пленку толщиной 0,2 мм, которую укладывают на выровненное, уплотненное, обработанное гербицидами и увлажненное основание. Пленочный экран укладывают вручную со сваркой полотнищ. На каналах мелкой сети бетонно-пленочную одежду можно устраивать специализированными укладчиками комбинированных облицовок типа УКО-1,5, монтируемых на экскаваторе ЭТР-206А. Производительность машин составляет 200... 300 м/ч.

Комплекс машин и механизмов при сборной железобетонной облицовке оросительных каналов определяется параметрами каналов, размерами и массой облицовочных плит, а также способами стыковки плит. Для транспортирования железобетонных плит используют панелевозы или другие машины, приспособленные для перевозки плит. Разгрузка плит и укладка их у стоек в наклонном положении производится краном или плитоукладчиком. Для укладки плит на каналах может использоваться плитоукладчик МБ-8А, который навешивается на кран МКГ-25. Монтаж железобетонных плит так же может производиться кранами, оборудованными специальными стропами, обеспечивающими нужное положение плит при укладке в канал.

Укрепление откосов гидротехнических сооружений можно выполнять из местных строительных материалов, камня, известняка, песчаника. В ряде случаев используют кирпич-клинкер, бетонные блоки с облицовкой плиткой под «дикий камень». Невысокие облицовки из камня и плит осуществляют двумя способами: сухой и влажной укладкой камней или плиток.

При *сухой укладке* камни и плитки кладут друг на друга без скрепления их цементным раствором снизу вверх. При возведении стенок небольшой высоты (до 0,3... 0,8 м) крупные камни располагают в шахматном порядке, перекладывая их более мелкими камнями. Между камнями засыпают сухую цементно-песчаную смесь.

При *влажной укладке* все камни и плитки прочно скрепляют цементно-известковым раствором, что создает большую прочность всей конструкции, которая хорошо выдерживает давление грунта со стороны склона. Такие стенки могут иметь высоту до 2,5 м и более.

Материалом для невысоких каменных стенок являются гранит, бут, известняк, булыжник и другие долговечные естественные камни. Камни слегка обрабатывают или обтесывают до формы плит. Применяют кладку разных по величине камней с вкраплением отдельных больших камней, что придает особую декоративность конструкции. Применима и однородная кладка из клинкерного кирпича (при условии высокого качества как самой кладки, так и материала).

При высоте откоса более 6 м поперек склона можно устраивать промежуточную горизонтальную площадку (берму) шириной 1,5...2,0 м. Нижний откос при этом выполняется более пологим, чем верхний. Следует учитывать величины углов естественных откосов в зависимости от видов грунтов. Так, максимальный угол естественного откоса песка составляет 27°, супеси — 30°, суглинка — 40°, глины — 60°.

В настоящее время для стабилизации откосов и склонов широко применяют при укреплении откосов габионовые конструкции, сделанные из сетки двойного кручения, например патентованное средство ЕНКМАТ. Такое средство представляет собой ячеистый сетчатый мат в рулоне, состоящий из структурного полиамидного материала. Сетчатый мат раскатывают по увлажненной поверхности плодородного слоя (толщиной 10 см) по поверхности откоса и закрепляют шпильками по всему участку откоса. Затем осуществляют посев газонных трав с последующим мульчированием. ЕНКМАТ удерживает мелкие частицы почвы и семена трав, что создает благоприятные условия для роста и развития растений и защищает от эрозии. Такое устройство способствует армированию поверхности склона откоса и его стабилизации.

Контрольные вопросы

1. С какой целью проводятся противофильтрационные мероприятия?
2. Каковы особенности производства бетонных работ в мелиоративном и гидротехническом строительстве?
3. Что такое гидротехнический бетон?
4. Какие операции входят в технологию производства бетонных работ?
5. Какие параметры характеризуют соответствующие фракции щебня, гравия, бетона?
6. От чего зависят марки цемента и бетона?
7. Как классифицируются карьеры для получения песка, камня, гравия?
8. Перечислите операции по приготовлению бетонной смеси.
9. Как классифицируются бетоносмесители?
10. Как рассчитать количество материала, необходимого для приготовления заданного состава бетона?
11. От чего зависит производительность бетоносмесителя циклического действия?
12. Перечислите машины для монолитной облицовки каналов бетоном.
13. Какие машины и механизмы применяют для сборной железобетонной облицовки?
14. Что такое габионная конструкция?

СВАЙНЫЕ И ШПУНТОВЫЕ РАБОТЫ

14.1. Сваи и шпунт

Свая представляет собой стержень, имеющий различный профиль поперечного сечения, сделанный из различного материала и имеющий различную длину. Основное назначение свай — полное или частичное восприятие нагрузки от силы тяжести сооружения и других внешних сил и передача ее нижележащим слоям грунта. В этом случае свая работает на продольное сжатие. В ландшафтной архитектуре очень часто основным назначением свай является защита вертикальной грунтовой стенки или вертикальных откосов водоема от разрушения. В этих случаях сваи работают главным образом на изгиб, воспринимая боковое давление грунта (а в водоеме — и боковое давление воды) при защемлении нижних концов свай в грунте. В этих случаях как отдельные сваи, так и

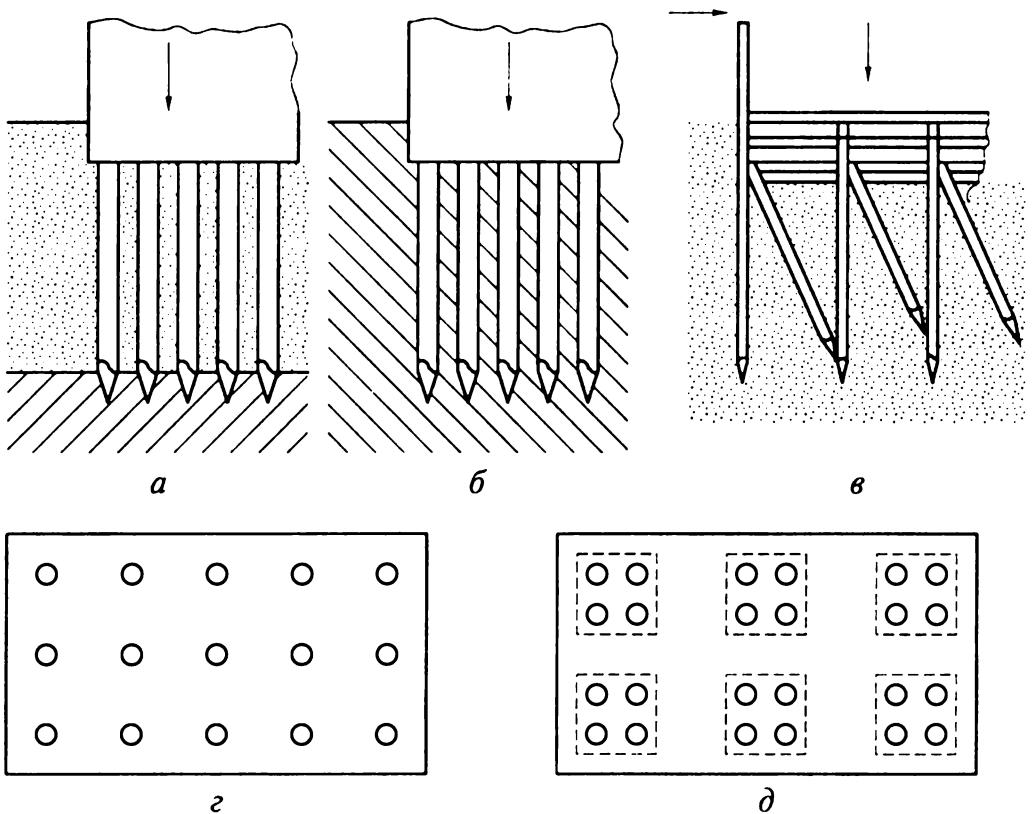


Рис. 14.1. Основные разновидности свай и свайных оснований:
 а — сваи-стойки; б — висячие сваи; в — наклонные сваи; г — свайное поле; д — «кусты» свай

свайные стенки хорошо видны и должны иметь как можно более эстетичный вид.

На рис. 14.1 представлены основные разновидности свай и свайных оснований. Если свая опирается на плотный подстилающий слой грунта, воспринимающий почти всю нагрузку, то такая свая называется *свайей-стойкой*.

Свая, передающая нагрузку на грунт преимущественно за счет сил трения грунта о ее боковую поверхность, называется *висячей свайей*.

Сваи, равномерно распределенные по площади сооружения, образуют свайный фундамент. Сваи, сгруппированные по несколько штук вместе для восприятия сосредоточенных нагрузок, образуют «кусты» свай. Для восприятия горизонтальных или наклонных нагрузок применяют наклонные сваи.

Деревянные сваи изготавливают из круглого леса: сосны, ели, лиственницы, кедра, пихты длиной 4...12 м и диаметром 18...30 см. Нижний конец сваи заостряют и обсаживают стальным башмаком. Верхний коней сваи слегка стесывают конусообразно и обжимают металлическим кольцом (бугелем), которое изготавливают из полосовой стали толщиной 10...15 мм и шириной 50...75 мм.

Железобетонные сваи длиной 3...16 м (в отдельных случаях — до 20 м) изготавливают преимущественно в заводских условиях. Сечение свай принимают от 20×20 до 40×40 см. Сваи длиной до 7 м изготавливают из бетона марки 200 (В 15), а сваи большей длины — из бетона марки 300 (В 22,5) на портландцементе. Размеры и масса изготавливаемых в заводских условиях свай приведены в табл. 14.1.

Рассматривая различные виды свай, необходимо выделить так называемые шпунтовые сваи (или шпунт), имеющие замковые устройства по бокам, погружаемые вплотную друг к другу и образующие шпунтовые ряды, или стенки. Отдельная категория свай, предназначенная для поддержания направляющих горизонтальных схваток, называется маячными сваями.

Сваи классифицируются по различным признакам.

По материалу различают деревянные, бетонные, железобетонные, стальные, грунтовые и смешанные сваи.

По форме поперечного сечения различают круглые, квадратные, многогранные сваи, а также сваи со сплошным или полым сечением.

По способу изготовления и забивки различают сваи, погружаемые в грунт в готовом виде, и набивные сваи, изготавливаемые непосредственно в грунте, в местах их проектного расположения.

По конструкции различают сваи натуральные и ложные, где привычному виду свай соответствует лишь видимая часть свай, а нижняя (в грунте) имеет другую конструкцию.

Применяют следующие способы погружения готовых свай (рис. 14.2): забивка, подмыв, вибропогружение, завинчивание и комбинированный способ.

Сваи железобетонные квадратного сечения

Марка сваи	Размер стороны поперечного сечения b , мм	Общая длина сваи L , мм	Расстояние до мест строповки, мм		Масса сваи, т
			l_1	l_2	
СУ3-20	200	3 000	600	—	0,31
СУ4-20	200	4 000	800	—	0,41
СУ5-20	200	5 000	1 000	—	0,51
СУ6-20	200	6 000	1 200	1 800	0,61
СУ7-20	200	7 000	1 400	2 100	0,71
СУ3-25	250	3 000	600	—	0,48
СУ4-25	250	4 000	800	—	0,65
СУ5-25	250	5 000	1 000	—	0,80
СУ6-25	250	6 000	1 200	—	0,95
СУ7-25	250	7 000	1 400	2 100	1,11
С8-25	250	8 000	1 600	2 400	1,27
СУ3-30	300	3 000	600	—	0,72
СУ4-30	300	4 000	800	—	0,94
СУ5-30	300	5 000	1 000	—	1,16
СУ6-30	300	6 000	1 200	—	1,39
СУ8-30	300	8 000	1 600	2 400	1,84
С9-30	300	9 000	1 800	2 600	2,06
С10-30	300	10 000	2 100	2 900	2,20
С12-30	300	12 000	2 500	3 500	2,74
С14-35	350	14 000	2 900	4 100	4,34
С15-35	350	15 000	3 100	4 400	4,64
С16-35	350	16 000	3 300	4 700	4,65
С14-40	400	14 000	2 900	4 100	5,62
С15-40	400	15 000	3 100	4 400	6,05
С16-40	400	16 000	3 300	4 700	6,45

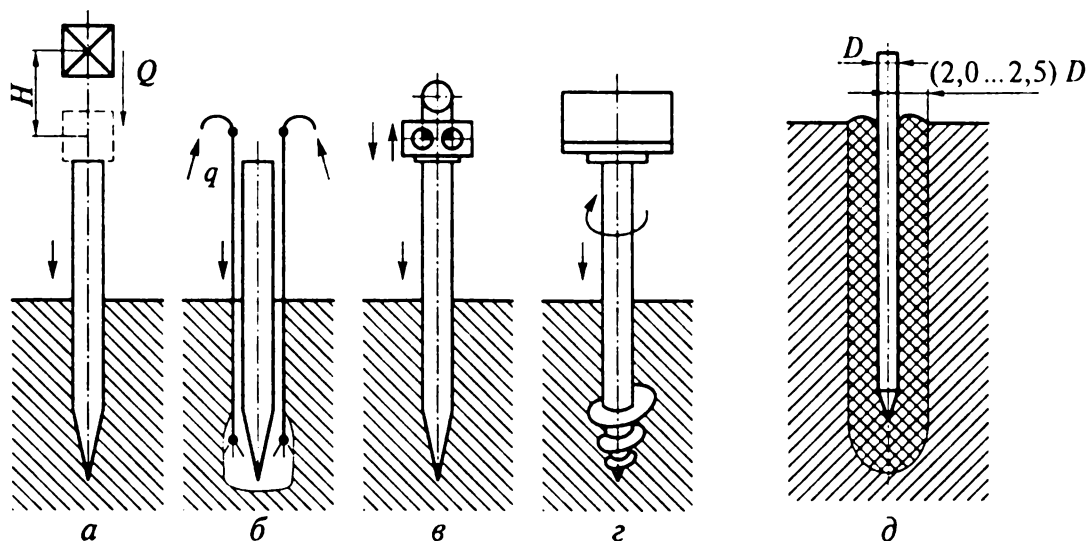


Рис. 14.2. Способы погружения свай в грунт:

a — забивка; *б* — подмыв; *в* — вибропогружение; *г* — завинчивание; *д* — схема уплотнения грунта вокруг свай при забивке; *q* — расход воды для подмыва свай; *Q* — усиление погружения свай; *D* — диаметр свай; *H* — высота подъема молота

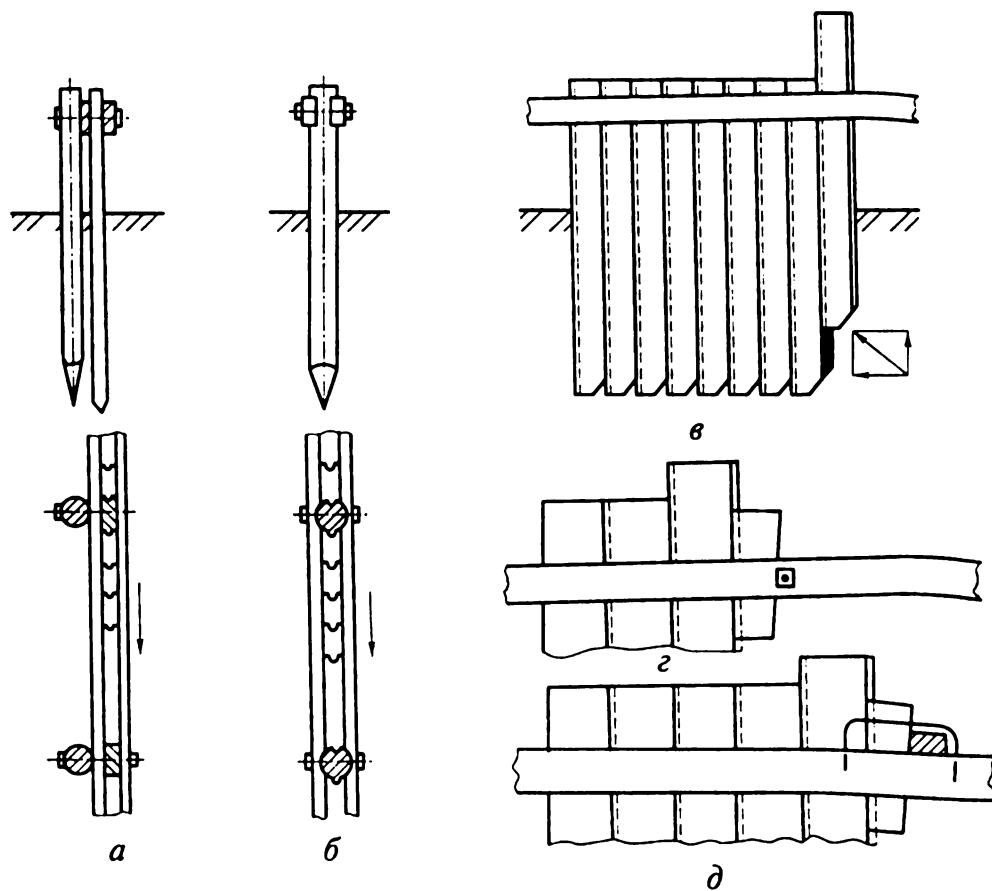


Рис. 14.3. Схемы забивки деревянных шпунтовых рядов:

а, б — варианты размещения маячных свай и горизонтальных схваток; *в* — использование отпора грунта на скос шпунтины для получения плотной шпунтовой стенки; *г, д* — схемы устройств для плотной подгонки шпунтины друг к другу

Особую роль играют шпунтовые сваи, или шпунт. Наиболее распространены деревянные, стальные и железобетонные шпунтовые сваи.

Деревянные шпунтовые сваи изготавливают из досок или брусьев. Дощатый шпунт применяют при глубине котлована не более 3 м. При большей глубине применяют сваи из брусьев толщиной 12... 18 см. Длина шпунтовых свай достигает 6... 7 м.

Доски в шпунтовых рядах (рис. 14.3) соединяются треугольным или прямоугольным гребнем и соответствующим пазом. Отдельные брусья спланиваются в шпунт. Высота и толщина гребня принимаются равными 1/3 толщины бруса.

В связи с тем что забивка шпунтовых свай производится гребнем вперед так, чтобы паз забиваемой шпунтины скользил по гребню ранее забитой сваи, заостренная часть сваи со стороны гребня скашивается на половину ширины сваи, чем обеспечивается плотное ее прижатие сопротивлением грунта к ранее забитой свае.

При забивке шпунта составляют по две-три шпунтины вместе, скрепляя их скобами. На такую составную шпунтовую сваю надевают один бугель (оголовок), а скос острия делают только в одной крайней шпунтине.

Отклонения размеров деревянных свай и шпунта от проектных не должны превышать нормативных величин.

**Допустимые отклонения (допуск), мм, при изготовлении
деревянных свай и шпунта**

В диаметре свай	0; –20
В толщине шпунта	0; –10
В размерах паза и гребня	2
Искривление поверхности и кромок свай и шпунтин на 1 м длины	3

Клееные сваи и шпунт изготавливают из обрезков лесоматериалов — досок длиной более 2 м и толщиной 35...55 мм. Доски предварительно высушивают до влажности не более 18 % и стругают. Склеивают их водостойким клеем.

Клееные изделия выдерживают в течение 5 сут при температуре не ниже 14 °С. Деревянные сваи и шпунт предварительно подвергают антисептированию.

Стальные шпунтовые сваи с водонепроницаемым замковым соединением применяют для устройства ограждений глубоких котлованов и перемычек, для гидротехнических подпорных стенок и для ограждений земляных плотин на стыке с бетонной водосливной частью плотин. Они могут также применяться для снижения фильтрации через плотины в виде металлической завесы или ядра. Профили стального шпунта представлены на рис. 14.4.

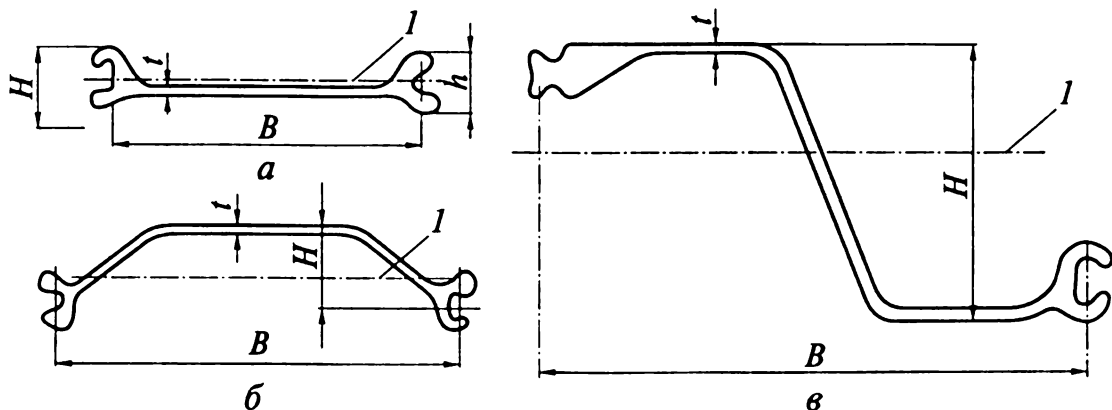


Рис. 14.4. Профили стального шпунта:

a — сталь шпунтовая плоская; *б* — сталь шпунтовая корытная; *в* — сталь шпунтовая зетовая; *l* — нейтральная ось; *H* — высота профиля шпунта; *h* — высота профиля замка; *t* — толщина шпунта; *B* — ширина шпунта

Различают следующие основные типы замковых соединений стального шпунта (рис. 14.5):

- кулачково-обоймовое, когда на одной грани шпунтовой сваи имеется кулачок, а на другой — обойма, в которую входит кулачок соседней сваи;
- двойное кулачково-обоймовое, когда на каждой грани сваи имеется обойма, одна из лапок которой является кулачком, входящим в такую же обойму соседней сваи;
- лапчатое, когда на каждой грани шпунтовой сваи лапка является одновременно и обоймой, и кулачком.

Двойные кулачково-обоймовые замки образуют менее плотный замок, но допускают значительно больший угол поворота, достигающий 24° .

Кулачково-обоймовые и лапчатые замковые соединения образуют более плотный замок, но допускают угол поворота не более $10 \dots 15^\circ$. В последнее время рядом зарубежных фирм начали выпускаться шпунты с одним типом замка, но с дополнительными стойками, позволяющими производить соединения под различными углами.

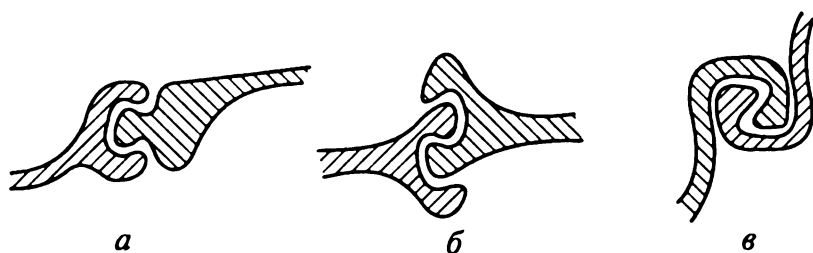


Рис. 14.5. Типы замковых соединений стального шпунта:

a — кулачково-обоймовое; *б* — двойное кулачково-обоймовое; *в* — лапчатое

Отечественные заводы выпускают стальные шпунтовые сваи трех основных профилей: плоского, корытного и зетового (см. рис. 14.4).

Шпунтовые сваи плоского профиля применяются главным образом для сооружения ограждений ячеистой конструкции; корытного — для устройства противофильтрационных завес; зетового — для сооружения подпорных стен и причальных сооружений.

Железобетонные шпунтовые сваи имеют поперечный профиль, аналогичный деревянному, где четко выделяются с двух противоположных сторон гребень и паз. Технология забивки железобетонного шпунта аналогична технологии забивки деревянного шпунта с учетом особенностей железобетонной конструкции.

14.2. Способы погружения свай

Для погружения в грунт готовых свай и шпунтин, а также секций шпунта применяют несколько основных способов: забивка, подмыв, вибропогружение и др. (см. рис. 14.2).

Забивка является одним из самых распространенных способов погружения свай. Под действием ударной нагрузки свая нижней заостренной частью внедряется в грунт. По мере погружения она смещает частицы грунта в стороны, частично вниз и частично вверх. В процессе погружения свая вытесняет объем грунта, сопоставимый объему ее погруженной части. Зона заметного уплотнения грунта вокруг сваи распространяется в стороны на величину, равную двум-трем диаметрам сваи.

Количество затрачиваемой энергии зависит от размеров свай и типа грунта. Легкими для забивки свай считаются связные грунты (суглинки, глины без включения гравия и валунов). Тяжелыми являются несвязные песчаные и гравелисто-песчаные грунты. При наличии в грунте более 20 % гравелистых частиц погружение свай забивкой становится затруднительным.

Серия ударов, после которой замеряется величина погружения сваи, называется залогом, а величина погружения за один залог — отказом.

Наиболее распространенным оборудованием для погружения свай забивкой являются свайные молоты, которые подразделяются на три группы: подвесные (механические) молоты, паровоздушные молоты и молоты внутреннего сгорания.

Подвесные (механические) молоты представляют собой тяжелую чугунную или стальную отливку, снабженную направляющими устройствами, скользящими вдоль стрелы копра.

Лебедки для подъема молота могут иметь привод от электродвигателей или двигателей внутреннего сгорания. Скрепление ударной части с тросом бывает глухим или разъемным. При глухом

скреплении молот поднимается вверх, затем лебедка отключается от двигателя, ее барабан растормаживается, а молот падает вниз, разматывая трос и вращая барабан лебедки. При этой схеме теряется до 30 % энергии удара молота. При разъемном креплении отцепление производится вручную или автоматически. После падения молота трос сматывается с барабана расторможенной лебедки под действием дополнительного груза. Подвесные молоты имеют силу тяжести от 150 до 2 000 кгс (1 500... 20 000 Н) и высоту падения до 3...4 м, которая лимитируется прочностью сваи и высотой копра.

Механические молоты имеют малую производительность и в настоящее время применяются при небольших объемах работ и использовании уже имеющегося на стройке оборудования.

В паровоздушных молотах подъем ударной части происходит за счет энергии пара или сжатого воздуха. По этому принципу работает более сотни различных конструкций таких молотов. Однако и эти молоты имеют ряд недостатков: небольшое число ударов в минуту (до 20) и низкую производительность; момент перекрытия пара (воздуха) определяется рабочим на глаз, что приводит к неравномерной и недостаточной высоте подъема молота; паровоздушный шланг присоединен к подвижному цилиндру, что часто приводит к расстройству соединений.

Молоты внутреннего сгорания работают по принципу двухтактных силовых двигателей внутреннего сгорания, использующих в основном дизельное топливо. Такие молоты называют еще дизельными. Для запуска молота достаточно поднять ударную часть при помощи копровой лебедки и отпустить ее. Далее молот будет работать автоматически до прекращения подачи топлива. Дизельные двойные молоты (рис. 14.6) выпускаются с силой тяжести ударной части от 100 до 3 500 кгс (1 000... 35 000 Н).

При работе молота часть энергии расходуется на деформацию материала сваи, в результате чего голова сваи может быть повреждена. Для предохранения сваи от разрушения применяют наголовники.

Погружение свай *подмывом* (рис. 14.7) является эффективным способом в несвязных грунтах (песчаных, гравелисто-песчаных), т.е. в тех условиях, когда забивка свай наиболее трудоемка. Для погружения свай подмывом может быть использован любой копер, а также подъемный кран. На приготовленную к погружению деревянную сваю для пригрузки опускается молот. Для погружения подмывом тяжелых железобетонных свай пригрузка не требуется.

Параллельно сваи с двух сторон подвешивают трубы диаметром 25...75 мм. К трубам по гибким шлангам под давлением подводится вода. Нижние концы труб снабжены наконечниками с центральными и боковыми отверстиями для формирования на-

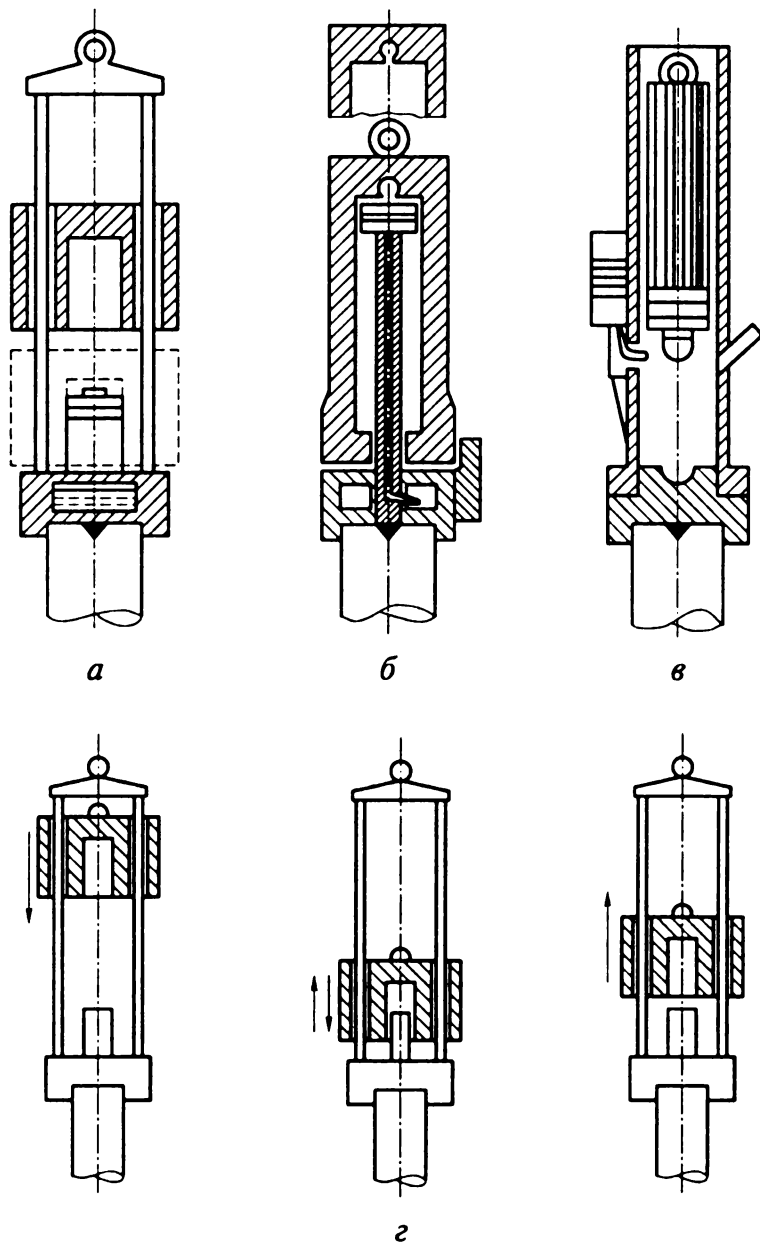


Рис. 14.6. Схемы дизельных свайных молотов:

а — штангового; *б* — с воздушным буфером; *в* — трубчатого; *г* — схемы работы штангового дизель-молота

правленных на подмыв струй. По окончании погружения свай подмывные трубы извлекают.

Для повышения несущей способности свай последние 1,5...2,0 м ее длины погружают забивкой без подмыва.

Для погружения подмывом полых свай (стальных из труб, трубок, оболочек, пустотелых железобетонных) обычно применяют одну центральную подмывную трубу.

Потребные расход и напор воды для погружения свай подмывом зависят от диаметра сваи, глубины ее погружения, типа грунта. Так, при глубине погружения до 8 м в несвязных грунтах при диа-

метре сваи до 30 см потребный расход воды составляет 10...12 л/с, напор — 40...60 м вод. ст. В суглинках расход увеличивается до 17...28 л/с, а напор — до 80...150 м.

Для увеличения эффективности погружения свай подмывом возможно использование сжатого воздуха в сочетании с подмывом водой. Он способствует более интенсивному размыву и выносу грунта вместе с включениями гравия, гальки и других фракций.

Повреждения свай при погружении подмывом, заключающиеся в размочаливании, раскалывании, расклепывании, и другие повреждения исключены. В то же время исключается погружение способом подмыва наклонных свай. Применение подмыва в 3—5 раз повышает скорость погружения свай при увеличении общей производительности работ в 1,2—1,3 раза.

Теоретическое обоснование способа *вибропогружения* свай дали в 30-х гг. XX в. Д.Д. Баркан, Ю.Я. Штаерман, К.Н. Добровольский.

Наиболее эффективен способ вибропогружения свай на несвязных грунтах, представленных песками, гравелистыми песками,

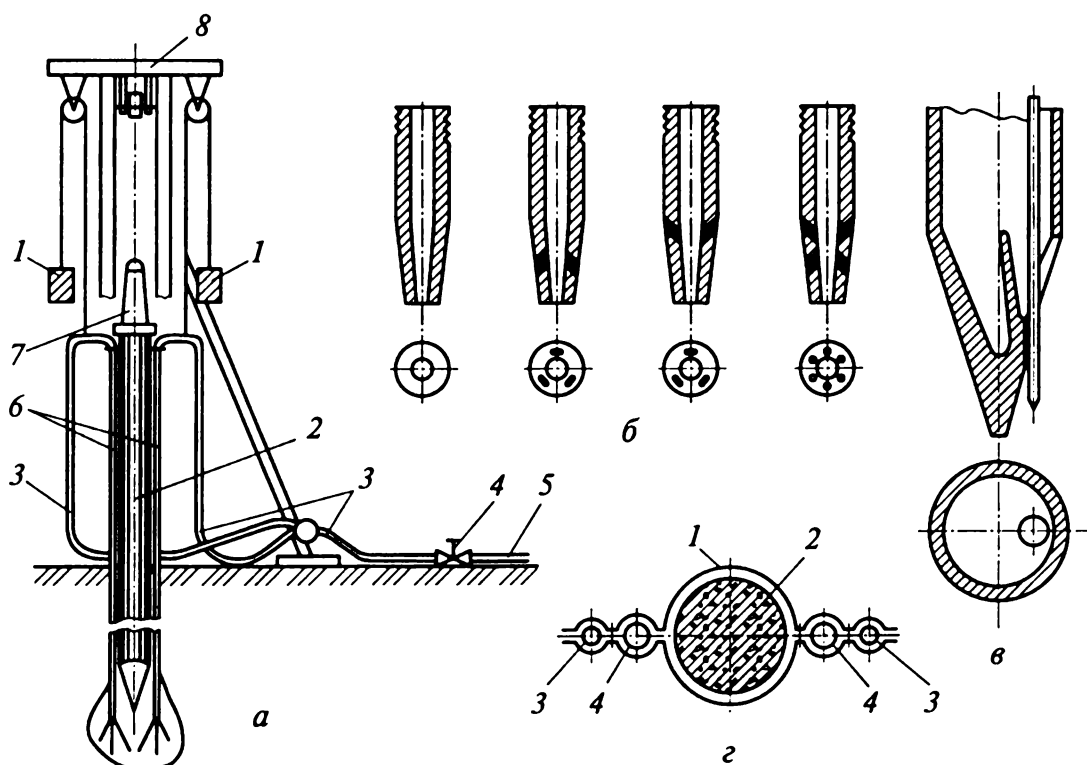


Рис. 14.7. Погружение свай подмывом:

а — оборудование копра и сваи: 1 — противовесы; 2 — свая; 3 — гибкие шланги; 4 — задвижка; 5 — магистральный коллектор от насосной установки; *б* — подмывные трубы; 7 — молот; 8 — шапочный брус копра; *б* — типы наконечников для подмывных труб; *в* — размещение подмывной трубы внутри полый сваи; *г* — оборудование сваи подмывными и воздушными трубами: 1 — хомут; 2 — свая; 3 — воздушные трубы; 4 — подмывные трубы

супесями. Помимо этого вибропогружение в ряде случаев оказалось эффективным на влажных связных и даже мерзлых грунтах при толщине мерзлого слоя до 1,5 м. Вибропогружение свай происходит в 3—6 раз быстрее, чем забивка их молотами, и обходится в 2—2,5 раза дешевле.

Эффективность работы вибропогружателя определяется частотой колебаний (вибраций), определяемой числом колебаний в минуту; амплитудой колебаний, измеряемой в сантиметрах; кинетическим моментом эксцентриков вибратора; величиной возмущающей силы.

Вибропогружатель имеет следующие основные части: сварной стальной корпус; два или четыре вала, вращающихся в подшипниках; посаженные на валы одинаковые зубчатые колеса; система закрепленных на валах дебалансов; наголовник для жесткого скрепления с погружаемой свайей; электродвигатель; клиноременная передача от двигателя к одному из валов вибратора (рис. 14.8).

Кинетический момент дебалансов можно изменить установкой сменных грузов или взаимным смещением постоянно установленных грузов.

В России нашли применение свайные вибропогружатели с возмущающей силой от 1,5 до 25 тс (от 15 до 250 кН) при частоте колебаний в минуту до 3 000. Свайные вибропогружатели можно применять при погружении свай и шпунтин в песчаные и гравелисто-песчаные грунты, забивка в которые сопряжена с большими трудностями.

Помимо сухопутных вибропогружателей широкое применение в гидротехнической мелиорации ландшафта нашли плавучие вибропогружатели, а также многофункциональные агрегаты, оборудованные землечерпательным, землесосным оборудованием и вибропогружателями, смонтированными на понтоне, обеспеченном папильонажным оборудованием и называемым «водный мастер». С помощью указанного оборудования были очищены и реконструированы крупные водоемы в историко-архитектурном комплексе «Царицыно» на территории Москвы. Все свайные работы по берегам водоемов и островов были выполнены с плавучих вибропогружных установок Watermaster. По воде было осуществлено частичное транспортирование свай. С помощью плавающих установок были осуществлены такие работы, как механическая очистка дна; гидромеханическая очистка дна и берегов; транспортирование вынутаго грунта по плавучим пульпопроводам с одновременным намывом насыпей и формированием повышенных участков берегов и островов.

Поскольку этот агрегат представляет несомненный интерес для различных гидротехнических работ вообще и для работ в области ландшафтной архитектуры в частности, далее приведена его краткая характеристика.

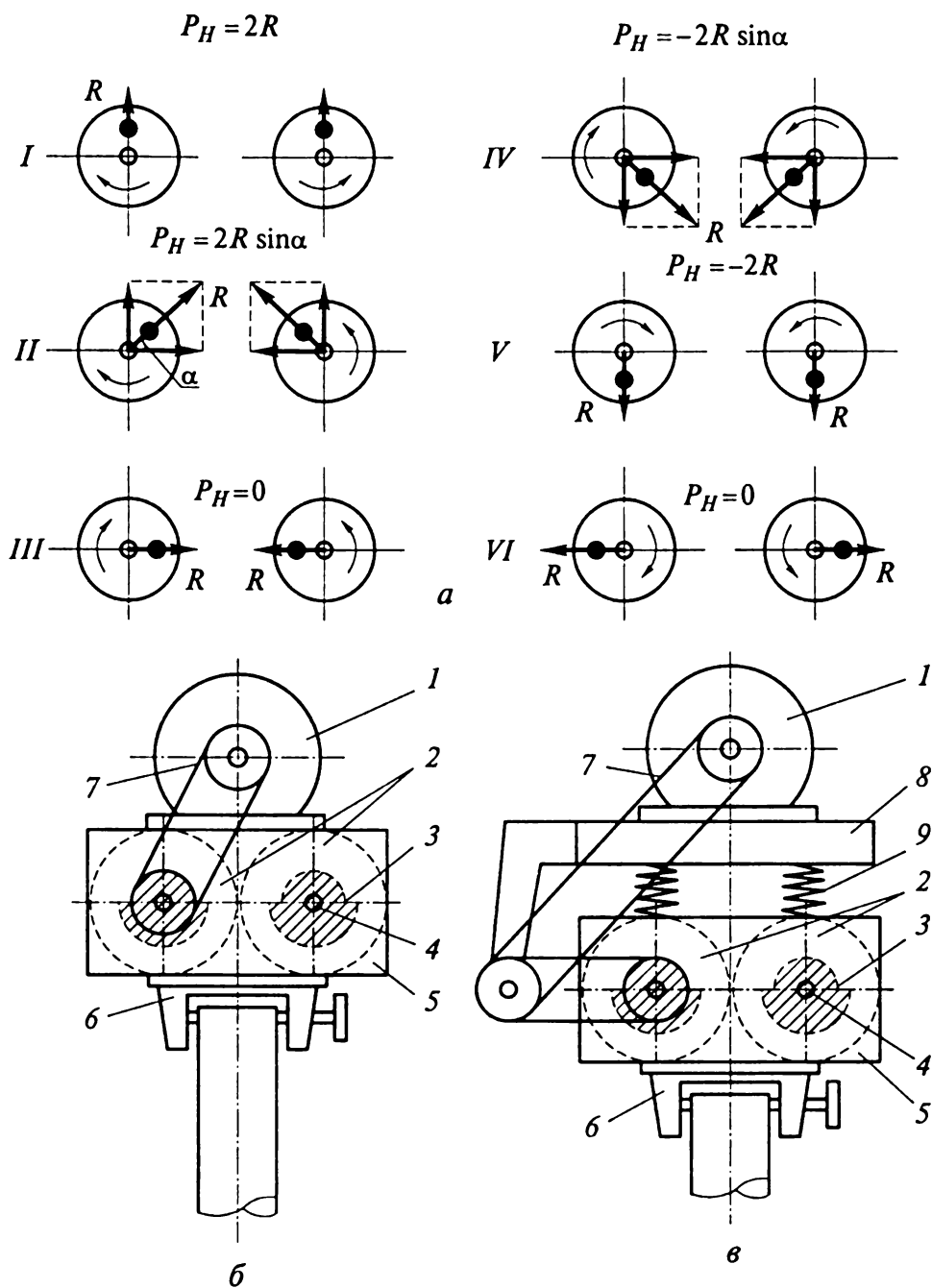


Рис. 14.8. Оборудование для погружения свай способом вибрации:
a — принцип работы вибратора направленного действия: *I, V* — грузы дебалансов направлены в одну сторону (вверх, вниз), действие центробежных сил складывается; *II, IV* — грузы дебалансов направлены под углом α к горизонту (вверх, вниз), вертикальные составляющие центробежных сил складываются, горизонтальные — гасятся; *III, VI* — грузы дебалансов направлены в противоположные стороны (внутри, наружу), действие центробежных сил уравнивается, равнодействующая равна нулю; *б* — схема простого вибропогружателя; *в* — схема вибропогружателя с подрессоренной пригрузкой; *1* — электродвигатель; *2* — одинаковые зубчатые колеса; *3* — закрепленные на валах дебалансы; *4* — вал, вращающийся в подшипниках; *5* — сварной стальной корпус; *6* — наголовник для скрепления со свайей; *7* — клиноременная передача; *8* — плита, опирающаяся на корпус; *9* — амортизаторы между плитой и корпусом вибратора

WATERMASTER Classic II — многофункциональный землесос, оснащенный экскаваторной стрелой и имеющий гибкую систему балансировки и транспортировки по воде и суше. Возможность установки различного вспомогательного и дополнительного оборудования значительно расширяет спектр решаемых задач в воде и по береговой линии.

Рукоять стрелы экскаватора оборудована насадкой для быстрой замены рабочего оборудования. Винтовой механизм оснащен гидравлической рулевой подачей и контролем высоты. Устойчивость на воде одобрена Финской морской инспекцией.

Область применения землесоса: очистка дна водоемов, забивание деревянных и металлических свай, укладка трубопроводов, очистка нефтяных пятен и поверхностных загрязнений, удаление плавающей и не плавающей водной растительности.

Цельный стальной корпус землесоса разделен на семь водонепроницаемых отсеков и имеет рельефную поверхность (для предотвращения скольжения), подводная часть снабжена защитными рейками и обработана антикоррозийным слоем краски.

Землесос снабжен шестицилиндровым дизельным двигателем Volvo TD 610 M с турбиной и водяным охлаждением. Вместимость топливного бака — 1 200 л. Система электроснабжения предусматривает питание напряжением 24 В от двух аккумуляторов по 158 Ач. Система смазки — централизованная.

Гидравлическая система состоит из двух аксиальных поршневых регулируемых насосов с максимальным рабочим давлением 320 бар и имеет два дополнительных выхода для использования вспомогательного оборудования: один — в распределительном клапане давления; второй — в клапане черпания.

Экскаватор с углом поворота 180° и ковшом емкостью 400 л имеет глубину копания 4,2 м, высоту разгрузки 4 м и максимальную дальность разработки от оси 7,45... 8,53 м (в зависимости от используемого оборудования).

Максимальная достигаемая глубина опускания передних опор — 2,5 м, задних — 4,9 м.

Многофункциональность землесоса обеспечивается набором различных насадок.

Экскаваторный ковш с четырьмя зубьями предназначен для экскавации тяжелых грунтов с содержанием камней. Вместимость ковша — 400 л (SAE). Нижняя часть защищена абразивными защитными рейками.

Роторная насадка снабжена фрезой с гидравлическим приводом, отводной трубой на палубе или пульпопроводом, двумя драгерными насосами и индикаторами позиционирования. Она рекомендуется для вычерпывания ила и других неабразивных материалов (наибольший размер частиц грунта — 45 мм), а также для удаления корней и стеблей водных растений.

Фрезерная насадка снабжена фрезой диаметром 600 мм с гидравлическим приводом, багерным насосом и прибором для регулирования и контроля давления в отводной трубе. Она рекомендуется для вычерпывания песка и других абразивных материалов (наибольший размер частиц грунта — 50 мм).

Вибратор Movax предназначен для забивки шпунта и свай на заданную глубину и определенный угол. Он является уникальным оборудованием, так как имеет боковые захваты. С помощью этих захватов можно работать в местах, которые недоступны другим агрегатам (в туннелях, под мостами, линиями электропередачи — везде, где забивку шпунта осложняют препятствия из-за недостаточных размеров по высоте). Работая с вибратором Movax, также можно забить шпунт, имеющий длину большую, чем вылет стрелы экскаватора.

Грабли предназначены для удаления плавающей и донной водной растительности. Они оснащены зубьями для лучшего прохождения, сделаны с просторной сеткой для более эффективной работы. Ширина грабель — 2 750 мм, высота — 900 мм.

Сервисный кран Patu 597 расположен в задней части палубы за моторным отсеком и предназначен для монтажных работ, загрузки и разгрузки труб и различных предметов на палубу. Он оснащен грейферным захватом для поднимания груза с моментом силы поднятия 30 кН; максимальный вылет стрелы сервисного крана — 5,05 м.

Насадка Logi предназначена для сбора поверхностных загрязнений и нефтяных пятен. Она состоит из вала с пластиковой щеткой, гребня для снятия нефтепродуктов и двух багерных насосов.

14.3. Сваи, изготавливаемые на месте проведения работ

Хотя большинство типов свай (бетонные, железобетонные, металлические, деревянные и др.) производятся на заводах или полигонах, в практике гидротехнического и гидромелиоративного строительства используются сваи, изготавливаемые непосредственно на строительной площадке. Этот тип свай имеет свою область применения, особенно тогда, когда объем свайных работ невелик, грунтовые условия благоприятны для этих работ, на стройке имеется оборудование для указанных более простых работ, а завоз специального оборудования затруднен или связан с большими материальными затратами.

К числу свай, изготавливаемых на месте проведения работ (особенно в случаях, когда речь идет о малых или средних нагрузках, не требующих большого заглубления), можно отнести грунтовые буронабивные, набивные грунтовые, набивные бетонные и набивные частотрамбованные, буроинъекционные и другие сваи.

В свою очередь, указанные виды свай можно подразделить на безоболочечные, оболочечные и с извлекаемой оболочкой, подлежащей повторному использованию.

К грунтовым буронабивным сваям относятся те виды свай, для устройства которых (как правило, в связных, легко деформируемых грунтах) устраивается буровая скважина диаметром 200...600 мм, заполняемая послойно с тщательным уплотнением крупнозернистым песком, песчано-гравийной смесью, гравием или щебнем. При изготовлении и уплотнении этих свай одновременно уплотняется подстилающий грунт в головной части сваи.

Набивные грунтовые сваи изготавливают путем заполнения скважин песком или песчано-гравийной смесью с тщательным трамбованием. Индустриальный метод изготовления песчаных (песчано-гравийных) свай, обеспечивающий глубинное уплотнение грунтов при высокой производительности работ, осуществляется с применением вибропогружателя, при помощи которого погружается обсадная труба. Низ трубы закрывают башмаком, состоящим из четырех раскрывающихся створок. После погружения на проектную глубину трубу загружают песчано-гравийной смесью, а затем при помощи того же вибратора извлекают из грунта. При подъеме створки башмака раскрываются и песчано-гравийная смесь заполняет скважину.

Набивные бетонные сваи в простейшем случае устраивают так же, как грунтовые буронабивные. В этом случае вместо песка или песчано-гравийной смеси буровую скважину заполняют бетонной смесью с уплотнением. Такие сваи делают диаметром 300...500 мм и глубиной до 25 м. В качестве модификации этого типа свай в скважину вставляют каркас из арматуры, в результате чего получают буронабивную железобетонную сваю с повышенной сопротивляемостью сдвигу и срезу. Одновременно с упрочнением основания такие сваи сдерживают процессы оползания грунта. Модификацией этого вида свай является арматурный каркас с заполненной бетоном нижней частью, которая хорошо передает вертикальные давления на основание сваи в головной части.

Индустриальный способ изготовления набивных бетонных свай включает в себя следующие этапы:

- погружение в грунт обсадной трубы с образованием при этом скважины соответствующих глубины и сечения;
- заполнение скважины бетонной смесью;
- удаление обсадной трубы с одновременным уплотнением смеси.

Боковая поверхность набивной сваи не имеет правильной формы и зависит от характера напластований грунтов, в которых изготавливается свая, а также от интенсивности уплотнения бетона. В слабых прослойках грунта образуются местные уширения сваи, способствующие значительному повышению ее несущей способности.

При возведении небольших объектов и погружении свай на глубину от 1,5 до 4 м часто используют неизвлекаемые асбестоцементные трубы, заполняемые бетонной смесью. При небольших нагрузках сваи выдерживают негативные воздействия, возникающие на средне- и сильнопучнистых грунтах.

Одной из модификаций набивных свай являются частотрамбованные. В этих сваях уплотнение бетонной смеси и удаление обсадной трубы производится тем же ударным механизмом, который был использован для погружения обсадной трубы.

Для изготовления частотрамбованных свай применяются стальные трубы диаметром 400...450 мм. Нижний конец трубы утолщают путем приваривания кольца. При погружении обсадную трубу закрывают снизу литым чугунным башмаком, который остается в грунте в качестве основания сваи.

Уплотнение бетонной смеси производится по мере извлечения обсадной трубы. При подъеме трубы бетон под действием веса вышележащего столба выходит за пределы трубы и вдавливается в грунт. При падении молота обсадная труба несколько осаживается, уплотняя бетон сваи. В результате каждого подъема и падения молота происходит подъем обсадной трубы на 3...4 см, сопровождающийся созданием своеобразной складки на боковой поверхности сваи.

14.4. Стабилизация грунта. Буринъекционные сваи

Стабилизация слабых грунтов применяется для увеличения несущей способности оснований зданий и сооружений. В этом отношении стабилизация грунта выполняет ту же функцию, что и свайное поле. Локальная стабилизация аналогична эффективности забивки одиночных свай или кустов свай.

Существует несколько видов стабилизации, используемых в течение десятков лет по настоящее время: силикатизация, производимая путем закачивания в грунт жидкого стекла и хлористого кальция, вступающих в соединение и упрочняющих грунт до величины 1,5...5,0 МПа; цементация грунта методом гидроразрыва, когда цементный раствор под давлением нагнетается в грунт и затвердевает в пустотах; использование различных высокомолекулярных смол и коагулянтов в виде соляной или щавелевой кислот. Все эти способы только укрепляют грунт основания.

Ситуация в корне изменилась с появлением инъекционного минерального вяжущего, которое посредством инъектирования в грунт в режиме пропитки создает массив из грунта и вяжущего, прочностные характеристики которого полностью соответствуют прочностным характеристикам фундаментальных конструкций. Грунт, укрепленный новым вяжущим «Микродур» (ФРГ), может

иметь прочность на осевое сжатие до 30 МПа (300 кг/см²), что соответствует прочности высокомарочного бетона.

«Микродур» — это особо тонкодисперсное вяжущее (ОТДВ) с плавным изменением гранулометрического состава. ОТДВ «Микродур» производится посредством воздушной сепарации пыли при помоле минеральных компонентов. ОТДВ «Микродур» в своей основе является гидравлическим минеральным вяжущим. По сравнению с цементом (наиболее распространенным минеральным вяжущим) ОТДВ «Микродур» имеет ряд особенностей: высокая проницаемость суспензии ОТДВ «Микродур» в грунты и пористые материалы; быстрое затвердевание (70 % марочной прочности через 2 сут), высокая водоудерживающая способность при водоцементном отношении до 6 ($V/C \leq 6,0$); сохранение заданной вязкости суспензии до 120 мин.

Производится четыре основные марки ОТДВ «Микродур», различающиеся по гранулометрическому составу:

- «Х» при диаметре частиц вяжущего средства $D_{95} \leq 6$ ммк с удельной поверхностью 24 000 см²/г;
- «U» при $D_{95} \leq 9,5$ ммк с удельной поверхностью 16 000 см²/г;
- «F» при $D_{95} \leq 16$ ммк с удельной поверхностью 12 000 см²/г;
- «S» при $D_{95} \leq 24$ ммк с удельной поверхностью 8 000 см²/г.

Кроме того, различные сорта ОТДВ «Микродур» подразделяются в зависимости от вида исходного клинкера и добавок. Специальная обработка препятствует агломерации частиц вяжущего при хранении. Гарантийный срок хранения ОТДВ «Микродур» — 6 мес.

ОТДВ «Микродур» применяется в виде водной суспензии для инъектирования при низком давлении (1...5 бар) укрепляемых или уплотняемых массивов грунта или при высоком давлении (10...30 бар) бетонных и каменных конструкций. Водоцементное отношение суспензии определяется конкретной задачей и колеблется от 0,5 до 6,0. Приготовление суспензии осуществляется в скоростном смесителе при угловой скорости 2 800...3 000 об/мин в течение 3 мин. Инъектирование осуществляется так же, как и для бездисперсных составов (смолы, силикатные составы).

Благодаря малому размеру частиц и плавно подобранному гранулометрическому составу суспензия ОТДВ «Микродур» обладает текучестью, сравнимой с текучестью воды, даже при минимальном водоцементном отношении. Время истекания суспензии в возрасте до 3 ч колеблется от 26 до 32 с. Проникающая способность ОТДВ «Микродур» сопоставима с бездисперсными вяжущими. Она проникает в пылеватые пески, бетон, волосяные трещины с радиусом распространения, превышающим расчетный радиус распространения бездисперсных составов. Например, при стабилизации грунта через так называемые манжетные колонны радиус проникновения можно принять равным 1 м.

ОТДВ «Микродур» по сравнению с другими вяжущими имеет ряд преимуществ (табл. 14.2):

- малый удельный расход материала (70... 110 кг/м³ стабилизируемого грунта);
- долговечность укрепления и стойкость их химической агрессии;
- высокая прочность укрепления: грунта — от 0,5 до 30 МПа; бетона — от 10 до 50 МПа;
- высокая степень уплотнения грунта и снижение водопроницаемости не менее чем в 1 000 раз;
- экологическая и санитарная безопасность материала;
- высокая технологичность работ (срок годности суспензии с момента приготовления составляет 2,5... 4,0 ч);
- возможность проведения работ при отрицательных температурах с использованием подогретой воды (не более 20 °С);

Таблица 14.2

Потребное количество ОТДВ «Микродур» в зависимости от марки материала, вида грунта (с коэффициентом пористости 0,6)

Марка ОТДВ «Микродур»	Вид грунта	Водоцементное отношение (В/Ц)	Количество сухого ОТДВ «Микродур», кг, на 1 м ³ грунта	Расчетная прочность укрепленного грунта, МПа
R — F	Песок средней крупности	3,0	112	18
		3,5	98	12
		4,0	86	7
		4,5	77	4
		5,0	70	1
R — U	Песок мелкий	3,0	112	22
		3,5	98	15
		4,0	86	9
		4,5	77	5
		5,0	70	1
R — X	Песок пылеватый	3,0	112	24
		3,5	98	17
		4,0	86	10
		4,5	77	6
		5,0	70	1

- разнообразие марок ОТДВ «Микродур», применяемых в зависимости от поставленных задач и ожидаемого эффекта.

ОТДВ «Микродур» в течение нескольких лет хорошо зарекомендовал себя в России при проведении различных работ:

- устройство буроинъекционных свай в грунте диаметром 100... 300 мм и глубиной до 25 м;
- корневое уширение свай путем инъекции;
- устройство новых свайных фундаментов зданий и сооружений из коротких свай с грунтобетонным корнем;
- усиление фундаментов путем увеличения их размеров;
- усиление фундаментов путем устройства буроинъекционных свай и стабилизации грунтов основания;
- углубление подвалов и создание новых подвальных помещений;
- усиление фундаментов вблизи разрабатываемых котлованов;
- устройство горизонтальной противofiltrационной отсечки, а также вертикальное ограждение котлована при работе в обводненных грунтах и др.

Разработку технологического регламента применения ОТДВ «Микродур», контрольные функции за его соблюдением и поставку материала в Россию осуществляет ООО «Веста Инж».

Контрольные вопросы

1. Что такое сваи и шпунт и каково их использование в ландшафтном строительстве?
2. Назовите основные способы погружения свай.
3. Какие виды свай изготавливают непосредственно на месте проведения работ?
4. Какие способы стабилизации грунта вы знаете и для чего они используются?
5. Что вы знаете о буроинъекционных сваях и каковы особенности их применения?

СОЗДАНИЕ ГАЗОНОВ И УХОД ЗА НИМИ

15.1. Механизированная технология создания газонов

Для крепления откосов грунтовых сооружений широко применяются биологические способы их крепления, когда используются закрепляющие действия корневой системы травянистой растительности, т. е. создание газонов. Они более экономичны, отличаются простыми конструктивными решениями и не требуют применения дорогостоящих материалов.

В зависимости от требований, предъявляемых к газонам, и их назначения существуют декоративные, спортивные и специальные газоны.

Наиболее распространены декоративные газоны, которые подразделяются на партерные, обыкновенные, луговые и цветущие (мавританские). Специальные газоны устраиваются на аэродромах, откосах шоссе и железных дорог, откосах гидротехнических сооружений и других объектах специального назначения. Спортивные газоны создаются на стадионах, ипподромах, спортивных площадках.

В зависимости от назначения газонов существует несколько способов их создания: подготовка поверхности и посев газонных трав; подготовка поверхности и посев семян в составе специальных растворов (гидропосев); подготовка поверхностей для одерновки и раскладки рулонной дернины.

При создании газона предварительно производится подготовка почвы, которая включает в себя подготовку основания. Подготовка основания складывается из подготовки подстилающего слоя и корнеобитаемого почвенного слоя плодородной земли толщиной не менее 12...20 см.

Для устройства газонов применяются следующие машины и механизмы.

Навесная почвенная фреза УСБ-28ПФ, навешиваемая на трактор Т-25ТА, предназначена для подготовки почвы под посев газона, устройство цветников и других элементов зеленого строительства. Она состоит из рамы, фрезерного барабана, раздаточного редуктора, карданной передачи, культиваторной лапы, системы навески. Ширина захвата фрезы — 1,44 м. Фрезерный барабан состоит из двух секций режущих ножей, имеющих форму логарифмической спирали. Такая форма ножей облегчает процесс резания почвы, который проходит со скольжением. Опорные диски, ус-

тановленные на барабане, обеспечивают регулировку глубины до 15 см.

Культиваторная лапа производит рыхление необработанной полосы, расположенной под коническим редуктором. Редуктор передает крутящий момент от карданного вала на секции фрезерного барабана.

Электрофреза самоходная ФС-0,9 предназначена для сплошной обработки почвы в теплицах и на площадях, в пределах которых имеются источники питания. Основными узлами являются электродвигатель, червячный редуктор с муфтой включения, предохранительная муфта, две секции рабочих органов, защитный кожух, опорный нож, металлические колеса. Ширина захвата — 90 см; глубина обработки — до 17 см, длина кабеля — 90 м. При движении фрезы ножи рыхлят почву, частично перемешивают ее и отбрасывают к задней части кожуха. Глубина обработки регулируется опорным ножом.

Мотофреза МК-1 «Крот» предназначена для рыхления почвы в междурядьях и сплошной обработки почвы при подготовке ее к посеву газонных трав.

Основными узлами мотофрезы являются рама, двигатель с одноступенчатым понижающим редуктором, фрезерные рабочие органы, трансмиссия, ходовые колеса, рукоятки управления. Ходовые колеса не имеют привода от двигателя. Почвенная фреза, состоящая из четырех секций, приводится во вращение от двигателя через редуктор, клиноременную передачу и цепной редуктор. Роль муфты сцепления выполняет клиноременная передача с натяжным роликом. Двигатель одноцилиндровый, двухтактный, работающий на смеси бензина и масла.

Отсутствие специальных планировочных машин для крепления больших площадей откосов определяет необходимость использования нестандартного оборудования к тракторам, одноковшовым экскаваторам и другим землеройным машинам. Для этих целей можно использовать навесные откосопланировщики с пассивными рабочими органами к гусеничным тракторам с классом тяги 3...10 кН (рис. 15.1, а, б), планировщики с активным шнековым рабочим органом (рис. 15.1, в), многоковшовые мелиоративные экскаваторы поперечного черпания с раздвижными гусеницами, откосопланировщики с телескопической стрелой, откосопланировщики на базе рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов «обратная лопата» с ковшами вместимостью 0,5...0,8 м³, грейдеры и автогрейдеры, оборудованные откосниками, и другие машины.

Выбор машин для планировки откосов зависит от свойств грунта, глубины выемок, высоты насыпей и крутизны откосов. В минеральных грунтах планировку дна и откосов осушительных каналов выполняют перед началом работ по устройству креплений. В сла-

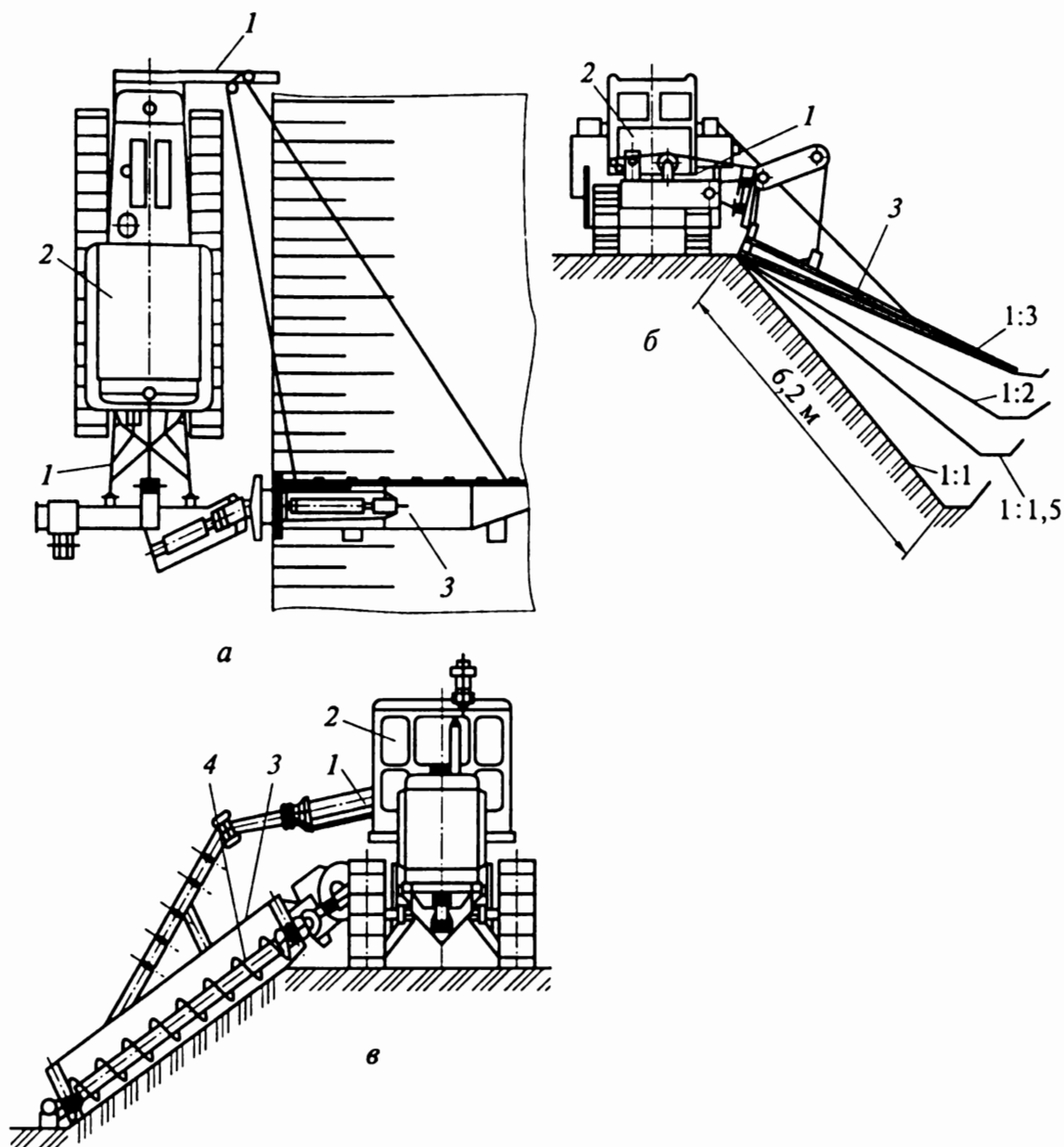


Рис. 15.1. Откосопланировщики с навесными рабочими органами на базе тракторов:

а — планировщик на базе тракторов с классом тяги 3 кН; *б* — планировщик на базе тракторов с классом тяги 10 кН; *в* — шнековый планировщик на базе тракторов с классом тяги 10 кН; 1 — система навески рабочего органа; 2 — трактор-тягач; 3 — рабочий орган планировщика; 4 — шнековый рабочий орган

рых грунтах сначала планируют и крепят подошву и дно, а затем планируют откосы канала. Для этих целей могут применяться как местные материалы (естественный дерн или рулонная дернина, камень, гравий, почвогрунт и др.), так и промышленные материалы (плиты из пористого бетона, бетонные и железобетонные плиты и лотки, битумные, латексные и другие пленкообразующие материалы). Наиболее эффективными являются способы комбинированного крепления откосов и дна каналов.

Для посева семян используются специальные сеялки.

Сеялка МЛТИ-РГС прицепная предназначена для высева семян трав и удобрений разбросным способом. Ее применяют для создания газонов в городских условиях, а также на участках, хорошо подготовленных к посеву семян газонных трав.

Основные части сеялки: рама с прицепным устройством, бункер для семян и удобрений с крышкой загрузочного люка, высевающая секция, защитный кожух, заделывающее устройство, пневматические колеса, маркер, механизмы привода высевающего диска и бункера, дозатор с универсальной дозирочной коробкой. Агрегатируется сеялка с трактором Т-25А.

Сеялка МЛТИ-СШГ предназначена для высева семян газонных трав и распределения минеральных удобрений по поверхности участков площадью более 1 000 м². Сеялка навесная, агрегатируется с тракторами класса тяги 6... 14 кН.

Основные узлы сеялки: рама с навесным устройством, бункер для семян и удобрений конусной формы, высевающий аппарат центробежного типа, шторка, защитный кожух, решетчатый каток, редуктор привода бункера и высевающего диска, регулятор положения конуса высевающего окна в дозаторе, дозатор, два опорных колеса, семяпровод.

При движении агрегата вращение от вала отбора мощности трактора передается на редуктор, а от него — на высевающий диск (высевное окно дозатора открыто) и бункер. Семена попадают на вращающийся диск и разбрасываются по поверхности участка. Задние грабли сеялки заделывают посевной материал. Глубина заделки регулируется положением грабель в почве. Прикатывание посевов осуществляется сетчатым катком.

Аналогично работает сеялка МЛТИ-СГУ. Небольшая масса сеялки и возможность изменения ширины захвата от 1,5 до 4,0 м позволяет использовать ее как на больших, так и на малых площадях.

Газонная сеялка ФЛ-200 (Италия) предназначена для посева семян газонных трав. Сеялка обеспечивает подготовку почвы, высеv и заделку семян, выравнивание поверхности. Для этого в конструкцию сеялки входят фреза, бункер для семян с высевающим аппаратом, заделывающие органы, нож-планировщик. Высевающий аппарат щеточного типа приводится во вращение от вала отбора мощности (ВОМ) трактора через карданную передачу. При вращении аппарата семена из бункера с помощью щеток через щелевой дозатор в виде ленты поступают на выровненную поверхность. С помощью сетчатого барабана происходит заделка семян. Сеялка навешивается на трактор класса 14 кН.

Крепление откосов способом гидропосева может проводиться по следующим схемам: без мульчирования и нанесения пленкообразующего материала; с одновременным мульчированием и

нанесением пленкообразующего материала; с последующим мульчированием и нанесением пленкообразующего материала.

Гидропосев без мульчирования включает в себя следующие операции: грубая планировка, рыхление и боронование откосов; нанесение на откосы рабочей смеси (семена трав, вода и минеральные удобрения). Эту технологическую схему следует использовать ранней весной или осенью, когда грунты на откосах имеют достаточную влажность и отсутствует опасности эрозии грунта и смыва семян.

Гидропосев с одновременным мульчированием и нанесением пленкообразующего материала состоит из следующих операций: нанесение рабочей смеси (семена трав, вода, пленкообразующий и мульчирующий материалы, минеральные удобрения) на откосы и последующий полив засеянных поверхностей.

Гидропосев с последующим мульчированием и нанесением пленкообразующего материала проводят в два этапа: первый — гидропосев; второй — покрытие семян мульчирующими и пленкообразующими материалами. Состав рабочей смеси такой же, как и при гидропосеве с одновременным мульчированием. Пленкообразующие материалы из битумных, латексных и других эмульсий служат для лучшего закрепления семян на откосах.

Создание газонов гидропосевом в настоящее время является одним из основных способов закрепления почвы на склонах, защиты почвенного покрова на участках, подвергаемых ветровой и водной эрозии, на участках с обнаженной материнской породой, на достаточно больших территориях, предназначенных для устройства обыкновенных газонов.

Гидропосев производится специальными машинами-гидросеялками, которые предназначены для распределения аэрируемой водяной струей семян трав, минеральных удобрений, мульчирующих и пленкообразующих материалов по откосам каналов, дамб, дорожных насыпей и других земляных поверхностей, не доступных для прохода техники.

По способу агрегатирования сеялки подразделяются на самоходные (ДЭ-16, КПМ-64, смонтированные на базе автомобиля; аналогичная им гидросеялка HD-9003 (Испания) и др.), полуприцепные (ПО-2А, МК-14А-1 и др.) и прицепные на тракторном прицепе.

Полуприцепная гидросеялка ПО-2А, основными рабочими узлами которой являются емкость с мешалкой, центробежный насос, гидропушка, трубопроводы и краны, служит для устройства газонов на откосах. Дальность полета струи составляет 40...70 м, производительность за смену — 1,0...3,5 га.

Гидросеялка КПМ-64 смонтирована на базе поливочной машины ПМ-130. Основные узлы гидросеялки: цистерна с лопастной мешалкой, система трубопроводов, гидропушка, рама. В цис-

терну заливаются вода и пленкообразующий материал, подается мульча и семена газонных трав. С помощью мешалки происходит образование смеси, которая под давлением, создаваемым гидронасосом, подается к распыливающему устройству — гидропушке.

Гидропушка, установленная на месте верхней крышки цистерны, может поворачиваться в горизонтальной плоскости на 360° , а в вертикальной плоскости — на 80° . Расход рабочей смеси, ширина захвата и дальность выброса регулируются различными типами сменных насадок. Дальность выброса струи изменяется от 8 до 35 м, производительность на одну заправку составляет до 1 000 м² при емкости цистерны 5 150 л.

Гидросеялка HD-9003 (Испания) служит для подачи на поверхность почвы смеси, состоящей из семян, удобрений и мульчи. Необходимое давление выброса создается специальным насосом. Для образования смеси сеялка снабжена баком с мешалкой, выполненным из пресованного полиэтилена или стали, покрытой полиэтиленом. Для выброса смеси сеялка снабжена гидропушкой и шлангом со специальными насадками.

Конструкция машины позволяет производить работы с гидропушкой и шлангом одновременно. Сеялка снабжена электрической дробилкой мульчи и системой рециркулирующего перемешивания, обеспечивающей быстрое образование смеси.

В качестве пленкообразующего вещества используется синтетическое волокно «ХИНЕТ» для гидропосева. Оно смешивается с семенами, удобрениями, мульчей, и в таком виде смесь разбрызгивается на почву, скрепляя ее для защиты от эрозии. Дальность выброса струи изменяется от 30 до 75 м, расход составляет 2,31 л/мин, производительность на одну заправку — 1 100 м².

Также в настоящее время достаточно широкое применение получил способ укрепления откосов с помощью искусственно выращенной рулонной дернины. Для выращивания дернины используют два основных метода:

- североамериканский, предусматривающий механизированную технологию выращивания газона на специально отведенных пашнях в течение 2...3 лет;
- европейский, предусматривающий выращивание газона на любых непроницаемых для корней участках, включая неудобные земли, с использованием специального материала, армирующего корневую систему.

Европейский метод является наиболее простым и обеспечивает формирование дернового ковра на не проницаемом для корней трав основании, например на полиэтиленовой пленке, расстилаемой по плотно укатанному грунту, или на бетонной или асфальтированной площадке. По основанию тонким слоем размещают субстрат верхового и низинного торфа в смеси с плодородной почвой (в соотношении 1 : 1) или торф с компостами (в соотно-

шении 4 : 1). Толщина субстрата должна быть не более 10 см. Субстрат готовят заранее. Если реакция смеси кислая ($\text{pH} < 4,8$), то необходимо внести известь (норма внесения составляет 2... 3 кг на 1 м³ субстрата). Оптимальная кислотность субстрата должна составлять 5,6... 7,5.

В подготавливаемую смесь вносят минеральные удобрения по следующей норме: калийные — 36 кг/га; фосфорные — 40 кг/га; азотные — 60... 90 кг/га (на 1 м³ смеси: 1,5 кг суперфосфата, 1 кг азотнокислого калия и 0,5 кг аммиачной селитры). По субстрату высевают семена газонных трав, таких как мятлик, овсяница, райграс; норму посева увеличивают в 2 раза. Посев производят весной. Оптимальная температура для роста трав составляет 15... 24 °С. Посевы тщательно поливают, особенно в первые две недели (2 раза в сутки из расчета 3... 5 л/м²). По мере роста трав и укрепления корневой системы переходят к одноразовому поливу по норме 10 л/м². Полив можно совмещать с жидкой подкормкой минеральными удобрениями. После вырастания трав до высоты 12... 15 см проводят скашивание (высота скашивания — 4... 5 см).

Дернина считается готовой для реализации, когда она легко отрывается от основания гряд монолитными пластинами и хорошо скручивается в рулон. Прочность на разрыв пласта дернины должна составлять 0,18... 0,20 кг/см². Масса 1 м² составляет 23... 27 кг. Масса монолита длиной 2,5 м не должна превышать 50... 60 кг. Готовые к реализации пласты дерна должны иметь ровную окраску, не должны иметь «проплешин» и не должны содержать сорняков. Корневая система должна образовать сплошную сеть переплетенных корешков, многие из которых имеют белый цвет. Готовую дернину режут на рулоны длиной 2,5... 6,0 м или более при ширине 1,0... 1,5 м. Нарезанную лентами дернину скручивают в рулоны с помощью специальных стержней и переносят к местам загрузки на автотранспорт. При реализации дернины в корнеобитаемом слое почвы относительная влажность должна сохраняться в пределах не менее 60 % от полной полевой влагоемкости.

С момента съемки дернины до ее укладки на постоянное место дерновые рулоны должны находиться в жизнеспособном состоянии. Длительное хранение рулона на участке и прекращение доступа света и воздуха к травянистому покрову приводит к его пожелтению и потере жизнеспособности дерна. В сухую погоду при недостатке влаги корни дерна подсыхают и отмирают, надземная часть засыхает.

Срок хранения пласта дерна — не более 4... 5 дней. Укладку рулонной дернины рекомендуется производить немедленно после ее разгрузки на объекте.

Оптимальными сроками устройства газона способом настилки рулонной дернины по поверхности участка являются: весенне-летний (с 15 мая по 15 июня) и осенний (с 15 августа по 15 сен-

тября). Это время наиболее интенсивного побегообразования у газонных трав. Почва не должна быть промерзшей, излишне сухой или перенасыщенной влагой. В сухую погоду требуется орошение основания (примерная норма — $5 \dots 6 \text{ л/м}^2$) во избежание гибели корней дерна.

Участок, подлежащий дернованию, планируют по проектным отметкам, делают разметку по краям границ, натягивая шнуры. Поверхность рыхлят на глубину $10 \dots 15 \text{ см}$, вносят и заделывают комплексное удобрение из расчета $50 \dots 60 \text{ г}$ на 1 м^2 ; его прикатывают легким решетчатым катком. Почва участка должна быть хорошо увлажнена. Рулоны дерна расстилают по подготовленной поверхности полосами, плотно подгоняя их друг к другу, осторожно утрамбовывая каждый ряд с помощью специально изготовленного пресса из толстых досок на рукоятке. Ряд дерна должен заканчиваться целой лентой или ее половиной. Швы (щели) между лентами заполняют растительной землей супесчаного механического состава, что облегчает срастание лент дернины.

Рабочие по мере настилки дерна находятся на самих лентах, стоя на специально подложенной широкой доске. Опыт показывает, что через $10 \dots 12$ дней дернина прирастает к почве. Через 15 дней необходимо осуществить первое скашивание отросшей травы. Для скашивания рекомендуется применять легкие газонокосилки (лучше всего — на воздушной подушке). Если дернование участка проводится осенью, то весной следующего года необходимо внести быстродействующее удобрение, содержащее азот (например, мочевины). В течение сезона необходимо поддерживать влажность почвенного слоя на уровне $60 \dots 70 \%$ от полной полевой влагоемкости.

Выращивание дернины осуществляют также на термогидрофильных плитах и пластиковой сетке. На торфопредприятиях России, Белоруссии, Латвии рулонную дернину выращивают на участках, где не менее двух лет добывали торф. Технология выращивания дернины заключается в следующем:

- предварительно проводят подготовку участка под посев (уборка корневых остатков, планировка и фрезерование верхнего слоя на глубину $3 \dots 5 \text{ см}$ фрезерным барабаном);
- при влажности торфа в этом слое около $70 \dots 80 \%$ производят посев семян газонных трав из расчета $70 \dots 100 \text{ кг/га}$;
- прикатывают поверхность в $3 \dots 4$ следа, вносят гранулированные минеральные удобрения (азот, фосфор, калий) из расчета 80 кг действующего вещества на 1 га и известь из расчета 200 кг/га . Затем снова прикатывают поверхность участка;
- при влажности торфа в верхнем слое менее 70% засеянный участок поливают из расчета 10 л/м^2 .

Корни трав развиваются в верхнем слое, не проникая вглубь, так как нижние слои торфа имеют сильно кислую реакцию. Выра-

шенная дернина легко снимается, а нижний подстилающий слой пригоден для следующего цикла культивирования дернины.

Примерный комплекс машин для производства торфодерновых рулонов включает в себя: тарельчатый разбрасыватель для посева семян трав, внесения минеральных удобрений и известковых материалов; водоналивной каток для прикатывания поверхности производственного участка; передвижную дождевальную установку для забора воды из имеющихся водоемов и полива посевов; широкозахватную газонокосилку; навесной дернорез для подрезки лент снизу и скатывания их в рулоны диаметром до 400 мм; мягкие контейнеры для укладки в них до 10...15 рулонов вручную; транспортное средство для перевозки торфодерновых рулонов.

Все прицепное и навесное оборудование можно использовать в агрегате с колесными тракторами класса 6...14 кН. Рулоны для облицовки откосов канала должны иметь толщину от 10 до 40 мм, массу 1 м² не более 25 кг и прочность на разрыв не менее 19 кПа. При глубине каналов менее 2 м рулоны укладывают параллельно, а при глубине более 2 м — перпендикулярно линии бровки откоса канала. В последнем случае рулон раскатывают от бровки к подошве откоса.

15.2. Машины и механизмы по уходу за газонами

Дерновой покров и верхний слой почвы газона нуждаются в своевременном и качественном уходе. Технология ухода за газоном зависит от его назначения и использования, применяемых травосмесей, содержания питательных веществ в почве, ее физических свойств. К основным мероприятиям по уходу за газонами относятся: кошение, механическая обработка дернины, внесение удобрений, борьба с вредителями, болезнями и сорняками, текущий и капитальный ремонт.

Регулярное скашивание газона способствует образованию плотной дернины и качественного травостоя, устойчивого к вытаптыванию и прорастанию сорняков. Высота травостоя в значительной степени влияет на его развитие. Частое скашивание травы до высоты 1...2 см приводит к выпадению крупностебельных трав (овсяница луговая, райграс и др.), что, в свою очередь, отрицательно сказывается на декоративности газона. При редком кошении газона травостой меняет окраску и также теряет декоративность.

Партерные газоны скашивают не менее одного раза в 10 дней на высоте 3...4 см, т.е. не менее 15 раз за сезон; обыкновенные газоны — на высоте 4...5 см, т.е. не менее 10 раз за сезон.

Кошение луговых газонов производят 1—2 раза за вегетационный период. Первое скашивание после посева производят после

достижения травостоем высоты 15...20 см, последующие скашивания — после достижения травостоем высоты 10...12 см.

Для механизированного кошения травостоя используются специальные машины — газонокосилки. Газонокосилки классифицируются:

- по способу агрегатирования: ездовые, пешеходные;
- по способу перерезания стебля: подпорное резание, бесподпорное резание;
- по типу режущего аппарата: с возвратно-поступательным действием, плосковращательный, вращательно-цилиндрический;
- по типу опорной системы: скользящая опора, колесная опора, несущая система на воздушной подушке;
- по производительности: малой производительности с шириной захвата рабочего органа до 0,35 м; средней производительности с шириной захвата рабочего органа 0,50 м; большой производительности с шириной захвата рабочего органа 1,00 м и более;
- по типу привода: безмоторные с приводом от опорного колеса, моторные с приводом от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя, с приводом от ВОМ базового шасси.

Конструктивно все типы газонокосилок включают в себя следующие элементы: режущий аппарат, опорная система, система привода режущего аппарата, система управления элементами косилки. Ряд газонокосилок снабжен системой удаления срезанной массы и предохранительным кожухом.

Режущие аппараты предназначены для качественного и своевременного кошения травостоя. Режущим элементом плосковращательного аппарата является нож, вращающийся в горизонтальной или наклонной плоскостях вокруг оси, перпендикулярной этой плоскости.

Особенность работы этого типа режущего аппарата — бесподпорное резание стеблей травостоя, требующее высокой частоты вращения ножа (1 400...1 500 об/мин), при которой стебли практически не отклоняются от положения, занимаемого ими до контакта с ножом. Однако высокая частота вращения ножа газонокосилки увеличивает опасность ее эксплуатации, поэтому рабочий орган должен иметь предохранительный кожух. Предохранительный кожух косилки выполняет следующие функции: вместе с ножом формирует и направляет движение потока срезанной массы, а также создает совместно с ножом пневматический подпор, улучшающий качество среза стеблей.

Чем быстрее срезанная масса будет выбрасываться из полости кожуха, тем меньше возможность его забивания, выше качество среза, меньше затраты энергии (число стеблей, перерезаемых в два и более раз, уменьшается). Кожух, как правило, имеет улиткообразную форму, сварен из листовой стали и имеет выбросное окно, расположенное справа по ходу движения.

Плосковращательный аппарат производит высококачественный срез стеблей любой высоты; инерционные нагрузки практически отсутствуют; качество среза увеличивается с увеличением частоты вращения ножа; высоту среза можно регулировать. Режущий аппарат, хорошо вписываясь в микрорельеф обрабатываемой поверхности и создавая требуемый декоративный фон, используется при кошении партерных и обыкновенных газонов. Ширина захвата выбирается в диапазоне 0,35...0,70 м, так как при ширине захвата более 0,7 м возможно скальпирование газона; при ширине захвата менее 0,35 м требуется очень большая частота вращения.

Вращательно-цилиндрический режущий аппарат представляет собой барабан со спиральными режущими ножами, установленными с равным шагом по окружности, и противорежущим ножом.

Газонокосилки с вращательно-цилиндрическими режущими аппаратами в зависимости от типа устройства, приводящего в движение рабочий орган и весь агрегат, подразделяются на безмоторные и моторные. В безмоторных газонокосилках ножевой барабан вращается под действием силы тяги, возникающей от сцепления ходовых колес с поверхностью травяного покрова при толкании косилки оператором вручную или специальным тягачом. В моторных косилках, как правило, используют двигатели внутреннего сгорания.

Работа газонокосилок с вращательно-цилиндрическими режущими аппаратами заключается в следующем: стебель травы или слой стеблей подхватывается спиральными ножами, закрепленными на режущем барабане и работающими как планки мотопила, подводится к противорежущему ножу и перерезается им. Качество стрижки зависит только от конструктивных параметров и режимов работы аппарата. Это позволяет успешно использовать их при уходе за партерными и спортивными газонами, а также за газонами специального назначения.

Аппарат с возвратно-поступательным движением режущих сегментов состоит из ножа, выполненного в виде отдельных сегментов, приклепанных к специальной полосе (сегменты имеют две заточенные грани-лезвия); пальцевого бруса, на котором крепятся пальцы с противорежущими пластинами; полозков, выполняющих роль опорной системы и регулирующих высоту кошения; системы привода. С помощью ножевой головки нож косилки соединяется с шатуном, который обеспечивает возвратно-поступательное движение сегментов.

При работе косилки стебли формируются в пучки с помощью пальцев и, попадая между кромками противорежущих пластин, служащих упорами, срезаются сегментами. Возможность использования в конструкциях моторизованных инструментов таких ре-

жущих аппаратов объясняется относительно безопасной эксплуатацией, а также низкой металлоемкостью, энергоемкостью и массой, приходящимися на единицу ширины захвата. Однако низкое качество среза ограничивает их применение луговыми газонами.

Опорные системы газонокосилок предназначены для стабилизации заданного положения режущего органа относительно поверхности газона и обеспечения рабочего движения косилки по газону. Опорная система включает в себя ходовую часть (с приводом для самоходных машин), взаимодействующую с поверхностью газона, и силовую часть (каркас), на котором крепятся элементы ходовой части и другие узлы газонокосилки.

В конструкциях газонокосилок применяют три типа ходовой части опорной системы: со скользящей опорой, с колесной опорой и с опорой на воздушной подушке. На некоторых косилках используются различные комбинации таких систем. По способу движения опорной системы различают косилки, навешиваемые на базовые шасси, самоходные и несамоходные, перемещаемые вручную оператором.

Опоры скользящего типа применяются на косилках, навешиваемых, как правило, на мотоагрегаты. Для их перемещения необходимо тяговое усилие, соизмеримое с силой тяжести косилки. Конструктивно такие опоры выполняются в виде полозьев или выпуклых опорных лап.

Однако скользящие опоры при перемещении и маневрировании могут повредить поверхность газона.

Колесные опорные системы используются на косилках с различными способами перемещения по газону. Сравнительно небольшие усилия на перекачивание, возможность осуществления самохода, универсальность применения на газонах различных типов и с различными режущими аппаратами обуславливают их широкое применение.

Несамоходные газонокосилки применяются для кошения партерных и обыкновенных газонов малой и средней мощности. Самоходные косилки используются на средних и крупных газонах. Навесные косилки на базовом шасси класса 2...6 кН используются на крупных газонах.

К недостаткам колесных систем можно отнести сложность работы на газонах с крутизной более 20°, на влажных газонах и газонах с ослабленной дерниной. Кроме того, затрудненное маневрирование в стесненных местах ограничивает применение колесных косилок.

Несущие опорные системы на воздушной подушке отличаются от рассмотренных ранее систем тем, что при работающем двигателе воздух, подаваемый внутрь камеры, создает повышенное давление — воздушную подушку, за счет чего косилка приподнимается на высоту до 10 мм над поверхностью газона. Косилки на

воздушной подушке маневренны, работают на откосах с крутизной до 45° , легки в управлении, хорошо копируют рельеф.

Пешеходные газонокосилки — газонокосилки, управляемые идущим за ними оператором, для чего в ее конструкции предусмотрены специальные рукоятки управления.

Пешеходные газонокосилки могут быть безмоторными (режущий аппарат приводится в действие от опорного колеса) и моторными с механическим или электрическим приводом. В качестве рабочего органа используются режущие аппараты барабанно-цилиндрического и плосковращательного типов, а также аппараты с возвратно-поступательным движением режущих сегментов.

Опорные системы косилок — колесные, скользящие или на воздушной подушке. В зависимости от ширины захвата рабочего органа косилки могут быть малой и средней производительности. По способу резания косилки могут быть подпорного и бесподпорного резания.

Безмоторные бытовые газонокосилки с режущим аппаратом вращательно-цилиндрического типа, колесной опорной системой, малой производительностью предназначены для работы в стесненных условиях, на газонах со сложным микрорельефом и на небольших партерных газонах. Вращение барабана, как правило, происходит от опорного обремененного колеса через зубчатую передачу с внутренним зацеплением и обгонную муфту сцепления.

Пешеходная бензомоторная газонокосилка (рис. 15.2) средней производительности состоит из двигателя внутреннего сгорания 8, несущей рамы, режущего аппарата, трансмиссии, четырехколесной системы, рукояток управления 2, 3, 10... 12, предохранительного кожуха 7; устройства для выброса скошенной травы 6. Рабочим органом газонокосилки является плосковращательный нож, который срезает стебли травостоя высотой до 20 см. В процессе работы оператор перемещает косилку вручную при включенном самоходе, работающем от двигателя. При этом вращающийся нож производит срез травы, которая выбрасывается через окно кожуха на поверхность газона. В рабочем положении расстояние от нижней кромки кожуха до поверхности газона уменьшается до 3 мм из-за вдавливания колес в почву. Это надо учитывать при установке ножа на заданную высоту среза. При повышенной (до 60 %) влажности травостоя двигатель необходимо выключать через каждые 40... 45 мин непрерывной работы на 10... 15 мин для охлаждения. Косилка дает хорошие результаты на прямолинейных газонах и на газонах с крутизной 8° . При повышении крутизны высоко расположенный центр тяжести машины не позволяет качественно обработать газон.

Осуществление поворотов производится оператором без отключения ведущего колеса, что немного снижает усилие поворота.

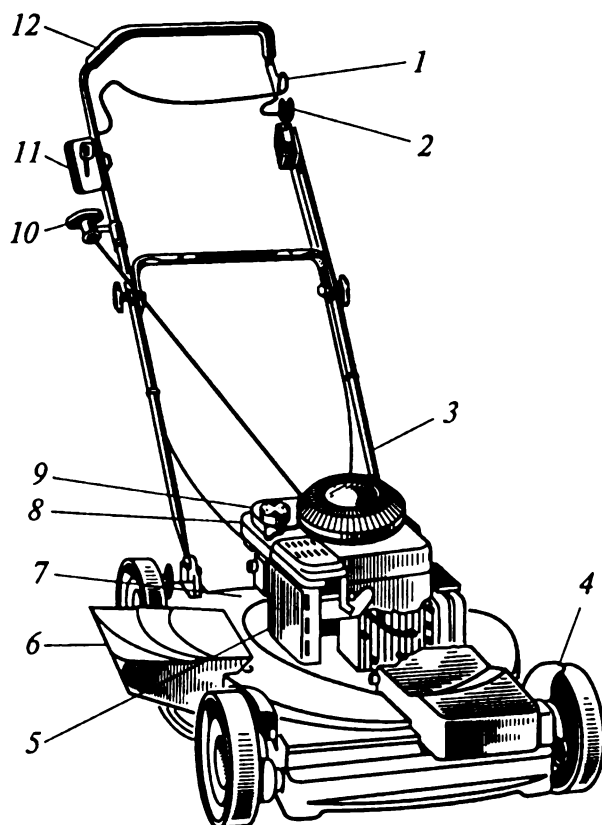


Рис. 15.2. Пешеходная бензомоторная газонокосилка:

1 — тормоз; 2 — регулятор; 3 — нижняя рукоятка; 4 — опорное колесо; 5 — воздушный фильтр; 6 — устройство для выброса скошенной травы; 7 — предохранительный кожух; 8 — двигатель; 9 — горловина для заливки бензина; 10 — ручка стартера; 11 — ручка газа; 12 — верхняя рукоятка

Наименьший радиус поворота по внешнему контуру газонокосилки — 600 мм. Качество среза и эксплуатационная производительность зависят от состояния газона, влажности подрезаемой травы. Оптимальная высота среза составляет 4...6 см. При более низком срезе корни трав не проникают глубоко в землю, что сказывается на их дальнейшем развитии. Ширина захвата газонокосилки составляет 0,5 м; скорость передвижения — до 4 км/ч; производительность — $750 \text{ м}^2/\text{ч}$; частота вращения ножа — до 5 000 об/мин; высота среза — до 80 мм.

Из отечественных газонокосилок к данному типу можно отнести косилки СК-15, СК-15А и др. Аналогичные косилки фирмы «Хускварна» имеют небольшую массу, легки в управлении, обладают высокими эксплуатационными характеристиками. Газонокосилки серии «Ройял» оснащены двигателями мощностью от 2,75 («Ройял 46») до 4,0 кВт («Ройял 53»). Для сбора скошенной травы косилки укомплектованы травосборниками емкостью от 50 («Ройял 46») до 75 л («Ройял 53»).

Самоходная газонокосилка средней производительности СК-15А используется для кошения газонов площадью до $1\,000 \text{ м}^2$ с

возможным включением древесно-кустарниковых насаждений, наличием цветников, дорожек и т.д.

Газонокосилка состоит из двигателя внутреннего сгорания, несущей рамы, режущего аппарата, трансмиссии, четырехколесной системы, рукояток управления, кожуха и ножа.

Рабочим органом газонокосилки является плосковращательный нож, который срезает стебли травостоя до 20 см. Геометрия режущего элемента (пропеллерная форма) позволяет создавать в зоне резания подъемную силу, что облегчает кошение полеглой травы.

Привод режущего аппарата осуществляется от двигателя через фрикционную муфту и вертикальный вал, имеющий в нижней части фланцевую шлицевую втулку. К фланцу с помощью болтов крепится нож. Положение ножа по высоте может регулироваться заменой втулок.

В средней части вала на шпонке закреплен шкив трансмиссии опорных колес. Трансмиссия опорных колес состоит из клиноременной передачи, шкива, червячного редуктора, цепной передачи, вала червячных колес. Кожух косилки сварен из листовой стали и имеет форму улитки. Выбросное окно расположено справа по ходу движения косилки.

Рама косилки выполнена из труб и в плане имеет форму треугольника. На раме устанавливается редуктор, натяжной ролик, корпус привода и рукоятки управления, монтируются опорные колеса.

Для управления косилкой в конструкции предусмотрены рукоятки управления, рычаг управления дроссельной заслонкой карбюратора и фиксатор положения муфты включения.

Двигатель косилки типа «Дружба-4» одноцилиндровый, двухтактный, бензиновый мощностью 3,0 кВт. При перегрузках рабочего органа муфта отключает двигатель, не давая ему заглохнуть. Запуск двигателя осуществляется съемным стартером. Двигатель снабжен специальным глушителем, конструкция которого обеспечивает уровень шума, не превышающий 85 дБ.

Оптимальная высота среза составляет 4...6 см. При более низком срезе корни трав не проникают глубоко в землю.

Газонокосилка СК-20 — несамоходная, на воздушной подушке. Она предназначена для кошения газонов на площадях до 1 000 м² с уклоном до 45°, расположенных в труднодоступных местах с ослабленной дерниной.

Газонокосилка состоит из несущей камеры, на которой смонтированы двигатель и коллектор. На валу двигателя внутри камеры расположен центробежный вентилятор и плосковращательный нож. Транспортные перемещения косилки осуществляются с помощью колесной тележки.

Рабочий орган газонокосилки — плосковращательный нож с шириной захвата 0,5 м. Опорная система газонокосилки — воз-

душная подушка. Силовой агрегат — двигатель «Дружба-4 Электрон».

Центробежный вентилятор обеспечивает забор воздуха через специальный коллектор и подачу его внутрь камеры. Коллектор — специально спрофилированное устройство, состоящее из набора пластин и позволяющее уменьшить потери энергии на входе воздуха под кожух газонокосилки.

Несущая камера газонокосилки в плане имеет форму круга с нижней отбортовкой, которая выполняет роль лыжи, снижающей усилие отгиба травы при движении и амортизирующей удары при наезде на выступы почвы и другие препятствия на поверхности газона. Такая форма камеры с отбортовкой по периферии при одинаковом усилии на перемещение по всем направлениям позволяет оператору разворачивать газонокосилку на месте, что в значительной степени увеличивает маневренность.

При достижении определенной частоты вращения двигателя оператор включает приводной вал посредством муфты сцепления. При вращении вентилятора в полости камеры создается избыточное давление, которое позволяет поднимать газонокосилку над поверхностью газона на высоту 7...8 мм. Оператор толкает газонокосилку перед собой с усилием 12...14 Н, и нож, расположенный на одном валу с вентилятором, косит траву.

Срезанная зеленая масса разбрасывается из-под камеры газонокосилки на расстояние до 0,5 м. Изменяя число оборотов двигателя, можно регулировать высоту подъема косилки над газоном.

Для снижения шума косилка оборудована специальным глушителем, аналогичным глушителю косилки СК-15А. Воздушный поток омывает поверхность рубашки охлаждения, благодаря чему двигатель не перегревается.

Электрическая газонокосилка КГ-1000 — не самоходная. Она состоит из несущего корпуса двух опорных колес, плосковращательного режущего аппарата, электродвигателя, рукоятки управления, системы управления электродвигателем. Опорные колеса установлены в задней части корпуса по ходу поступательного перемещения машины.

Передняя вертикальная цилиндрическая стенка корпуса имеет вырезы для облегчения проникновения травостоя внутрь корпуса и опирается на опорный башмак. Оператор толкает косилку впереди себя. Поскольку опорные колеса связаны с корпусом независимо друг от друга, машиной легко маневрировать. Изменяя положение опорных колес, можно изменять высоту кошения травостоя.

Применение электрического привода в значительной степени снижает уровень рабочего шума, что позволяет использовать косилки подобного типа для кошения газонов на территории больниц, санаториев, детских учреждений и т.д.

К недостаткам электрических газонокосилок относятся необходимость автономного источника питания или стационарной электрической сети, повышенная электроопасность.

Представляет интерес газонокосилка на солнечных батареях «Солар Мовер». Косилка состоит из системы солнечных батарей с компьютером, двух электродвигателей, детектора столкновений, режущего рабочего органа, корпуса, опорных колес. Солнечная батарея, связанная с компьютером, получает подзарядку солнечной энергией, включая и отключая косилку в заданное время.

В солнечные дни косилка может работать без остановки. В пасмурную погоду ее рабочее время значительно короче. Рабочая зона газонокосилки определяется проволочным ограждением по всему периметру участка.

По ограждению проходит слабый ток. Встроенный сенсор обнаруживает границу и заставляет косилку развернуться, детектор столкновения срабатывает подобным образом при приближении к деревьям, камням, садовой мебели и т. д.

Рабочий орган газонокосилки — плосковращательный ножевой диск с тремя ножами; ширина захвата косилки — 0,55 м; высота стрижки травостоя — от 30 до 95 мм. Аналогично устроена автоматическая газонокосилка «Авто Мовер», которая может работать в любое время суток. Время работы задается компьютерным счетчиком. Косилка может обрабатывать участок газона площадью до 2 тыс. м², огороженного слаботочным проволочным ограждением. После 1,5 ч работы газонокосилка самостоятельно находит дорогу к зарядному устройству, расположенному на участке. Подзарядившись, она автоматически возвращается к работе.

Для кошения газонов на небольших площадях, в труднодоступных местах, под кустами, вблизи стволов деревьев, у изгородей и возле дорожек применяются газонокосилки, имеющие в качестве рабочего органа гибкую нить. В большинстве случаев применяются прочные капроновые или нейлоновые нити. При определенной скорости рабочей головки с нитью последняя растягивается центробежной силой, занимает положение, обеспечивающее заданную ширину захвата, и производит кошение травостоя. Длина нити ограничивается, как правило, защитным кожухом. В качестве привода в косилках используются электрические и механические двигатели. У большинства косилок двигатели расположены в верхней части трубчатого жесткого кожуха, в котором находится гибкий вал привода рабочего органа.

Рабочий орган газонокосилки 322Р фирмы «Хускварна» состоит из режущей головки с кордовой нитью или режущим диском. Штанга снабжена резиновыми амортизаторами системы «Лоу Виб», которые уменьшают вибрацию, защищая оператора. Рукоятки управления расположены под углом 7° к штанге, поэтому режущий аппарат находится непосредственно перед оператором. Двигатель

мощностью 0,62 кВт имеет незначительный выброс вредных веществ; масса двигателя — 4,6 кг.

Ездовые газонокосилки предназначены для кошения газонов на площади более 1 000 м². Газонокосилки состоят из специального самоходного шасси и режущего аппарата с шириной захвата 1 м и более. Режущий аппарат может быть смонтирован в передней части шасси или между опорными колесами. В первом случае вращающиеся ножи срезают стебли газонной травы, еще не смятые передними опорными колесами. Оператор, находящийся на сидении базового шасси, визуально контролирует работу режущего аппарата. Переднее крепление облегчает обслуживание режущего аппарата. Расположение рабочего органа между опорными колесами позволяет уменьшить габаритные размеры косилки, делает ее более маневренной. В качестве рабочих органов используются два и более плосковращательных или вращательно-цилиндрических режущих аппарата.

Газонокосилка СГ — самоходная, большой производительности. Она оборудована рабочим органом с общей шириной захвата 1 м и предназначена для стрижки обыкновенных и луговых газонов с небольшим числом включений в виде деревьев, кустарников и дорожек площадью более 1 000 м². Газонокосилка состоит из специального самоходного шасси — мотороллера ТГ-200 с двигателем мощностью 7,2 кВт. Крутящий момент от двигателя через коробку передач и муфту передается на входной вал редуктора, далее через систему привода — на трансмиссию режущего аппарата и через дифференциал на полуоси задних опорных колес. Таким образом, косилка может перемещаться как при выведенном из работы режущем аппарате, так и при включенном для кошения режущим аппаратом. База самоходного шасси составляет 700 мм, колея — 750 мм, радиус поворота — 850 мм. Ширина захвата режущего аппарата — 1 000 мм; высота среза травостоя — 40—100 мм.

Газонокосилка КГШ-1,5 предназначена для скашивания газонов площадью более 1 000 м². Она выполнена в качестве навесного оборудования на самоходное шасси Т-16 М. Рабочий орган представляет собой блок из трех плосковращательных ножей с общей шириной захвата 1,5 м. Блок ножей смонтирован внутри защитного кожуха и с помощью пантографа подвешен между осями опорных колес базового шасси. С помощью гидросистемы режущий аппарат может занимать рабочее или транспортное положение. Пантограф имеет свободный ход за счет изменения длины тяг в пределах 50 мм, что позволяет режущим ножам копировать рельеф обрабатываемой поверхности. Высота стерни, оставляемой после прохода машины, составляет 40...100 мм. Кинематическая схема режущего аппарата включает в себя ВОМ трактора, цепную передачу, карданный вал и конический редуктор. Ножи режущего аппарата связаны клиноременной передачей.

Фирма «Хускварна» выпускает два типа самоходных газонокосилок: с передней навеской рабочего органа и креплением рабочего органа между передней и задней осями опорных колес. Газонокосилки серии «Райдер» оснащены компактными двигателями мощностью от 7,72 до 14,7 кВт; режущий аппарат включает в себя два и более плосковращательных ножа с общей шириной захвата от 85 до 120 см и высотой стрижки от 7 до 90 мм. Шарнирный рулевой механизм обеспечивает малый радиус поворота, при котором несокошенный круг составляет не более 20...30 см, что облегчает стрижку газона вдоль углов и вокруг деревьев. Все модели оснащены системой «Био Клип», при наличии которой трава измельчается и остается на газоне.

Газонокосилка «Райдер 18 ПроФлекс» имеет двухцилиндровый двигатель мощностью 13,2 кВт и четырехколесную опорную систему. Рабочий орган представлен тремя режущими ножами. Предохранительный кожух усилен стальной полосой толщиной 3 мм. Колеса позволяют копировать поверхность газона.

Мелиоративные косилки — специальные машины, способные окашивать откосы, дно и бермы каналов. Применяют в основном два типа режущих аппаратов: роторный с вращательным движением ножей и сегментный с возвратно-поступательным движением ножей. Роторный режущий аппарат отличается простотой, легко агрегируется с базовой машиной, способен одинаково хорошо срезать как тонкостебельные, так и толстостебельные травы практически при любой плотности травостоя. Однако роторный режущий аппарат не может работать под водой. Режущие аппараты подпорного резания (сегментные) имеют меньшую скорость работы, что позволяет повысить надежность среза, в том числе в каналах, наполненных водой. В двухножевых аппаратах два ножа одновременно движутся навстречу друг другу. Каждый из них выполняет функции режущего и подпорного элементов. В этом случае существенно снижаются инерционные усилия, повышается плавность работы косилки, однако усложняется конструкция механизма привода ножей.

Полив и подкормка газонов. Одними из важнейших технологических операций по уходу за газонами являются полив и подкормка травостоя. Декоративное состояние газонных трав и нормальное их отрастание после кошения зависит от регулярности полива, который должен обеспечивать необходимую влажность корнеобитаемого слоя на глубину до 20 см. Оптимальная влажность почвы при этом составляет не менее 75 % от полной полевой влагоемкости данной почвы. На песчаных почвах полив проводится каждые 5...7 дней, на глинистых и суглинистых почвах — каждые 10...12 дней.

Норма полива определяется климатическими условиями данного района, биологией развития газонных трав и колеблется в

пределах 15... 20 л/м². Для полива газона применяются как стационарные, так и передвижные системы.

Регулярное скашивание травостоя и последующий его интенсивный рост вызывают необходимость обильного и систематического питания газонных трав. Особенно важной является подкормка травостоя в первый год его роста и развития, причем в этот период травы очень нуждаются в фосфорных и азотных удобрениях. В конце срока вегетации растения также нуждаются в фосфоре и калии, которые повышают морозоустойчивость газона. В течение периода вегетации в почву вносят полное минеральное удобрение из расчета не более 15 г на 1 м². Удобрения могут вноситься как в сухом, так и в жидком виде. После внесения сухих удобрений участок разравнивают и поливают. Вносят органические удобрения слоем от 0,5 до 2,0 см и полосами шириной 1,0... 1,5 м (в зависимости от состояния газона). В качестве удобрений применяют, как правило, торфокомпост, т. е. смесь торфа с добавками (доломитовая мука и др.).

По способу перемещения дождевальные установки подразделяются на стационарные, передвижные и полустационарные.

Стационарные дождевальные установки позволяют, как правило, полностью автоматизировать процесс полива, так как дождеватели устанавливаются на весь сезон полива. Такие установки обычно питаются от одного устройства (насос, забирающий воду из расположенного поблизости водоема, водопроводная магистраль и т. д.). Недостатком стационарных установок является низкий коэффициент их использования. Число установок зависит от их производительности, дальности выброса струи воды и размера орошаемой площади.

Передвижные дождевальные установки более маневренные, однако требуют специально закрепленного для их обслуживания персонала.

Полустационарные дождевальные установки обычно выполняются в виде передвижных полуавтоматических агрегатов для шлангового полива.

Для орошения насаждений, расположенных непосредственно вдоль берегов водоемов, особенно на откосах и дамбах, целесообразно применять дальнеструйные дождевальные установки ДДН-45, -50, -70 и установки, размещенные на плавучих средствах (катерах, понтонах и др.).

В этом случае отпадает необходимость прокладки технического водопровода вдоль побережья.

По типу разбрызгивателей (насадок) дождевальные установки подразделяются на веерные и струйные.

Веерные насадки образуют поток воды в виде тонкой пленки, распадающейся на мелкодисперсные капли. Насадки имеют небольшой радиус действия (до 10 м), что актуально на небольших

участках. На орошаемом объекте насадки устанавливают неподвижно. К веерным относятся щелевые, дефлекторные и центробежные насадки.

Струйные насадки создают направленный поток жидкости в виде асимметричной струи. В момент полива насадки вращаются вокруг вертикальной оси, орошая при этом всю прилегающую к установке площадь, в зависимости от соответствующего радиуса распыла. Насадки подразделяются на короткоструйные с радиусом действия до 20 м, среднеструйные с радиусом действия до 30 м и дальнеструйные с радиусом действия более 40 м.

Дождевальная установка СК-16 предназначена для работы на газонах; ее радиус действия — 10 м. Струйный насадок, неподвижно закрепленный на треножном штативе, вращается под действием реактивной силы, возникающей при попадании части струи, выбрасываемой из насадка, на дефлекторную пластину. В зависимости от угла установки дефлектора насадок может совершать вокруг оси до 60 об/мин. Распределение воды по поверхности определяется двумя положениями: полив осуществляется одной или одновременно несколькими установками. В первом случае желательно иметь такой дождеватель, который позволял бы равномерно орошать всю оперативную площадь установки. Во втором случае равномерное распределение осадков нежелательно, так как в зоне перекрытия двух соседних установок будет наблюдаться переувлажнение почвы, поэтому в этой зоне выгодно уменьшение интенсивности подачи воды. Конструкция дождевальной установки СК-16 позволяет изменять интенсивность увлажнения в зоне полива.

В городских условиях используют дождевальные насадки с жестко закрепленным относительно струи дефлектором.

Для полива газонов, к которым имеются подъезды с твердым покрытием, применяются специальные поливные машины. Наибольшее распространение получили поливомоечные прицепы к тракторам и специальные машины на автомобильных шасси.

Поливомоечный прицеп УСБ25-ПМ входит в комплект сменных рабочих агрегатов универсальной машины УСБ-25 для ухода за скверами и бульварами.

В качестве базовой машины используется модернизированный трактор Т-25А, оборудованный рядом дополнительных узлов и механизмов.

Поливомоечный прицеп представляет собой цистерну вместимостью 2 000 л, установленную на одноосном шасси. Шасси снабжено тормозной системой. Для всасывания воды при заполнении цистерны водой из водосмов, а также для нагнетания жидкости в трубопроводную систему при рабочих операциях на прицепе смонтирован редуктор с насосом. Привод редуктора осуществляется карданным валом от вала отбора мощности тягача.

Трубопровод водяной системы снабжен кранами и присоединительными патрубками. Для мойки и поливки установлены сопла. Поливать можно также напорным рукавом, присоединенным к одному из патрубков. К этому же патрубку присоединяют распределитель гидробуров, необходимых при подкормке растений специальным раствором.

Сопла, через которые происходит разлив воды, расположены сзади водителя — на прицепе. Для облегчения контроля водителя за работой сопел с двух сторон кабины трактора установлены зеркала, улучшающие обзорность рабочей зоны. Левое сопло машины может направлять поток воды как в правую, так и в левую стороны, что расширяет возможности поливки. Регулировать расход воды из сопла при поливке и мойке можно с помощью сменных прокладок, изменяющих размеры щели сопла. Для полива зеленых насаждений можно включать как передние, так и задние сопла; полив при этом производится с левой и правой сторон прицепа. Аналогично работает односопловый прицеп КО-705ПМ с поливочным оборудованием, смонтированным на специальном шасси, соединенным с трактором Т-40А.

Из поливомоечных машин, установленных на автомобильном шасси, наибольшее распространение получили ПМ-130 на шасси автомобиля ЗИЛ-130 и машины АКПМ-3 и КПМ-64 на том же шасси.

Основными элементами поливочной машины ПМ-130 являются базовые шасси и цистерна с оборудованием для полива. Внутри цистерны установлены волнорезы и контрольная сливная труба, а также центральный клапан с фильтром. Контрольная труба ограничивает наполнение цистерны. Центральный клапан служит для управления из кабины водителя подачей воды в центробежный насос.

Трубопроводы на машине подразделяются на всасывающий и напорный. Всасывающий трубопровод соединяет горловину центрального клапана с всасывающим патрубком насоса. Напорный трубопровод выведен от центробежного насоса вправо и вперед для установки одного насадка с правой стороны машины за кабиной водителя и двух насадков перед машиной. Для отключения любого из насадков напорный трубопровод имеет два трехходовых крана. Благодаря шарнирному креплению к трубопроводу насадки можно устанавливать в положение для мойки или полива. Цистерна заполняется водой из водопроводной сети или водоема.

Механическая обработка дернины и землевание. Одной из причин преждевременного сокращения срока службы газонов является образование плотной войлочной дернины и самоуплотнение почвы в процессе эксплуатации, что вызывает ухудшение аэрации. Недостаток кислорода в почве способствует развитию ана-

эробных процессов, в результате которых образуются токсичные вещества, вызывающие гибель газонных трав. Это приводит к изреживанию газона, его поверхность зарастает сорняками, ухудшаются декоративность газона и его санитарно-гигиенические качества.

Для того чтобы предотвратить подобные явления, можно использовать специальные приемы регенерации, которые заключаются в проведении механической обработки дернины. Обработка включает в себя прикатывание поверхности газона, устраняющее разрыв между дерниной и почвой, и прорезывание или прокалывание дернины, улучшающее воздухообмен (аэрация почвы). Благоприятно действует на развитие дернины землевание, т.е. покрытие поверхности газона смесью органических удобрений, растительной земли и крупнозернистого песка в соотношении 1 : 2 : 2 слоем толщиной 2...3 см. Землевание, как правило, проводится осенью, после последнего скашивания газона.

Наиболее распространен способ прокалывания почвы, не снижающий декоративности газона, с помощью устройства в виде барабана с прокалывающими шипами, навешиваемого на трактор. Барабан прокатывается по поверхности газона и под действием собственного веса шипы последовательно входят в дерн, оставляя за собой проколы. Во избежание излишних повреждений дернины концы шипов не должны протаскиваться в направлении перемещения машины. Прокалывающие шипы могут быть сплошными или полыми. При использовании полых шипов обеспечивается более длительная сохранность отверстий, так как шипы вынимают почвенные керны. Конструкция аэраторов с полыми шипами достаточно сложна.

Для облегчения заглубления шипа в грунт его вершина должна иметь угол заострения не менее 30°. При таком угле заострения увеличивается срок службы шипа.

Аэратор СК-18 навешивается на трактор Т-25 и состоит из рамы-основания, барабана, опирающегося на ось подшипниками скольжения, прокалывающих шипов, сцепного устройства и защитного кожуха, предохраняющего оператора от случайного контакта с шипами.

Ширина захвата барабана — 1 000 мм, диаметр барабана с учетом размера шипов — 680 мм, глубина прокалывания — 70...90 мм, масса оборудования — 450 кг. Подъем и опускание аэратора производится гидросистемой трактора. Диаметр шипа — 16 мм, число проколов на 1 м² — до 80. При движении трактора происходит прокатывание аэратора по поверхности газона с образованием конических проколов.

Переуплотненная почва может быть улучшена с помощью метода, известного как вертикальное дренирование. Прокалывание почвы осуществляется специальными шипами (прокалывателями),

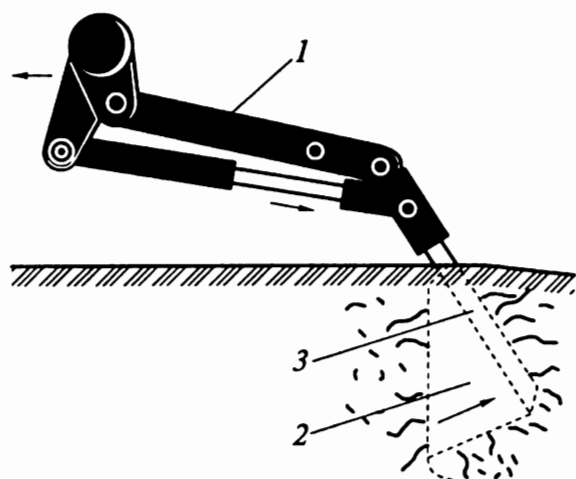


Рис. 15.3. Схема работы прокалывателя для вертикального дренирования:

1 — рычаг; 2 — полое отверстие; 3 — прокалыватель

которые проникают на глубину до 400 мм. В отличие от обычных шипов прокалыватели для вертикального дренирования (рис. 15.3) под действием специальных рычагов помимо внедрения в почву имеют возможность поворачиваться на определенный угол, что приводит к разрушению уплотненных слоев и обеспечению доступа воздуха к корневой системе. Зубцы в виде параллелограмма как бы раскалывают почву; при этом степень раскалывания регулируется углом их поворота. Помимо оптимизации воздушного режима при вертидренировании в результате глубокого проникновения прокалывателей значительно увеличивается дренирующая способность почвы. Созданные отверстия можно оставлять полыми, давая возможность почве с течением времени принимать первоначальное состояние, либо заполнять дренажным материалом, соединяя с нижними дренирующими слоями. При необходимости изменения состава почвы производится отбор кернов полыми прокалывателями и заполнение отверстий новым почвенным составом. Таким способом можно, например, заменить глинистые почвы на песчаные за несколько лет, улучшить почвы с избытком солей. Для проведения этих технологических мероприятий разработана серия специальных машин под общим названием «Верти Драйн».

Модель «Верти Драйн 7113» агрегатируется с тракторами мощностью 22... 25 кВт. Рычажная система обеспечивает внедрение прокалывателей в почву и поворачивание их на определенный угол. Ширина захвата машины — 1,3 м; масса машины — 520 кг; количество прокалывателей — 30; длина — 55, 90, 125 мм; диаметр — 8 мм; производительность машины — до 5 500 м²/ч.

Машины для очистки газона. Механические очистители имеют рабочий орган роторного типа, который убирает материал с поверхности и направляет его в бункер. Рабочим органом очистите-

ля, как правило, является вращающаяся щетка из синтетического материала. Щетку приводит в действие либо механический двигатель, либо колесо машины.

Принцип механической очистки используется в листоуборочной машине через систему передач. Бункер служит для накопления собираемого материала и имеет систему опрокидывания, управляемую гидроцилиндром, для очистки внутреннего объема. В качестве тягача используются тракторы класса 6 или 9 кН.

При движении агрегата вращающиеся стержни ротора взаимодействуют с лежащими на газоне листьями, поднимают их вверх и забрасывают в бункер. При наполнении бункера агрегат перемещается к месту разгрузки, освобождается от листьев и возвращается для дальнейшей работы. При компоновке подборщика листьев и измельчителя агрегат измельчает листву и распределяет ее по поверхности газона.

Пневматические газоочистители отличаются от механических простотой конструкции и возможностью помимо уборки листьев и мусора с поверхности газона использовать их для очистки асфальтированных дорожек и площадок от пыли и листьев.

Газоочиститель СК-24 состоит из мусоросборника, тягача, насадки с ворошителем, платформы с рояльным колесом и вентилятора.

Оператор располагается на сиденье, установленном на раме тягача. Тягач оборудован двигателем УД-25Г, крутящий момент от которого через коробку передач распределяется между передней ведущей осью тягача и вентилятором. Зазор между всасывающим патрубком и обрабатываемой поверхностью определяется положением рояльного колеса и дает возможность перемещаться на поверхности без повреждения травостоя. Бункер для сбора мусора изготовлен из синтетического пыленепроницаемого материала и имеет емкость 0,9 м³.

Ворошитель для подъема листьев выполнен в виде щетки из синтетического волокна с шириной захвата 1 м. Для создания всасывающего воздушного потока газоочиститель оборудован центробежным вентилятором с частотой вращения 3 300 об/мин. Машина хорошо убирает мусор, который неплотно прилегает к газону. Если же мусор прилегает к газону плотно, то необходимость увеличения всасывающего эффекта приводит к тому, что с потоком воздуха в бункер начинают засасываться частички почвы, а это ухудшает состояние травостоя (оголяется корневая система, рвутся стебли травы). В этом случае очистку газона следует вести после прохода механической щетки, сгребавшей мусор в валки, которые пневматическая машина легко подбирает. Для удаления листьев и мусора из приствольных лунок деревьев, из-под кустарников и кустарниковых изгородей, около бордюрного камня или забора применяют ручные воздуходувки.

Ручная воздуходувка «Хускварна 141В» крепится на спине оператора с помощью ременного крепления. Двигатель обеспечивает работу вентилятора, создающего воздушный поток. Нагнетающий патрубок, изготовленный из синтетического материала, подает воздух для формирования валка из листьев и мусора. Масса воздуходувки — 8,8 кг. Система гашения вибрации создает комфортные условия для работы оператора.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение различных газонов и как их классифицируют?
2. Из каких процессов состоит механизированная технология устройства газонов?
3. В чем заключается работа откосопланировщиков?
4. В чем особенности работы сеялок с центробежным и катушечным выссевающими аппаратами?
5. Как устроить газон с помощью рулонной дернины?
6. В чем особенности устройства газона методом гидропосева?
7. Какова технология выращивания дернины на термогидрофильных плитах и пластиковых сетках?
8. Перечислите комплекс машин для производства торфодернового рулона.
9. Какие машины и механизмы применяются для уходов за газонами?
10. Для чего проводится аэрация газона?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1

Значения коэффициента шероховатости n каналов с земляным руслом

Характеристика каналов	Значения n каналов	
	оросительных	коллекторно-дренажных и осушительных
При расходе более 25 м ³ /с в русле: глинистом, песчаном и торфяном гравийно-галечниковом	0,0200	0,0250
	0,0225	0,0275
При расходе от 25 до 1 м ³ /с в русле: глинистом, песчаном и торфяном гравийно-галечниковом	0,0225	0,0300
	0,0250	0,0325
При расходе менее 1 м ³ /с	0,0250	0,0350
Постоянная сеть периодического действия	0,0275	—
Временные оросители	0,0300	—
Водообходы лиманов при одернованной поверхности	0,0400	—

Примечания: 1. Для каналов водосборно-сбросной сети значение коэффициента шероховатости n увеличивают на 10 % по сравнению с указанным в табл. П.1 для оросительных каналов и округляют до ближайшего общепринятого значения.

2. Для каналов с земляным руслом, выполняемых взрывным способом, значение коэффициента шероховатости n увеличивают на 10...20 % в зависимости от размеров принимаемой доработки их сечений.

Значения показателя степени u (по Г. В. Железнякову)

$R(h_{cp}), м$	Значения u при n													
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,080	0,100	0,130	0,160	0,200
0,1	0,093	0,130	0,161	0,187	0,210	0,230	0,248	0,264	0,280	0,358	0,406	0,479	0,560	0,691
0,2	0,091	0,127	0,158	0,185	0,208	0,229	0,247	0,264	0,280	0,360	0,406	0,472	0,540	0,636
0,3	0,090	0,126	0,156	0,183	0,206	0,227	0,246	0,264	0,280	0,360	0,406	0,469	0,532	0,617
0,4	0,089	0,124	0,155	0,181	0,205	0,226	0,245	0,263	0,279	0,360	0,405	0,468	0,528	0,607
0,5	0,089	0,124	0,154	0,180	0,204	0,225	0,244	0,262	0,278	0,360	0,405	0,467	0,525	0,601
0,7	0,088	0,122	0,152	0,178	0,202	0,223	0,242	0,260	0,277	0,359	0,404	0,465	0,521	0,592
0,9	0,087	0,121	0,151	0,177	0,200	0,221	0,241	0,258	0,275	0,358	0,404	0,464	0,519	0,587
1,2	0,086	0,120	0,149	0,175	0,198	0,219	0,238	0,256	0,273	0,356	0,402	0,462	0,516	0,581
1,6	0,086	0,119	0,148	0,178	0,196	0,217	0,236	0,254	0,271	0,354	0,400	0,459	0,512	0,576
2,0	0,085	0,118	0,146	0,172	0,194	0,215	0,234	0,252	0,269	0,352	0,398	0,457	0,509	0,572
3,0	0,084	0,116	0,144	0,169	0,191	0,212	0,231	0,248	0,265	0,348	0,393	0,451	0,502	0,562
4,0	0,084	0,115	0,143	0,167	0,189	0,209	0,228	0,246	0,262	0,344	0,388	0,446	0,496	0,555
5,0	0,083	0,114	0,141	0,166	0,187	0,207	0,226	0,248	0,259	0,340	0,384	0,441	0,491	0,548
6,0	0,083	0,114	0,140	0,164	0,186	0,206	0,224	0,241	0,257	0,338	0,381	0,437	0,486	0,542
7,0	0,082	0,113	0,140	0,163	0,185	0,204	0,222	0,239	0,255	0,335	0,378	0,434	0,482	0,537

8,0	0,082	0,112	0,139	0,162	0,184	0,203	0,221	0,238	0,254	0,333	0,375	0,430	0,478	0,532
9,0	0,082	0,112	0,138	0,162	0,183	0,202	0,220	0,237	0,252	0,330	0,373	0,427	0,474	0,528
10,0	0,081	0,112	0,138	0,161	0,182	0,201	0,219	0,235	0,251	0,329	0,371	0,424	0,471	0,524
12,0	0,081	0,111	0,137	0,160	0,180	0,199	0,217	0,233	0,249	0,325	0,367	0,420	0,465	0,517
14,0	0,081	0,110	0,136	0,159	0,179	0,198	0,215	0,232	0,247	0,322	0,363	0,415	0,460	0,511
16,0	0,080	0,110	0,135	0,158	0,178	0,197	0,214	0,230	0,245	0,320	0,360	0,412	0,455	0,505
17,0	0,080	0,109	0,134	0,157	0,177	0,196	0,213	0,228	0,243	0,318	0,337	0,408	0,451	0,501
20,0	0,080	0,109	0,134	0,156	0,176	0,195	0,212	0,222	0,242	0,316	0,355	0,405	0,448	0,497

Значение коэффициента Шези C , $\text{м}^{0.5}/\text{с}$, подсчитанные по формуле Г.В.Железнякова

$R(h_{\text{cp}})$, м	Значения C при n									
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040	0,050	0,080	0,100	0,200
0,1	80,7	42,2	34,5	26,0	20,5	14,1	10,5	5,47	3,92	1,01
0,2	86,3	54,3	38,7	29,7	23,8	16,8	12,7	7,00	5,20	1,79
0,3	89,7	57,3	41,4	32,1	26,0	18,6	14,3	8,09	6,13	2,37
0,4	92,1	59,5	43,4	33,9	27,6	20,0	15,5	8,98	6,89	2,86
0,5	94,0	61,2	44,9	35,3	28,9	21,1	16,5	9,73	7,54	3,29
0,6	95,6	62,6	46,2	36,7	30,0	22,7	17,4	10,40	8,12	3,68
0,7	96,9	63,8	47,4	37,6	31,0	22,9	18,1	11,00	8,65	4,04
0,8	98,0	64,9	48,3	38,4	31,8	23,7	18,8	11,50	9,13	4,38
0,9	99,1	65,8	49,2	39,3	32,6	24,4	19,4	12,00	9,58	4,69
1,0	100,0	66,7	50,0	40,0	33,3	25,0	20,0	12,50	10,00	5,00
1,2	102,0	68,2	51,4	41,3	34,5	26,1	21,0	13,30	10,80	5,56
1,4	103,0	69,4	52,6	42,4	35,6	27,1	21,9	14,10	11,40	6,07
1,6	104,0	70,5	53,6	43,4	36,5	27,9	22,7	14,80	12,10	6,55
1,8	105,0	71,5	54,5	44,3	37,4	28,7	23,4	15,40	12,60	7,00
2,0	106,0	72,4	55,4	45,1	38,1	29,4	24,1	16,00	13,20	7,43

2,5	108,0	74,3	57,1	46,8	39,8	31,0	25,6	17,20	14,40	8,41
3,0	110,0	75,8	58,6	48,2	41,1	32,2	26,8	18,30	15,40	9,28
3,5	111,0	77,1	59,9	49,4	42,3	33,3	27,8	19,30	16,30	10,10
4,0	112,0	78,3	61,0	50,5	43,3	34,3	28,8	20,20	17,10	10,80
4,5	113,0	79,3	61,9	51,4	44,2	35,2	29,6	20,90	17,90	11,50
5,0	114,0	80,2	62,8	52,2	45,1	36,0	30,4	21,60	18,60	12,00
5,5	115,0	81,0	63,6	53,0	45,8	36,7	31,1	22,30	19,20	12,70
6,0	116,0	81,8	64,4	53,7	46,5	37,4	31,7	22,90	19,80	13,20
6,5	117,0	82,5	65,0	54,4	47,2	38,0	32,3	23,50	20,40	13,80
7,0	117,0	83,1	65,9	55,0	47,8	38,6	32,9	24,00	21,00	14,20
7,5	118,0	83,7	66,2	55,6	48,3	39,1	33,4	24,50	21,40	14,70
8,0	119,0	84,3	61,8	56,1	48,8	39,6	33,9	25,00	21,00	15,20
8,5	119,0	84,8	67,3	56,6	49,4	40,1	34,4	25,40	22,30	15,60
9,0	120,0	85,6	67,8	57,1	49,8	40,6	34,8	25,90	22,70	16,00
9,5	120,0	85,8	68,3	57,6	50,3	41,0	35,3	26,30	23,10	16,90
10	121,0	86,3	68,7	58,0	50,7	41,4	36,7	26,70	23,50	16,80
11	122,0	87,1	69,5	58,8	51,5	42,2	36,4	27,40	24,20	17,50
12	122,0	87,9	70,3	59,5	52,2	42,9	37,2	28,10	24,90	18,10
13	123,0	88,6	71,0	60,2	52,9	43,6	37,8	28,70	25,50	18,70

$R(h_{cp}), \text{ м}$	Значения C при n									
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040	0,050	0,080	0,100	0,200
14	124,0	89,3	71,6	60,9	53,5	44,2	38,4	29,30	26,10	19,30
15	124,0	89,9	72,2	61,5	54,1	44,8	39,0	29,90	26,70	19,80
16	125,0	90,5	72,8	62,0	54,6	45,3	39,5	30,40	27,20	20,40
17	126,0	91,0	73,3	62,5	54,2	45,8	40,0	30,90	27,70	20,80
18	126,0	91,6	73,8	63,0	55,7	46,3	40,5	31,40	28,20	21,30
19	126,0	92,0	74,3	63,5	56,1	46,8	40,9	31,80	28,60	21,80
20	127,0	92,5	74,8	64,0	56,6	47,2	41,4	32,20	29,00	22,20

Трубы ПВХ с раструбом по ТУ 6-19-307-86 и фасонные части

Артикул	(Внешний диаметр трубы × длина трубы), мм	Толщина стенки, мм
ХК1011	32 × 250	1,8
ХК1013	32 × 500	1,8
ХК1014	32 × 1 000	1,8
ХК1016	32 × 2 000	1,8
ХК1021	40 × 250	1,8
ХК1023	40 × 500	1,8
ХК1024	40 × 1 000	1,8
ХК1026	40 × 2 000	1,8
ХК1031	50 × 250	1,8
ХК1032	50 × 345	1,8
ХК1033	50 × 500	1,8
ХК1034	50 × 1 000	1,8
ХК1035	50 × 1 500	1,8
ХК1036	50 × 2 000	1,8
ХК1037	50 × 3 000	1,8
ХК1042	50 × 345	3,2
ХК1043	50 × 500	3,2
ХК1044	50 × 1 000	3,2
ХК1045	50 × 1 500	3,2
ХК1046	50 × 2 000	3,2
ХК1047	50 × 3 000	3,2
ХК1053	75 × 500	2,2
ХК1054	75 × 1 000	2,2
ХК1056	75 × 2 000	2,2
ХК1164	110 × 1 000	1,8
ХК1166	110 × 2 000	1,8
ХК1062	110 × 345	2,2
ХК1063	110 × 500	2,2

Артикул	(Внешний диаметр трубы × длина трубы), мм	Толщина стенки, мм
ХК1064	110 × 1 000	2,2
ХК1065	110 × 1 500	2,2
ХК1066	110 × 2 000	2,2
ХК1067	110 × 3 000	2,2
ХК1068	110 × 5 000	2,2
ХК1072	110 × 345	3,2
ХК1073	110 × 500	3,2
ХК1074	110 × 1 000	3,2
ХК1075	110 × 1 500	3,2
ХК1076	110 × 2 000	3,2
ХК1077	110 × 3 000	3,2
ХК1079	110 × 5 000	3,2
ХК1078	110 × 6 000	3,2
ХК1085	160 × 2 000	3,2
ХК1086	160 × 2 000	3,6
ХК1088	160 × 5 000	3,6
ХК1087	160 × 5 500	3,6
ХК1090	160 × 6 000	3,2
ХК1089	160 × 6 000	3,6
ХК1092	200 × 5 000	5,9
ХК1091	200 × 5 500	5,9

Отвод с резиновым кольцом

Артикул	Диаметр отвода (мм)×угол отвода (°)	Толщина стенки, мм
ХК2014	32×45,0	1,8
ХК2016	32×87,5	1,8
ХК2024	40×45,0	1,8
ХК2026	40×87,5	1,8
ХК2031	50×15,0	1,8
ХК2033	50×30,0	1,8
ХК2034	50×45,0	1,8
ХК2044	50×45,0	3,2
ХК2035	50×60,0	1,8
ХК2036	50×87,5	1,8
ХК2046	50×87,5	3,2
ХК2054	75×45,0	2,2
ХК2056	75×87,5	2,2
ХК2061	110×15,0	2,2
ХК2063	110×30,0	2,2
ХК2073	110×30,0	3,2
ХК2064	110×45,0	2,2
ХК2074	110×45,0	3,2
ХК2065	110×60,0	2,2
ХК2066	110×87,5	2,2
ХК2076	110×87,5	3,2
ХК2084	160×45,0	3,6
ХК2085	160×60,0	3,6
ХК2086	160×87,5	3,6
ХК2091	200×45,0	5,9
ХК2092	200×87,5	5,9

Тройник с резиновым кольцом

Артикул	Диаметр трубы (мм) × диаметр патрубка (мм) × угол отвода (°)	Толщина стенки, мм
ХК3011	32 × 32 × 45,0	1,8
ХК3013	32 × 32 × 87,5	1,8
ХК3021	40 × 40 × 45,0	1,8
ХК3023	40 × 40 × 87,5	1,8
ХК3031	50 × 40 × 45,0	1,8
ХК3032	50 × 40 × 87,5	1,8
ХК3041	50 × 50 × 45,0	1,8
ХК3051	50 × 50 × 45,0	3,2
ХК3043	50 × 50 × 87,5	1,8
ХК3053	50 × 50 × 87,5	3,2
ХК3061	75 × 50 × 45,0	2,2
ХК3063	75 × 50 × 87,5	2,2
ХК3071	75 × 75 × 45,0	2,2
ХК3073	75 × 75 × 87,5	2,2
ХК3081	110 × 50 × 45,0	2,2
ХК3091	110 × 50 × 45,0	3,2
ХК3083	110 × 50 × 87,5	2,2
ХК3093	110 × 50 × 87,5	3,2
ХК3101	110 × 75 × 45,0	2,2
ХК3103	110 × 75 × 87,5	2,2
ХК3111	110 × 110 × 45,0	2,2
ХК3121	110 × 110 × 45,0	3,2

Артикул	Диаметр трубы (мм) × диаметр патрубка (мм) × угол отвода (°)	Толщина стенки, мм
ХК3112	110×110×67,0	2,2
ХК3113	110×110×87,5	2,2
ХК3123	110×110×87,5	3,2
ХК3124	125×110×45,0	3,2
ХК3131	160×110×45,0	3,6
ХК3133	160×110×87,5	3,6
ХК3141	160×160×45,0	3,6
ХК3142	160×160×67,0	3,6
ХК3143	160×160×87,5	3,6
ХК3153	200×160×45,0	5,9
ХК3150	200×160×87,5	5,9
ХК3151	200×200×45,0	5,9
ХК3152	200×200×87,5	5,9

Таблица П.7

Переход с резиновым кольцом

Артикул	(Диаметр трубы × диаметр трубы), мм	Толщина стенки, мм
ХК4010	50×32	1,8
ХК4020	50×40	1,8
ХК4030	75×50	2,2
ХК4040	110×50	2,2
ХК4050	110×50	3,2
ХК4060	110×75	2,2
ХК4065	125×110	3,6
ХК4070	160×110	3,6
ХК4071	160×125	3,6
ХК4072	200×160	3,6

Переход (манжета резиновая)

Артикул	(Диаметр трубы × диаметр отверстия), мм
ХК4110	50 × 25
ХК4120	40 × 32
ХК4130	50 × 32
ХК4140	50 × 40
ХК4150	112 × 90

Таблица П.9

Крестовина одноплоскостная с резиновыми кольцами

Артикул	Диаметр основного трубопровода (мм) × диаметр сопрягаемого трубопровода (мм) × угол отвода (°)	Толщина стенки, мм
ХК5011	50 × 50 × 45,0	1,8
ХК5013	50 × 50 × 87,5	1,8
ХК5021	110 × 50 × 45,0	2,2
ХК5023	110 × 50 × 87,5	2,2
ХК5031	110 × 110 × 45,0	3,2
ХК5032	110 × 110 × 67,0	3,2
ХК5033	110 × 110 × 87,5	3,2
ХК5043	110 × 110 × 50 × 87,5	3,2
ХК5044	160 × 160 × 45,0	3,6

Таблица П.10

Крестовина двухплоскостная с резиновыми кольцами

Артикул	Диаметр основного трубопровода (мм) × диаметр сопрягаемого трубопровода (мм) × угол отвода (°)	Толщина стенки, мм
ХК5111	110 × 110 × 50 × 90	3,2 (левая)
ХК5112	110 × 110 × 50 × 90	3,2 (правая)
ХК5113	110 × 50 × 50 × 90	3,2
ХК5114	110 × 110 × 110 × 90	3,2

Угол естественного откоса грунта в разрыхленном состоянии

Грунт	Угол откоса α , °	Коэффициент заложения откоса m	Угол откоса α , °	Коэффициент заложения откоса m
	в сухом грунте		в мокром грунте	
Растительная земля	40	1,20	25	2,15
Песок:				
крупный	30...35	1,75...1,40	25...27	2,15...2,00
средней крупности	28...30	1,90...1,75	25	2,15
мелкий	25	2,15	15...20	3,75...2,75
Суглинок	40...50	1,20...0,85	25...30	2,15...1,75
Глина жирная	40...45	1,20...1,00	15...20	3,75...2,75
Гравий	35...40	1,40...1,20	30	1,75
Торф без корней	40	1,20	15	3,75

Таблица П.12

Наибольшая крутизна откосов котлованов и траншей, разрабатываемых без креплений в грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод

Грунты	Коэффициент заложения откоса при глубине выемки	
	До 3 м	3...6 м
Насыпные, песчаные, гравийные	1,25	1,50
Супеси	0,67	1,00
Суглинки	0,67	0,75
Глины	0,50	0,67
Лёсс	0,50	0,75
Скальные разборные	0,10	0,25
Скальные плотные	0,00	0,10

Крутизна откосов насыпей из сухого грунта

Грунты	Коэффициент заложения откоса m
Глинистые и пылеватые	1,50
Суглинистые и мергелистые	1,50
Супеси, мелкий песок	1,50
Средне- и крупнозернистые пески	1,50
Гравелистые и щебеночные	1,50
Легко выветривающиеся скальные породы	1,50
Мелкий камень крупностью до 25 см	1,33 ... 1,50
Камень крупностью более 25 см с выкладкой откосов правильными рядами из наиболее крупных камней	0,75 ... 1,50
Камень крупностью не менее 40 см по каждой стороне постели с выкладкой откосов правильными рядами	0,50 ... 0,65

Таблица П.14

Крутизна откосов насыпей временных земляных сооружений

Грунты насыпи	Максимальная высота насыпи, м	Коэффициент откоса, m
Гравелистые и крупнопесчаные	12	1,25
Глинистые, суглинистые и песчаные естественной влажности	8	1,25
Камень:		
мелкий	6	0,75
крупный (постелистый)	5	0,50
Лёсс	3	1,50

Увеличение объема грунта при разрыхлении

Грунты	Разрыхление грунта, %, от объема в плотном теле	
	первоначальное	остаточное
Галька крупная	26 ... 32	6 ... 9
Глина:		
ломовая	26 ... 32	6 ... 9
моренная и сланцевая	26 ... 32	6 ... 9
мягкая, жирная	24 ... 30	4 ... 7
Гравий мелкий и средний	14 ... 28	1,5 ... 5,0
Грунт растительного слоя:		
без корней	20 ... 30	3 ... 4
с примесями	14 ... 28	1,5 ... 5,0
Лёсс:		
естественной влажности	14 ... 28	1,5 ... 5,0
сухой	24 ... 30	4 ... 7
Мергель и опоки	33 ... 37	11 ... 15
Песок:		
без примесей	8 ... 17	1,0 ... 2,5
с примесью щебня и гравия	14 ... 28	1,5 ... 5,0
Разборная скала	30 ... 45	10 ... 20
Скальные разрыхленные грунты	45 ... 50	20 ... 30
Солонец и солончак мягкие	14 ... 28	1,5 ... 5,0
Суглинок:		
легкий и лёссовидный	14 ... 28	1,5 ... 5,0
легкий и тяжелый с примесью щебня и гравия	26 ... 32	6 ... 9
тяжелый	24 ... 30	4 ... 7
Супесь:		
без примесей	8 ... 17	1,0 ... 2,5
с примесью щебня и гравия	14 ... 28	1,5 ... 5,0
Торф	20 ... 30	3 ... 4

**Высота вертикальной струи фонтана в зависимости от диаметра насадки d , напора H и расхода Q
(по П. А. Спышнову)**

Высота струи, м	Значения расхода Q , л/с, и напора H , м, при диаметре насадки d , мм													
	3		4		5		6		7		8		9	
	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H
1	0,033	1,09	0,057	1,06	0,088	1,05	0,124	1,04	0,167	1,04	0,224	1,03	0,282	1,03
2	0,048	2,40	0,084	2,28	0,129	2,21	0,180	2,18	0,244	2,15	0,323	2,12	0,409	2,11
3	0,063	3,98	0,106	3,68	0,163	3,52	0,226	3,41	0,310	3,34	0,402	3,29	0,507	3,25
4	0,077	5,96	0,127	5,30	0,194	4,97	0,266	4,75	0,357	4,64	0,473	4,54	0,604	4,46
5	0,092	8,50	0,149	7,23	0,223	6,60	0,325	6,25	0,407	6,02	0,538	5,86	0,676	5,74
6	0,108	11,80	0,172	9,50	0,254	8,50	0,343	7,90	0,456	7,54	0,660	7,28	0,750	7,10
7	0,128	16,60	0,194	12,30	0,283	10,62	0,381	9,73	0,501	9,20	0,716	8,82	0,825	8,54
8	0,152	23,50	0,219	15,75	0,315	13,20	0,425	12,10	0,550	11,00	0,777	10,45	0,896	10,10
9	0,186	35,00	0,248	20,10	0,348	16,00	0,458	14,10	0,600	13,00	0,835	12,25	0,965	11,70
10	0,237	57,10	0,282	26,00	0,384	19,50	0,497	16,65	0,645	15,15	0,955	14,15	1,030	13,45
12	—	—	0,375	45,80	0,467	28,90	0,585	23,00	0,741	20,03	1,090	18,55	1,170	17,35
14	—	—	—	—	0,575	44,00	0,688	31,80	0,860	25,80	1,210	23,80	1,320	21,90
16	—	—	—	—	0,740	72,50	0,814	44,50	0,984	35,00	1,380	30,02	1,470	27,20
18	—	—	—	—	—	—	0,978	64,30	1,130	46,50	1,550	38,30	1,640	33,60

20	—	—	—	—	—	—	—	—	1,310	62,50	1,750	48,60	1,810	41,10
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62,40	2,000	50,50
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,230	62,50
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,500	78,30

Высота струи, м	Значения расхода Q , л/с, и напора H , м, при диаметре насадки d , мм													
	11		12		13		15		19		25		32	
	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H
1	0,42	1,02	0,50	1,02	0,58	1,02	0,78	1,01	1,25	1,01	2,12	1,01	3,50	1,00
2	0,60	2,08	0,72	2,08	0,84	2,07	1,11	2,05	1,79	2,04	3,02	2,02	4,97	2,01
3	0,75	3,19	0,81	3,17	1,04	3,15	1,39	3,13	2,20	3,10	3,73	3,06	6,10	3,02
4	0,88	4,35	1,04	4,32	1,21	4,28	1,61	4,22	2,55	4,16	4,30	4,10	7,05	4,06
5	0,99	5,56	1,18	5,50	1,36	5,44	1,82	5,37	2,86	5,26	4,84	5,15	7,80	5,10
6	1,10	6,83	1,30	6,74	1,51	6,66	2,00	6,54	3,15	6,37	5,33	6,23	8,70	6,15
7	1,20	8,14	1,42	8,04	1,65	7,90	2,18	7,73	3,44	7,54	5,75	7,31	9,40	7,20
8	1,30	9,53	1,53	9,37	1,77	9,21	2,34	8,96	3,68	8,66	6,18	8,40	10,00	8,25
9	1,40	10,98	1,69	10,80	1,90	10,56	2,50	10,24	3,93	9,85	6,55	9,50	10,70	9,35
10	1,49	12,50	1,79	12,25	2,02	12,20	2,66	11,54	4,23	11,45	7,07	11,00	11,30	10,40

Окончание табл. П.16

Высота струи, м	Значения расхода Q , л/с, и напора H , м, при диаметре насадки d , мм													
	11		12		13		15		19		25		32	
	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H
12	1,67	15,80	1,96	15,40	2,26	15,00	2,96	14,35	4,60	13,58	7,65	12,92	12,40	12,60
14	1,85	19,40	2,17	18,80	2,60	18,20	3,28	17,49	5,05	16,20	8,40	15,48	13,50	14,80
16	2,04	23,50	2,38	22,60	2,73	21,70	3,55	20,41	5,45	18,90	9,00	17,90	14,40	16,90
18	2,22	28,10	2,60	26,90	2,96	25,60	3,83	23,80	5,85	21,80	9,65	20,41	15,40	19,35
20	2,42	33,30	2,81	31,60	3,19	29,80	4,10	27,50	6,25	24,80	10,20	23,00	16,30	21,70
22	2,63	39,30	3,04	36,80	3,44	34,60	4,40	31,40	6,55	27,60	10,80	25,70	17,15	24,05
24	2,86	46,20	3,28	42,90	3,70	39,80	4,68	35,60	7,00	31,30	11,35	28,40	18,00	26,50
26	3,09	54,20	3,52	49,60	3,95	45,60	5,00	40,40	7,40	34,80	11,90	31,20	18,90	28,90
28	3,34	63,50	3,78	57,30	4,22	52,00	5,28	45,30	7,75	38,40	12,45	34,10	19,60	31,40
30	3,64	75,00	4,07	66,60	4,50	59,40	5,58	50,70	8,15	42,40	13,00	37,10	20,40	34,00

1. *Бабилов Б. В.* Гидротехнические мелиорации : учебник / Б. В. Бабилов. — 3-е изд. — СПб. : ЛТА, 2002. — 294 с.
2. *Байер В. Е.* Строительные материалы : учебник / В. Е. Байер. — М. : Архитектура-С, 2004. — 240 с.
3. *Векслер А. Г.* Лефортовский парк в Москве. Исторический очерк и материалы архитектурно-археологических исследований 1999—2003 г. / А. Г. Векслер, К. В. Воронин, В. Ю. Пирогов. — М. : Центр археологических исследований, 2004. — 160 с.
4. *Владимиров В. В.* Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий / В. В. Владимиров, Г. Н. Давидянц, О. С. Расторгуев. — М. : Архитектура-С, 2004. — 240 с.
5. Гидротехнические сооружения / [Н. П. Розанов, Я. В. Бочкарев, В. С. Лапшенков и др.] ; под ред. Н. П. Розанова. — М. : Агропромиздат, 1985. — 432 с.
6. *Голосова Е. В.* Японский сад : история и искусство / Е. В. Голосова. — М. : МГУЛ, 2002. — 284 с.
7. *Зайдельман Ф. Р.* Мелиорация почв : учебник / Ф. Р. Зайдельман. — 3-е изд. — М. : Изд-во МГУ, 2003. — 448 с.
8. *Касьянов А. Е.* Гидротехническое обустройство ландшафта : учеб. пособие / А. Е. Касьянов, Г. С. Алтунина. — М. : МГУЛ, 2001. — 165 с.
9. Мелиоративная энциклопедия. В 2 т. Т. 1. — М. : Росинформагротех, 2003. — 671 с.
10. Мелиоративная энциклопедия. В 2 т. Т. 2. — М. : Росинформагротех, 2004. — 444 с.
11. Мелиорация и водное хозяйство. Сооружения, строительство : справочник / под ред. А. В. Колганова, П. А. Полад-заде. — М. : «Ассоциация Экост», 2002. — 601 с.
12. Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. В 7 т. Т. 3. Осушение / под ред. Б. С. Маслова. — М. : Агропромиздат, 1985. — 447 с.
13. Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. В 7 т. Т. 6. Орошение / под ред. Б. Б. Шумакова. — М. : Агропромиздат, 1990. — 415 с.
14. *Николаева Н. С.* Японские сады / Н. С. Николаева. — М. : Изобраз. искусство, 1975.
15. *Сабо Е. Д.* Гидротехнические мелиорации ландшафта / Е. Д. Сабо, О. В. Кормилицина, В. В. Бондаренко. — М. : МГУЛ, 2006. — 124 с.
16. *Теодоронский В. С.* Садово-парковое хозяйство с основами механизации работ / В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. — Ростов н/Д. : Феникс, 2006. — 336 с.

17. *Теодоронский В. С.* Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры / В. С. Теодоронский, Е. Д. Сабо, В. А. Фролова. — М. : Изд. центр «Академия», 2006. — 352 с.

18. *Трофимов В. Т.* Грунтоведение / В. Т. Трофимов, В. А. Королёв, В. А. Вознесенский. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГУ, 2005. — 1024 с.

19. *Ясинецкий В. Г.* Организация и технология гидромелиоративных работ / В. Г. Ясинецкий, Н. К. Фенин. — М. : Агропромиздат, 1986. — 352 с.

20. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений / Минстрой России. — М. : ГПЦПП, 1995. — 48 с.

21. СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов. — М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998. — 56 с.

22. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. — М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998. — 60 с.

23. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. — М. : ГУП ЦПП, 1998. — 103 с.

24. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. — М. : ГУП ЦПП, 2000. — 18 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3

РАЗДЕЛ I ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ НА ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Глава 1. Архитектурно-планировочная роль водных поверхностей	7
Глава 2. Типология водных сооружений	14
Глава 3. Архитектурно-ландшафтные особенности проектирования водоемов	21

РАЗДЕЛ II ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ

Глава 4. Дождевая канализация	35
4.1. Расчетные расходы дождевых вод	35
4.2. Нормативы и методы расчета канализационной сети	46
4.3. Устройство канализационной сети	49
4.4. Эксплуатация канализационной сети	50
Глава 5. Водоотведение. Дренаж	53
5.1. Целесообразность дренажа	53
5.2. Последствия дренажа	57
5.3. Гидродинамическая модель работы дрен	62
5.4. Классификации дренажа	66
Глава 6. Природные факторы и приемы осушения	71
6.1. Типы водного питания и методы осушения	71
6.2. Способы осушения	72
6.3. Корневые системы и нормы осушения	74
6.4. Определение междреннего расстояния	78
Глава 7. Устройство дренажа в различных условиях	84
7.1. Распространенные виды дренажа	84
7.2. Варианты дренажа при различных нормах осушения.	94

7.3. Специальные виды дренажа	97
7.4. Строительство и эксплуатация дренажных систем	106
Глава 8. Орошение объектов ландшафтной архитектуры	115
8.1. Эволюция систем орошения	115
8.2. Дождевание. Оросительные и поливные нормы	117
8.3. Зарубежный опыт	122
8.4. Мелкодисперсное дождевание	132
8.5. Синхронное импульсное дождевание	134
8.6. Капельное орошение	137
8.7. Внутрипочвенное орошение	141
Глава 9. Плотинные водоемы	145
9.1. Грунтовые плотины	145
9.2. Гидрологические расчеты при проектировании плотинных водосмов	150
9.3. Максимальные расходы весеннего половодья	153
9.4. Максимальные расходы дождевых паводков	153
9.5. Внутрисуточный гидрограф стока	154
9.6. Гидравлические расчеты при проектировании плотинных водоемов	156
9.7. Донные водоспуски	159
9.8. Трубы	162
Глава 10. Гидропластика ландшафта	167
10.1. Гидротехнические и мелиоративные комплексы	167
10.2. Фонтаны	171
10.3. Водопады	186
10.4. Гидравлический прыжок	192
10.5. Гидравлический таран	194

РАЗДЕЛ III

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Глава 11. Организация производства гидромелиоративных работ	198
11.1. Особенности организации механизированной технологии при строительстве гидромелиоративных систем	198
11.2. Организация производства работ на крупных, средних и малых объектах	201
11.3. Очередность и календарный график производства работ	204
11.4. Потребность в строительных материалах и график их завоза	206
11.5. Обеспечение строительства рабочей силой и механизмами	207

11.6. Расчет потребности во временных зданиях и сооружениях	210
11.7. Обеспечение строительства малых объектов транспортом и инструментом	211
Глава 12. Подготовительные и земляные работы	214
12.1. Подготовительные работы	214
12.2. Землеройно-транспортные и землеройные машины	225
Глава 13. Бетонные работы в гидромелиоративном строительстве	251
13.1. Бетон	251
13.2. Технология производства бетонных работ	253
13.3. Механизированная технология строительства гидротехнических сооружений	262
Глава 14. Свайные и шпунтовые работы	268
14.1. Сваи и шпунт	268
14.2. Способы погружения свай	274
14.3. Сваи, изготавливаемые на месте проведения работ	281
14.4. Стабилизация грунта. Буринъекционные сваи.	283
Глава 15. Создание газонов и уход за ними	287
15.1. Механизированная технология создания газонов	287
15.2. Машины и механизмы по уходу за газонами	295
Приложение	313
Список литературы	331

Учебное издание

**Сабо Евгений Дюльевич,
Теодоронский Владимир Сергеевич,
Золотаревский Александр Алексеевич**

**Гидротехнические мелиорации объектов
ландшафтного строительства**

Учебник

Под редакцией Е. Д. Сабо

**Редактор *И. В. Мочалова*
Технический редактор *О. Н. Крайнова*
Компьютерная верстка: *О. В. Пешкетова*
Корректоры *Т. В. Кузьмина, Н. Л. Котелина***

Изд. № 101109261. Подписано в печать 31.03.2008. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 21,0. Тираж 2 500 экз. Заказ № 26801.

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (495) 330-1092, 334-8337.

Отпечатано в полном соответствии с качеством диапозитивов, предоставленных
издательством в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ISBN 978-5-7695-4318-0



9 785769 543180

Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru