

ГЛАВА 5. ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

5.1. Виды земляных сооружений

При строительстве зданий и сооружений выполняются различные виды земляных работ: планировка площадки, рыление твердых или мерзлых грунтов, заглубление фундаментов, обратная засыпка, устройство постоянных, временных и вспомогательных сооружений. На рис. 5.1, *а, б, в* — поперечные профили выемок; *г, д* — сечения подземных выработок; *е, ж* — профили насыпи; *з, и* — обратная засыпка.

Постоянными называют земляные сооружения, которые после строительства эксплуатируются: каналы, дороги и т. п. *Временные* сооружения после производства работ ликвидируются: котлованы под фундаменты, траншеи под трубопроводы и т. д. Кюветы, водоотводные каналы и т. п. являются *вспомогательными* земляными сооружениями.

Временные выемки шириной до 3 м и длиной, значительно превышающей ширину, называются *траншеями*. Выемку, длина которой не превышает десятикратной ширины, называют *котлованом*. Котлованы и траншеи имеют дно и боковые стенки или откосы. Временные выемки под транспортные магистрали, шахты, штольни и т. п. земляные сооружения, закрытые с поверхности, называются *подземными выработками*.

После устройства подземных сооружений и частей зданий грунт укладывают в пространство между боковой поверхностью сооружения и откосом котлована. Такую работу называют *обратной засыпкой* «пазух».

По трудоемкости выполнения земляные работы составляют до 20 % всей трудоемкости возведения здания, поэтому земляные работы всегда стремились механизировать. В настоящее время до 97 % объемов земляных работ в строительстве комплексно механизированы, однако при мелких рассредоточенных объемах работ, устройстве фундаментов в стесненных условиях, зачистке дна и откосов котлованов, устройстве дренажных канав в гористой местности еще применяется ручной труд. Поэтому основная задача при выполнении земляных работ — полностью исключить ручной труд.

5.2. Классификация и основные строительные свойства грунтов

К основным свойствам грунтов, влияющим на технологию и трудоемкость их разработки, относятся плотность, влажность, сцепление, разрыхляемость, угол естественного откоса, удельное сопротивление резанию, водоудерживающая способность.

Плотностью называется масса 1 м³ грунта в естественном состоянии (в плотном теле). Плотность несцементированных грунтов 1,2...2,1 т/м³, скальных — до 3,3 т/м³.

Влажность характеризуется степенью насыщения грунта водой и определяется отношением массы воды в грунте к массе твердых частиц грунта, выражается в процентах. При влажности более 30 % грунты считаются мокрыми, а при влажности до 5 % — сухими. Чем выше влажность грунта, тем выше трудоемкость его разработки. Исключение составляет глина — сухую глину разрабатывать труднее. Однако при значительной влажности у глинистых грунтов появляется липкость, которая усложняет их разработку.

Сцепление — сопротивление грунта сдвигу. Сила сцепления для песчаных грунтов составляет 3...50 кПа, для глинистых — 50...300 кПа.

От плотности и силы сцепления между частицами грунта в основном зависит производительность землеройных машин. Классификация основных видов грунтов по трудоемкости их разработки в зависимости от конструктивных особенностей используемых землеройных машин и свойств грунта приведена в табл. 5.2.

При разработке грунтов вручную их делят на семь групп. Как при механизированной, так и при ручной разработке в состав первой группы входят легко разрабатываемые грунты, а последней — самые трудно разрабатываемые.

Грунт при разработке разрыхляется и увеличивается в объеме. Это явление, называемое *первоначальным разрыхлением* грунта, характеризуется *коэффициентом первоначального разрыхления* K_p , который представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к объему грунта в естественном состоянии. Уложенный в насыпь разрыхленный грунт уплотняется под влиянием массы вышележащих слоев грунта или механического уплотнения, движения транспорта, смачивания дождем и т.д.

Однако грунт длительное время не занимает того объема, который он занимал до разработки, сохраняя *остаточное разрыхление*, показателем которого является *коэффициент остаточного разрыхления* грунта $K_{o.p.}$

Степень первоначального и остаточного разрыхления грунтов приведена в табл. 5.3.

Для обеспечения устойчивости земляных сооружений их возводят с откосами, крутизна которых характеризуется отношением высоты к заложению: $H/A = 1/m$ (рис. 5.2), где m — коэффициент заложения. Крутизна откоса зависит от угла *естественного*

Водоудерживающая способность или сопротивляемость грунта прониканию воды очень высока у глинистых грунтов и низка у песчаных. По этой причине последние называются *дренирующими*, т. е. хорошо пропускающими воду, а первые — *недренирующими*.

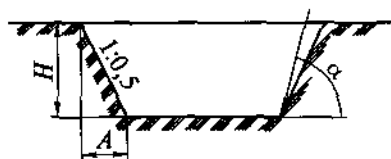


Рис. 5.2. Крутизна откоса

Дренирующая способность грунтов характеризуется *коэффициентом фильтрации K* , равным 1...150 м/сут.

5.3. Подготовка строительной площадки

Для создания благоприятных условий начала строительных работ предварительно выполняют подготовительные работы.

В состав работ по подготовке строительной площадки под новое строительство входят: ограждение участка; расчистка территории и снос существующих строений; перетрассировка мешающих инженерных сетей; защита территории от стока поверхностных вод; прокладка временных коммуникаций и дорог; устройство временных бытовых, складских, культурно-административных и других помещений.

5.4. Укрепление грунтов

Шпунтовое ограждение является дорогостоящим способом, применяемым при разработке выемок в водонасыщенных грунтах вблизи существующих зданий и сооружений. Шпунт забивают до разработки выемки, чем обеспечивают устойчивое и естественное состояние грунта за ее пределами.

Крепление консольного типа состоит из стоек — свай, заземленных нижней частью в грунте глубже дна выемки. Они служат опорами для щитов или досок, непосредственно воспринимающих давление грунта. Крепление консольного типа целесообразно при глубине выемки до 5 м. В траншеях значительной глубины используют консольно-распорное крепление, отличающееся от консольного тем, что между стойками в верхней их части перпендикулярно оси траншеи устанавливают распорки.

Распорное (рамное) крепление — наиболее простое в исполнении — применяется при устройстве траншей глубиной до 4 м в сухих или маловлажных грунтах. Оно состоит из стоек, горизонтальных досок или щитов и распорок, прижимающих доски или щиты к стенкам траншеи.

При создании вокруг разрабатываемых выемок постоянных водонепроницаемых завес или в случае повышения несущей способности грунтовых оснований применяют следующие способы искусственного закрепления грунтов: цементацию и битумизацию; химический, термический, электрический, электрохимический, механический и др.

Цементация и битумизация заключается в инъецировании цементного раствора или разогретых битумов. Эти способы применяют для пористых грунтов с высоким коэффициентом фильтрации, а также трещиноватых скальных пород.

Химическим способом (силикатизацией) закрепляют песчаные и лессовые грунты, нагнетая в них химические растворы.

Термическое закрепление заключается в обжиге лессовых грунтов раскаленными газами, нагнетаемыми через скважины в их поры. Газы подаются в толщу грунта вместе с воздухом через жаропрочные трубы в пробуренных скважинах.

Электрическим способом закрепляют влажные глинистые грунты. Способ заключается в использовании эффекта электроосмоса, для чего через грунт пропускают постоянный электрический ток с напряженностью поля $0,5 \dots 1$ В/см и плотностью $1 \dots 5$ А/м². При этом глина осушается, уплотняется и теряет способность к пучению.

Электрохимический способ отличается от предыдущего тем, что одновременно с электрическим током в грунт вводят через трубу, являющуюся катодом, растворы химических добавок (хлористый кальций и др.). Благодаря этому интенсивность процесса закрепления грунта возрастает.

Механический способ укрепления грунтов имеет следующие разновидности: устройство грунтовых подушек и грунтовых свай, вытрамбовывание котлованов и др.

5.6. Основные способы разработки грунта и применяемые механизмы

Грунты можно разрабатывать механическим, гидромеханическим и взрывным способами. Основным способом является механический.

Механический способ разработки заключается в отделении грунта от массива резанием с помощью землеройных машин (экскаваторов) или землеройно-транспортных машин (бульдозеров, скреперов, грейдеров).

Гидромеханический способ основан на размывании грунта водяной струей гидромонитора или всасывании разжиженного грунта земснарядом.

Взрывным способом в основном разрабатывают грунты, находящиеся за городом. Для этого в земляном массиве бурят скважины, в которые закладываются взрывчатые вещества (ВВ).

Основные процессы механической разработки грунта — рыхление, разработка, транспортирование, отсыпка, разравнивание, уплотнение, планирование откосов и площадей.

Механизмы для разработки грунта приведены в прил. 1.

5.7. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами

В промышленном и гражданском строительстве наиболее распространены следующие машины для земляных работ: землеройные (экскаваторы); землеройно-транспортные (бульдозеры, скреперы, грейдеры); рыхлительные (бульдозеры-рыхлители, дизель-молоты); транспортирующие (автосамосвалы); грунтоуплотняющие (катки, вибрационные трамбующие плиты и пр.); специальные машины (буровые установки, копры и т.д.).

Наибольший объем земляных работ в строительстве (45 %) выполняется одноковшовыми экскаваторами: на пневмоколесном ходу (вместимость стандартного ковша 0,15...0,65 м³), на гусеничном ходу (вместимость стандартного ковша 0,25...2,5, реже до

4 м³). Кроме стандартных ковшей при разработке легких грунтов могут устанавливаться ковши повышенной вместимости.

Индекс (марка) отечественного экскаватора, выпущенного до 1968 г., означает вместимость стандартного ковша, например, Э-652А — экскаватор с ковшом вместимостью 0,65 м³, модель 2, первая модернизация. В индексе современного экскаватора содержатся сведения о его основных характеристиках (рис. 5.12). Например, ЭО-3322АТ — экскаватор одноковшовый, универсальный, третьей размерной группы, на пневмоколесном ходу, с жесткой подвеской оборудования, модель 2, прошедшая первую модернизацию в тропическом исполнении.

Экскаваторы устаревших моделей типа Э, как правило, выпускались с гибкой подвеской и канатным управлением. Современные экскаваторы типа ЭО выпускаются с жесткой подвеской и гидравлическим управлением.

Основным экскаваторным оборудованием является ковш обратной лопаты. К другим видам сменного оборудования относятся прямая лопата, грейфер, драглайн, планировочный и погрузочный ковши.

Рабочую зону экскаватора, включая место стоянки транспортных средств, называют *забоем*, перемещение экскаватора при разработке грунта — *проходкой*. Значение перемещения экскаватора при смене смежного места стоянки называется *длиной передвижки*.

Экскаватор с прямой лопатой (рис. 5.14, а) в основном используется при разработке выемок в сухих и маловлажных грунтах, что связано с необходимостью съезда на дно выемки. Применяют продольные лобовые (рис. 5.14, б—г) или боковую (рис. 5.14, д) проходки с погрузкой грунта в транспортное средство, которое обычно размещают непосредственно в забое. Для выезда и въезда транспорта устраивают наклонные пандусы с уклоном 10...15°.

Экскаваторы, оборудованные обратной лопатой, разрабатывают выемки торцевыми (лобовыми) и боковыми проходками (рис. 5.15), располагаясь выше дна забоя, что позволяет использовать их при разработке увлажненных и мокрых грунтов, с погрузкой в транспортное средство или в отвал.

Драглайн (рис. 5.17, в, г) применяют при разработке грунта ниже уровня стоянки экскаватора, без съезда на дно выемки, поэтому наличие грунтовых вод не влияет на работу машины.

Драглайн используют для рытья сравнительно больших котлованов и траншей, а также для отсыпки насыпей, в частности на строительстве каналов, автомобильных и железных дорог.

5.9. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами

К основным землеройно-транспортным машинам относятся скреперы, бульдозеры, грейдеры, которые разрабатывают грунт, перемещают его, разгружают в насыпь и возвращаются в забой порожняком.

Скреперы предназначены для послойного копания грунтов в материковом залегании, их транспортирования и отсыпки в земляные сооружения с планированием слоями равномерной толщины. Скреперы применяют для разработки талых грунтов I и II групп, в том числе грунтов с каменистыми включениями.

Бульдозеры бывают с неповоротным и поворотным отвалом.

Бульдозеры используют для обратной засыпки, сооружения насыпей из грунтов боковых резервов, грубого планирования земляных поверхностей и подготовительных работ, а также для распределения грунтовых отвалов при работе экскаваторов и земле-

возов, формирования террас на склонах, штабелирования сыпучих материалов и др.

Бульдозеры применяют при перемещении грунта на расстояние 10...70 м и более при благоприятных условиях (попутных уклонах путей перемещения, легких грунтах). Для уменьшения потерь отвалы могут оборудоваться открылками и козырьками.

В цикл работы бульдозера (рис. 5.24) входят следующие операции: резание и набор грунта методом снятия стружки; перемещение грунта с надвижкой его отвалом; возвратный холостой ход.

Планировка площадок бульдозерами выполняется преимущественно траншейным и послойным способами.

5.10. Укладка и уплотнение грунтов

Укладка в насыпь и уплотнение грунта выполняются при планировочных работах, возведении различных насыпей, обратной засыпке траншей, пазух фундаментов и др. Уплотнение производится с целью увеличения несущей способности грунта, уменьшения его сжимаемости и снижения водопроницаемости. Уплотнение может быть поверхностным и глубинным. В обоих случаях оно осуществляется механизмами.

Существует уплотнение грунтов укаткой, трамбованием и вибрированием. Наиболее предпочтителен комбинированный метод уплотнения, заключающийся в одновременной передаче на грунт различных воздействий (например, вибрирование и укатка), или объединение уплотнения с другим рабочим процессом (например, укатка и движение транспортных средств и др.).

Для обеспечения равномерного уплотнения отсыпанный грунт разравнивают бульдозерами или другими машинами. Наибольшее уплотнение грунта с наименьшей затратой труда достигается при

определенной оптимальной для данного грунта влажности (см. табл. 5.1). Поэтому сухие грунты должны увлажняться, а переувлажненные — осушаться.

Грунт уплотняют участками (захватками), размеры которых должны обеспечивать достаточный фронт работ. Увеличение фронта работ может привести к высыханию подготовленного к уплотнению грунта в жаркую погоду или, наоборот, к переувлажнению в дождливую.

Наиболее трудным является уплотнение грунта при обратной засыпке пазух фундаментов или траншей, так как работы ведутся в стесненных условиях. Во избежание повреждения фундаментов или трубопроводов прилегающий к ним грунт на ширину 0,8 м уплотняется с помощью виброплит, пневматических и электрических трамбовок слоями толщиной 0,15...0,25 м (рис. 5.28, а—в). Более производительные способы, например самопередвигающиеся виброплиты и другие (рис. 5.28, г—е), применяются при уплотнении засыпки под полы.

Насыпи, имеющие большую площадь, рекомендуется уплотнять прицепными или самоходными гладкими или кулачковыми катками, а также трамбуемыми машинами по замкнутому кругу.

Проходки грунтоуплотняющих машин делаются с небольшим перекрытием во избежание пропусков неуплотненного грунта. Число проходов по одному месту и толщина слоя задаются в зависимости от вида грунта и типа грунтоуплотняющей машины или устанавливаются опытным путем (обычно 6...8 проходов).

Насыпи, к которым не предъявляются высокие требования по плотности грунта, можно уплотнять транспортными средствами в процессе отсыпки грунта. Схема работы составляется так, чтобы груженный транспорт перемещался по отсыпанному слою грунта.