

«ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ»

1.ТЕХНОЛОГИЯ «СТЕНА В ГРУНТЕ» ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Подземные сооружения в зависимости от гидрогеологических условий и глубины заложения осуществляют разными способами, основные из которых — **открытый**, «стена в грунте» и **способ опускного колодца**.

Сущность технологии «стена в грунте» заключается в том, что в грунте устраивают выемки и траншеи различной конфигурации в плане, в которых возводят ограждающие конструкции подземного сооружения из монолитного или сборного железобетона, затем под защитой этих конструкций разрабатывают внутреннее грунтовое ядро, устраивают днище и воздвигают внутренние конструкции.

В отечественной практике применяют несколько разновидностей метода «стена в грунте»:

- **свайный**, когда ограждающая конструкция образуется из сплошного ряда вертикальных буронабивных свай;
- **траншейный**, выполняемый сплошной стеной из монолитного бетона или сборных железобетонных элементов.

Технология перспективна при возведении подземных сооружений в условиях городской застройки вблизи существующих зданий, при реконструкции предприятий, в гидротехническом строительстве.

С использованием технологии «стена в грунте» можно сооружать:

- противofильтрационные завесы;
- туннели мелкого заложения для метро;
- подземные гаражи, переходы и развязки на автомобильных дорогах;
- емкости для хранения жидкости и отстойники;
- фундаменты жилых и промышленных зданий.

В зависимости от свойств грунта и его влажности применяют два вида возведения стен — **сухой** и **мокрый**.

Сухой способ, при котором не требуется глинистый раствор, применяется при возведении стен в маловлажных устойчивых грунтах.

Свайные стены могут возводиться как сухим, так и мокрым способом, при этом последовательно бурят скважины и бетонируют в них сваи.

Мокрым способом возводят стены подземных сооружений в водонасыщенных неустойчивых грунтах, обычно требующих закрепления стенок траншей от обрушения грунта в процессе его разработки и при укладке бетонной смеси. При этом способе в процессе работы землеройных машин устойчивости стенок выемок и траншей достигают заполнением их глинистыми растворами (суспензиями) с тиксотропными свойствами. Тиксотропность — важное технологическое свойство дисперсной системы восстанавливать исходную структуру, разрушенную механическим воздействием. Для глинистого раствора это способность загустевать в состоянии покоя и предохранять стенки траншей от обрушения, но и разжижаться от колебательных воздействий.

В выемках, открытых до необходимых глубины и ширины под глинистым раствором, этот раствор постепенно замещают, используя в качестве несущих или ограждающих конструкций монолитный бетон, сборные элементы, различного рода смеси глины с цементом или другими материалами.

Наилучшими тиксотропными свойствами обладают бентонитовые глины. Сущность действия глинистого раствора заключается в том, что создается гидростатическое давление на стенки траншеи, препятствующее их обрушению, кроме этого на стенках образуется

практически водонепроницаемая пленка из глины толщиной 2...5 мм. Глинизация стенок выемок позволяет отказаться от таких вспомогательных и трудоемких работ, как забивка шпунта, водопонижение и замораживание грунта.

При отрывке траншей используют оборудование циклического и непрерывного действия; обычно ширина траншей составляет 500... 1000 мм, но может достигать до 1500...2000 мм.

Для разработки траншей под защитой глинистого раствора применяют землеройные машины общего назначения — грейферы, драглайны и обратные лопаты, буровые установки вращательного и ударного бурения и специальные ковшовые, фрезерные и струговые установки.

Буровое оборудование позволяет устраивать «стену в грунте» в любых грунтовых условиях при заглублении до 100 м.

Нецелесообразно применять метод «стена в грунте» в следующих случаях:

- в грунтах с пустотами и кавернами, на рыхлых свалочных грунтах;
- на участках с бывшей каменной кладкой, обломками бетонных и железобетонных элементов, металлических конструкций и т.д.;
- при наличии напорных подземных вод или зон большой местной фильтрации грунтов.

Наиболее проста технология работ при устройстве противофильтрационных завес, которые обычно выполняют из монолитного бетона, тяжелых, ломовых и твердых глин. Назначение завес — предохранение плотин от проникновения воды за тело плотины.

Противофильтрационная завеса может быть применена при отрывке котлованов для предохранения их от затопления подземными водами. Отпадает потребность в замораживании грунта или понижении уровня грунтовых вод иглофильтровыми понизительными установками. Завеса действует постоянно, в то время как остальные методы используются только на период производства работ, хотя грунтовые воды могут быть очень агрессивными.

Работы по отрывке траншей, как и производство последующих работ, в случае близкого расположения фундаментов существующих зданий выполняют отдельными захватками, обычно через одну, т. е. первая, третья, вторая, пятая, четвертая и т. д.

Длину захватки бетонирования назначают от 3 до 6 м и определяют по следующим критериям:

- условиям обеспечения устойчивости траншеи;
- принятой интенсивности бетонирования;
- типу машин, разрабатывающих траншею;
- конструкции и назначению «стены в грунте».

Последовательность работ при устройстве монолитных конструкций по способу «стена в грунте» (рис. 2.1):

- 1) забуривание торцевых скважин на захватке;
- 2) разработка траншеи участками или последовательно на всю длину при постоянном заполнении открытой полости бентонитовым раствором, с ограничителями, разделяющими траншею на отдельные захватки;
- 3) монтаж на полностью отрытой захватке арматурных каркасов и опускание на дно траншеи бетонолитных труб;
- 4) укладка бетонной смеси методом *вертикально перемещаемой трубы* с вытеснением глинистого раствора в запасную емкость или на соседний, разрабатываемый участок траншеи.

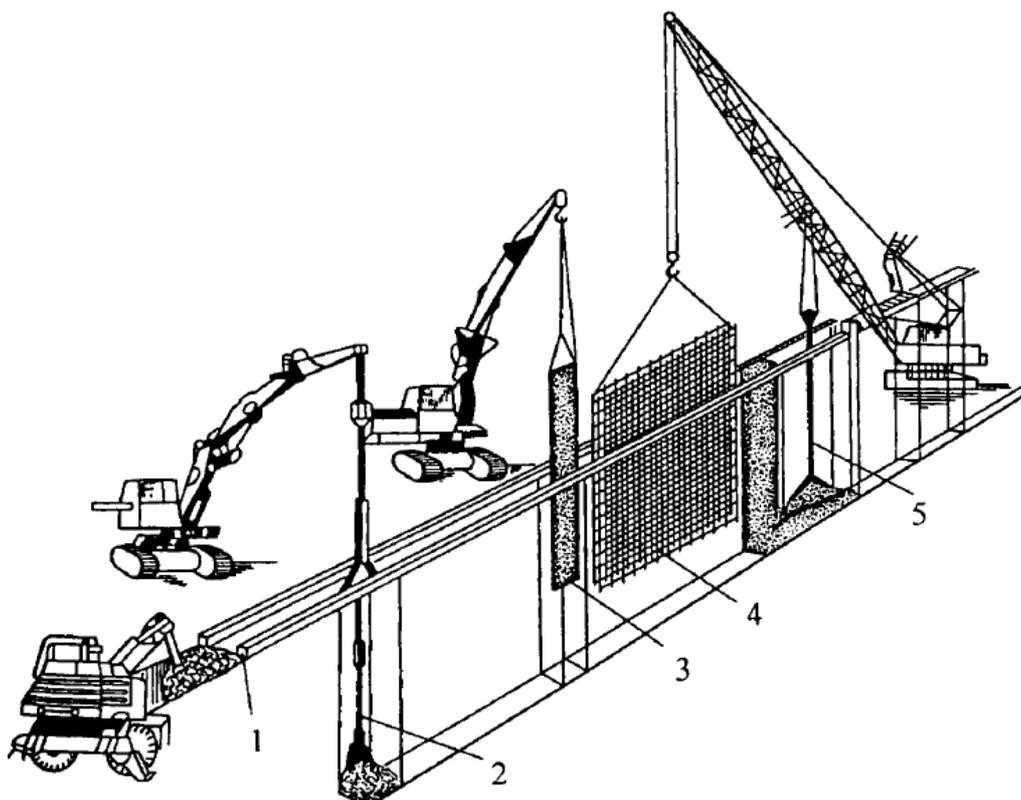


Рис. 2.1. Технологическая схема устройства «стены в грунте»:

1—устройство форшахты (укрепление верха траншеи); 2 — рытье траншеи на длину захватки; 3 — установка ограничителей (перемычек между захватками); 4 — монтаж арматурных каркасов; 5 — бетонирование на захватке методом вертикально перемещаемой трубы

Арматура «стены в грунте» представляет собой пространственный каркас из стали периодического профиля, который должен быть уже траншеи на 10... 12 см. Перед опусканием арматурных каркасов в траншею стержни целесообразно смачивать водой для уменьшения толщины налипаемой глинистой пленки и увеличения сцепления арматуры с бетоном.

Бетонирование осуществляют методом вертикально перемещаемой трубы с непрерывной укладкой бетонной смеси и равномерным заполнением ею всей захватки снизу вверх.

Бетонолитные трубы — металлические трубы диаметром 250...300 мм, толщина стенок 8...10 мм, горловина — на объем трубы, съемный клапан ниже горловины, пыжи из мешковины.

Ограничители размеров захватки:

- при глубине траншеи до 15 м применяют трубы диаметром, меньшим ширины траншеи на 30...50 мм; их извлекают через 3...5 ч после окончания бетонирования на захватке, и образовавшаяся полость сразу заполняется бетонной смесью;

- при глубине траншеи до 30 м устанавливают ограничитель в виде стального листа, который приваривают к арматурному каркасу. При необходимости лист усиливается приваркой швеллеров.

При длине захватки более 3 м бетонирование обычно осуществляют через две бетонолитные трубы одновременно. Для повышения пластичности бетона и его удобоукладываемости применяют пластифицирующие добавки — спиртовую барду, суперпластификаторы.

Перерывы в бетонировании — до 1,5 ч летом и до 30 мин — зимой.

Бетонную смесь укладывают до уровня, превышающего высоту конструкции на 10... 15 см для последующего удаления слоя бетона, загрязненного глинистыми частицами. При использовании виброуплотнения вибраторы укрепляют на нижнем конце бетонолитной трубы. При трубах длиной до 20 м применяют один вибратор, длиной до 50 м — два вибратора.

Трубы на границе захваток обязательно извлекают. Раннее извлечение приводит к разрушению кромок образовавшейся сферической оболочки, что нежелательно, а позднее приводит к заземлению трубы между бетоном и землей, и требуются значительные усилия для ее извлечения. Поэтому часто вместо труб ставят неизвлекаемые перемычки из листового железа, швеллеров или двутавров, обязательно привариваемых к арматурным каркасам сооружения.

Иногда для предохранения устья траншеи от разрушения и осыпания устраивают из сборных элементов или металла *форшахты* — оголовки траншей глубиной до 1 м для усиления верхних слоев грунта, или это траншея с укрепленными на глубину до 1 м верхними частями стенок.

Недостатки технологии «стена в грунте»: ухудшается сцепление арматуры с бетоном, так как на поверхность арматуры налипают частицы глинистого раствора; много сложностей возникает при ведении работ в зимнее время, поэтому, когда позволяют условия, используют сборный и сборно-монолитные варианты. Применение сборного железобетона позволяет:

- повысить индустриальность производства работ;
- применять конструкции рациональной формы: пустотные, тавровые и двутавровые;
- иметь гарантии качества возведенного сооружения. Недостатки сборного железобетона: требуется специальная технологическая оснастка для изготовления изделий, каждый раз индивидуального сечения и длины; сложность транспортирования изделий на строительную площадку; требуются мощные монтажные краны; стоимость сборного железобетона значительно выше, чем монолитного.

Вертикальные зазоры между сборными элементами заполняются цементным раствором при сухом способе производства работ. При мокром способе наружную пазуху траншеи заполняют цементно-песчаным раствором, а внутреннюю — песчано-гравийной смесью. Наружное заполнение в дальнейшем будет служить в качестве гидроизоляции.

Применяют два варианта сборно-монолитного решения:

нижняя часть сооружения до определенного уровня состоит из монолитного бетона, вышележащие конструкции — из сборных элементов;

сборные элементы применяют в виде опалубки-облицовки, которую устанавливают к внутренней поверхности траншеи, наружная полость заполняется монолитным бетоном.

При строительстве туннелей и замкнутых в плане сооружений после устройства наружных стен грунт извлекается из внутренней части сооружения и его отвозят в отвал, днище бетонируют или устраивают фундаменты под внутренние конструкции сооружения.

РАБОТЫ НУЛЕВОГО ЦИКЛА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

В процессе освоения строительной площадки предварительно должны быть выполнены работы по ее вертикальной планировке, устроены временные дороги или монолитное железобетонное основание под постоянные дороги, смонтирована трансформаторная подстанция.

В состав работ нулевого цикла входят:

- отрывка котлована с зачисткой основания под фундаменты;
- водоотвод и водопонижение;
- подготовительные работы к монтажу подземной части здания — устройство усиленного основания под самоходный кран;
- разбивка осей фундаментов в вырытом котловане;

- монтаж подземной части здания, включая фундаменты, фундаментные балки, стены подвалов;
- прокладка подземных коммуникаций водопровода, канализации, газопровода, теплосети, водостока, дренажа, телефонной канализации, электрокабелей;
- устройство бетонной подготовки под полы;
- монтаж перекрытия над подземной частью здания;
- гидроизоляция фундаментов и стен подвала;
- обратная засыпка пазух с уплотнением;
- подготовительные работы к монтажу надземной части здания — укладка подкрановых путей на усиленное основание и монтаж башенного крана.

Работы нулевого цикла базируются на технологиях переработки грунта и устройства земляных сооружений различных типов, форм и расположения по отношению к дневной поверхности. В данном учебнике эти технологии не рассматриваются подробно, так как они занимают значительный объем в предыдущем курсе «Технология строительных процессов».

Работы нулевого цикла считаются законченными после возведения подземной части здания со всеми необходимыми вводами в него, обеспечивающими без дальнейших разрывов строительство надземной части здания и ввод его в эксплуатацию. Стоимость работ нулевого цикла в среднем составляет до 20% общей стоимости строительства, а трудозатраты — до 30% общих трудозатрат.

1. Отрывка котлована и подготовка основания

Отрывку котлована осуществляют экскаваторами разных типов, с устройством пандусов и без них. При возможных значительных нагрузках на основание применяют вытрамбовывание котлованов, когда на грунт сбрасывается трамбовка массой до 15 т с высоты 4...8 м.

Недокопка котлована обычно составляет 15...30 см. Этот слой грунта можно снять бульдозером, стругом, планировщиком или вручную.

Подготовка основания. Монтаж фундаментов начинают только после приемки подготовленного основания, а именно:

1. Земляное основание выравнивают путем зачистки при песчаных грунтах или подсыпки песка, если фундаменты сооружают на других грунтах. Толщина песчаной подсыпки должна быть не менее 5 и не более 15 см. Применяется крупный песок без примесей ила или пылеватых частиц. Подсыпку осуществляют и за пределы будущих фундаментов: не менее 10 см с каждой стороны.

2. Сильно ослабленный грунтовыми водами или атмосферными осадками грунт уплотняют щебнем или гравием слоем толщиной 5...8 см, утрамбовывают, сверху устраивают основание из тощего бетона толщиной не менее 3 см.

3. Водонасыщенное основание в связи с высоким уровнем грунтовых вод уплотняют щебнем или гравием слоем толщиной 8...10 см, на который после проливки гудроном (остаток после отгонки из нефти топливных и масляных фракций) укладывают асфальтобетонную смесь слоем толщиной 2...5 см. Сверху устраивают основание в виде железобетонной фундаментной плиты.

Песчаная или бетонная подготовка будут обеспечивать равномерную передачу нагрузки от сооружения на земляное основание.

2. Монтаж подземной части здания

Фундаменты стаканного типа. После подготовки основания размечают оси фундаментов, которые выносят на обноску с последующей разметкой осей на месте установки фундаментов. Для этого на обноске натягивают осевые струны и с помощью отвесов переносят точки их пересечения на дно котлованов и траншей (рис. 2.2).

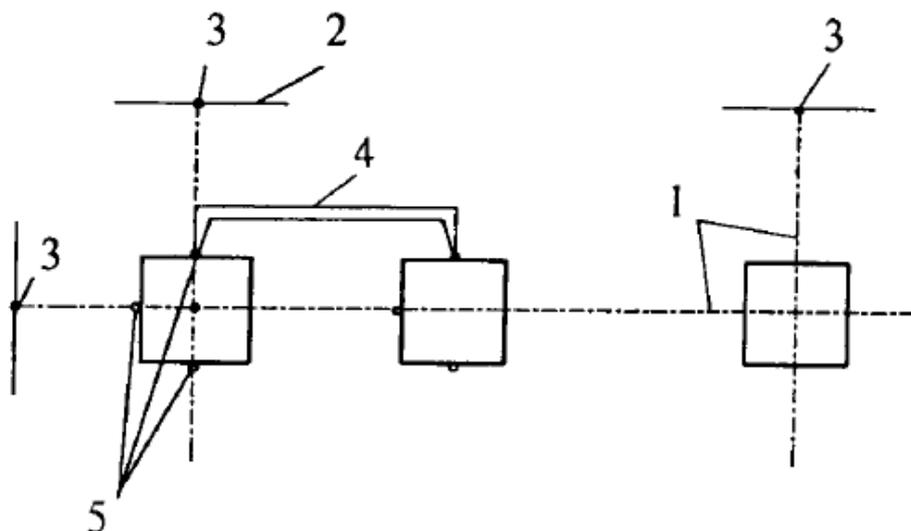


Рис. 2.2. Разметка положения фундаментов стаканного типа:

1 — главные оси здания; 2 — обноска; 3 — гвозди, показывающие положение осей; 4 — шаблон; 5 — колышки, штыри

Во всех каркасных зданиях фундаменты стаканного типа имеют отрицательную отметку верхнего обреза — 0,15 м, что позволяет в удобное время устраивать бетонную подготовку под полы, а значит в полном объеме завершать работы нулевого цикла.

Проверяют уровень дна стаканов фундаментов, расположенных в зоне установки. При необходимости делают углубление в земляном или песчаном основании. В этом месте подсыпку делают тоньше, утоняется бетонное покрытие. От точек пересечения осей фундаментов рулеткой или шаблоном размечают положение боковых граней каждого стакана. Это положение закрепляют тремя колышками или металлическими штырями, забитыми в грунт.

Фундаменты ленточного типа — блоки-подушки. Сборные ленточные фундаменты состоят из блоков двух типов, блоков-подушек, укладываемых в основание фундаментов и стеновых блоков, которые являются стенами подземной части зданий.

При монтаже ленточных подушек предварительно от точки пересечения осей метром отмеряют проектное положение наружной грани фундаментной ленты и забивают два металлических штыря так, чтобы натянутая между ними проволочная причалка была расположена в 2...3 мм за линией ленты фундаментов (рис. 2.3).

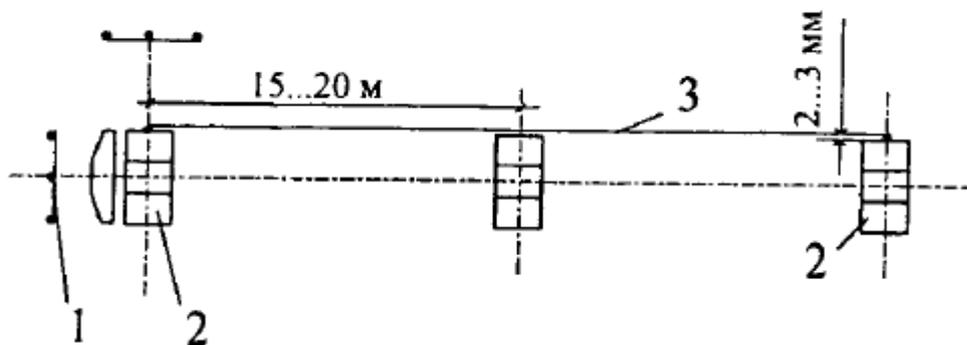


Рис. 2.3. Разметка положения фундаментных подушек: 1 — обноска; 2 — торцевые фундаментные подушки; 3 — причалка

Если в проекте нет других указаний, то при песчаных грунтах фундаментные блоки укладывают непосредственно на выровненное основание, при других грунтах — на песчаную подушку толщиной 10 см. Под подошвой фундамента нельзя оставлять насыпной или разрыхленный грунт. Его удаляют и вместо него насыпают щебень или песок. Углубления в основании более 10 см обычно заполняют бетонной смесью.

Отметку основания проверяют нивелированием. Ленточные фундаменты начинают монтировать с маячных блоков по углам и в местах пересечения стен. После этого шнур-причалку поднимают до уровня верхнего наружного ребра блоков и по нему располагают все промежуточные блоки.

Боковые пазухи и разрывы между блоками-подушками до 10...15 см в процессе монтажа заполняют песком и уплотняют. Излишки грунта срезают заподлицо с поверхностью блоков. В местах сопряжения продольных и поперечных стен блоки-подушки укладывают впритык, места сопряжения между ними заделывают бетонной смесью. После установки маячных подушек причалку поднимают до уровня верхнего ребра подушек.

При обычных грунтах по фундаментным подушкам устраивают горизонтальную гидроизоляцию, по ней сверху цементную стяжку толщиной 30 мм. При слабых грунтах и возможности неравномерной осадки фундаментов по верху фундаментных подушек в цементно-песчаную стяжку укладывают арматурную сетку, что приводит к более равномерному распределению нагрузки от вышележащих блоков и конструкций. Диаметр стержней сетки принимают по проекту, но не менее 5 мм. По завершении устройства цементной стяжки целесообразно засыпать котлован до верха смонтированных фундаментных подушек.

В качестве подосновы фундамента служит бетонная подготовка, выполненная по утрамбованному щебню или, в некоторых случаях, плита основания. Вертикальная опалубка выставляется по направлениям, заданным геодезической разбивкой.

Монтаж блоков стен подвала. Раскладку фундаментных подушек и блоков стен подвала осуществляют в соответствии с технологической картой, по приведенной в ней схеме раскладки блоков, учитывающей необходимость оставления отверстий и проходов между ними для ввода через фундаменты в здание трубопроводов и кабелей.

До начала монтажа стеновых фундаментных блоков на ленте фундаментных подушек размечают продольные и поперечные оси, используя для этих целей проволочные оси с обноски. Монтаж фундаментных блоков начинают с установки угловых — двух крайних по фасаду здания. После угловых устанавливают промежуточные маячные блоки на расстоянии 20...30 м один от другого, по которым и натягивают маячные причалки на расстоянии 2...3 м от линии наружного края фундаментов. Причалка должна располагаться на 4...5 см выше уровня установленного ряда блоков. По мере монтажа причалку переносят вверх на очередной ряд блоков, уровень ее также на 4...5 см выше уровня установки этого ряда блоков.

Блоки двух первых рядов устанавливают с уровня земли, последующие — с подмостей. Перевязка блоков — не менее длины блока, после установки всех блоков очередного ряда заделывают вертикальные стыки между ними. При выполнении стен подвала из монолитного железобетона высота бетонирования определяется высотой стены, а длина — технологическим регламентом производства работ.

По всей плоскости фундаментов, выровненной раствором и приведенной в горизонтальное положение, укладывают 1...2 слоя гидроизоляции.

При наличии подвальных этажей устраивают вертикальную гидроизоляцию и проводят мероприятия по утеплению их стен в соответствии с данными проекта.

Монтаж перекрытия над подвалом начинают после установки перегородок, устройства вводов и выпусков подземных коммуникаций.

Особенности монтажа подземной части здания. Для монтажа подземной части здания могут быть использованы пневмоколесные, автомобильные, гусеничные краны, краны-нулевики и башенные краны, запроектированные для возведения надземной части здания.

Основные особенности работ:

- увязка с земляными работами — монтажный кран или спускают в котлован и для него устраивают въездной пандус или для крана оставляют достаточно широкую полосу для перемещения по кромке котлована;
- тщательность обратной засыпки грунта и послойного уплотнения, так как необходимо гарантировать устойчивость подкрановых путей, которые часто располагают и в зоне обратной засыпки грунта.

Если при монтаже надземной части здания предусмотрено использовать башенный кран, им можно монтировать и подземную часть. В этом случае монтаж подкрановых путей и самого крана необходимо закончить до начала укладки фундаментов. Если глубина котлована значительна и при движении крана вдоль котлована может быть нарушена устойчивость откосов, то монтаж целесообразно вести с одной точки и на величину вылета стрелы. При этом устанавливают фундаментные подушки, блоки стен подвала, плиты перекрытия, устраивают гидроизоляцию, осуществляют обратную засыпку пазух, т. е. формируют подпорную стенку, исключая опасность обрушения откоса.