

Введение

Основными тенденциями развития современного строительства в крупных городах при возведении как жилых, так и общественных зданий являются увеличение количества сооружений, под которыми осваиваются подземные пространства (глубиной 10 м и более), возрастание числа объектов, на которых проводят реконструкционные работы в условиях плотной застройки. При этом решаются задачи как надстройки зданий, так и устройства под ними заглубленных помещений.

Указанные виды строительства требуют устройства в грунте глубоких котлованов (выемок) для обеспечения водонепроницаемости и устойчивости стенок котлованов и сохранности существующей застройки в зоне влияния котлована, другими словами, к работам нулевого цикла в настоящее время предъявляются очень серьезные требования.

Применительно к сложным инженерно-геологическим условиям, характеризующимся неоднородными напластованиями слабых грунтов и высоким уровнем грунтовых вод, выполнение перечисленных требований влечет за собой ответственный и обоснованный выбор для конкретных условий строительства наиболее эффективных конструктивно-технологических решений для производства работ по сооружению ограждающих стенок котлованов, обладающих необходимыми показателями по устойчивости и водограунтонепроницаемости.

В настоящем издании авторами показывается, что такие задачи для котлованов глубиной 6–10 м эффективно решаются применением шпунтовых ограждений различных форм поперечных сечений и материалов.

Большое внимание следует уделять также вопросам устройства конструкций креплений шпунтовых ограждений с возможными техническими решениями в виде горизонтальных распорных балок, грунтовых берм (островной способ), грунтоцементных диафрагм, выполненных по струйной технологии, горизонтальных дисков перекрытий, бетонируемых способом «сверху вниз» и т. п. Спектр технологий погружения шпунта в современном строительстве достаточно широк: это вибрационное погружение, забивка и вдавливание установками различного принципа действия.

Проектировщикам при разработке проектов зданий и сооружений, подрядным строительным организациям при составлении проектов организации строительства и производства работ или технологических карт земляных работ с устройством ограждений котлована необходимо с полным знанием дела ориентироваться в области многообразных конструктивно-технологических решений устройства котлованов (выемок) и методах обеспечения надежной устойчивости их стенок (откосов).

Кроме того, авторами рассматриваются вопросы устройства ограждений котлованов в гидротехническом строительстве с применением оболочек большого диаметра, выполненных из рулонированной стали. Оболочки диаметром 8–16 м, высотой до 16 м изготавливаются на стендах укрупнительной сборки на берегу и в готовом виде транспортируются к месту установки. Такая технология позволяет устраивать ограждения на акваториях в условиях плотных грунтов, когда заглубление шпунта становится технически трудновыполнимой задачей из-за критических деформаций погружаемых элементов. Ограждения рассматриваемого вида необходимы при использовании под строительство прибрежных территорий, сооружении открытых способом транспортных тоннелей ниже уровня дна акватории, создании искусственных островов, возведении причальных стенок. Представлен уникальный опыт применения такой технологии отечественными учеными и строителями при устройстве комплекса защиты Санкт-Петербурга (Ленинграда) от наводнений на акватории Финского залива.

Предлагаемая книга составлена с учетом требований к разработке технологических карт и проектов производства работ, выполняемых как специализированными строительными организациями, так и студентами высших учебных заведений: бакалавров (направление подготовки 270800.62 «Строительство»), специалистов (направление подготовки 271101.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений»), а также слушателями институтов повышения квалификации.

Настоящее издание предназначено для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций и ставит своей целью способствовать на всех этапах реализации того или иного инвестиционного проекта выбору наиболее эффективных конструктивно-технологических решений при выполнении работ нулевого цикла в сложных инженерно-геологических условиях с обеспечением устойчивости ограждений котлованов и высокого уровня безопасности окружающей

застройки. В условиях гидротехнического строительства применение стальных оболочек большого диаметра является инновационным конструктивно-технологическим вариантом выполнения специальных строительных работ на акватории. Такие решения в том и в другом случае обеспечивают снижение как материальных, так и экономических затрат, повышают производительность труда.

Приведенные в настоящем издании схемы производства работ и технологические карты помогут в составлении соответствующих разделов проектов производства ограждений из шпунта и оболочек как в учебных целях, так и для реальных строительных объектов.

Авторы выражают большую благодарность рецензенту д-ру техн. наук, профессору Р.А. Мангушеву за ценные замечания, сделанные при рассмотрении рукописи.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Представляемая вниманию читателей книга разработана с учетом основных положений и методик, действующих национальных стандартов, технических регламентов и сводов правил, утвержденных распоряжением правительства Российской Федерации № 1047-р от 21 июня 2010 г.

В общий перечень нормативных документов, определяющих производство работ «нулевого» цикла и обеспечивающих соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», вошли следующие издания:

- Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ, принятый Государственной Думой 23 декабря 2009 года.

- ГОСТ 25100–95 Грунты. Классификация.

- СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83*).

- СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты (актуализированная редакция СНиП 2.02.03–85).

- СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты (актуализированная редакция. СНиП 3.02.01–87).

- СНиП 11-02–96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

- СНиП 12-03–2001. Безопасность труда в строительстве. Ч. I. Общие положения.

- СНиП 12-04—2002. Безопасность труда в строительстве. Ч. II. Строительное производство.

- СП 48.13330.2011. Организация строительства (актуализированная редакция СНиП 12-01—2004).

С учетом требований нормативных документов рассмотрены основные термины и определения, используемые при описании технологии погружения шпунта и устройства ограждений.

Акватория (от лат. *aqua* — вода, *territorium* — территория) — участок водной поверхности, ограниченный естественными, искусствен-

ными или условными границами. Следует различать естественные (окены, моря, заливы, бухты, озера) и искусственные акватории (порты, водохранилища).

Вибрационный погружатель (вибропогружатель, вибратор) — машина, в которой реализован эффект погружения свайных и других подобных элементов за счет снижения сопротивления грунта, вызванного приложением к элементу периодических знакопеременных сил и (или) крутящих моментов. Такое вибрационное воздействие приводит к снижению бокового сопротивления грунта и позволяет погружать элементы с малым лобовым сопротивлением помощью вибрационных машин относительно небольшой массы.

Вибрационный молот (вибромолот) — машина, в которых вибровозбудитель воздействует на погружаемый элемент в основном ударами. Ударно-вибрационный режим имеет преимущества перед вибрационным при погружении элементов в маловлажные плотные грунты или при наклонном (горизонтальном) погружении, в том числе эффективен для элементов с относительно развитой лобовой частью. Масса погружаемого элемента не должна превышать 3–5 т, так как при действии значительного лобового сопротивления грунта отношение массы погружаемого элемента и ударной части вибромолота должно приближаться к единице, а применение вибромолотов с массой более 3–5 т ограничивается долговечностью механизма, резко снижающейся с увеличением его массы.

Геотехнический мониторинг — комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение и конструкции сооружений окружающей застройки. Геотехнический мониторинг осуществляется в период строительства и на начальном этапе эксплуатации вновь возводимых или реконструируемых объектов. Цель геотехнического мониторинга — обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности вновь возводимых (реконструируемых) объектов и сооружений окружающей застройки и сохранности экологической обстановки [31, 68, 95].

Гидротехнические сооружения — согласно СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» эти сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды, предназначенные для

использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами, включая плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники, доки; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений и разрушений берегов морей, озер и водохранилищ, берегов и дна русел рек; набережные, пирсы, причальные сооружения портов; сооружения систем питьевого и технического водоснабжений и т. п.

Такие сооружения подразделяют на постоянные и временные (используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений).

Постоянные гидротехнические сооружения в зависимости от их назначения подразделяют на основные (неполадки которых приводят к нарушению или прекращению нормальной работы сооружений или аварийным чрезвычайным ситуациям) и второстепенные, разрушение или повреждение которых не влечет за собой указанных последствий.

К основным гидротехническим сооружениям относятся:

- плотины; устои и подпорные стены;
- каналы;
- судоходные сооружения (шлюзы, судоподъемники и судоходные плотины);
- гидротехнические сооружения портов (причалы, набережные, пирсы);
- гидротехнические сооружения, входящие в состав комплексов инженерной защиты, населенных пунктов и предприятий и т. п.

К второстепенным гидротехническим сооружениям относятся:

- разделительные стенки;
- отдельно стоящие служебно-вспомогательные причалы;
- берегоукрепительные сооружения портов и т. п.

Залог — серия ударов (свыше трех) молотом по шпунту, при которой определяется отказ.

Копер — автономная машина, предназначенная для подъема, установки на точку погружения, корректировки, погружения шпунта в грунт с помощью молота или вибрационного погружателя.

Колонковый бур — цилиндрический буровой инструмент с кольцевой коронкой, армированной твердосплавными резами, для разбуривания скального грунта и массивов существующих фундаментов.

Лидерное бурение — бурение, которое выполняют при работах в прослойках плотных грунтов как для уменьшения уровня динамического воздействия на окружающую застройку, так и для облегчения погружения шпунта.

Молот сваебойный — машина, применяемая для погружения шпунта в грунт ударами.

Молот механический — ударная часть молота в виде металлической болванки (отливки) поднимается стальным канатом с помощью лебедки по направляющей копра и свободно сбрасывается на голову сваи или шпунта.

Молот дизельный — ударная часть перемещается вверх в результате расширения газов, возникающих от сгорания топливно-воздушной смеси, при этом полезная работа совершается молотом при свободном падении ударной части.

Молот гидравлический — ударная часть перемещается под действием давления в гидравлической системе, при этом в молотах двойного действия движение ударной части вниз происходит за счет как силы тяжести, так и давления масла в системе.

Оборачиваемость — количество циклов повторного, многократного использования (погружения и извлечения) шпунта без потери эксплуатационных качеств. Согласно указаниям ТЕР-05, сборник 5, книга 1 «Свайные работы. Опускные колодцы. Закрепление грунтов», если в проекте обосновано однократное погружение стальных шпунтовых свай без последующего их извлечения, расход шпунтовой стали следует принимать с повышающим коэффициентом 1,01 на одну тонну. Если предусматривается извлечение стальных шпунтовых свай с последующим их повторным использованием, то расход шпунта в тоннах принимается с учетом понижающего коэффициента:

- 0,65 — при двух оборотах;
- 0,40 — при трех оборотах;
- 0,25 — при четырех-пяти оборотах;
- 0,22 — при количестве оборотов более пяти.

Рекомендуемые нормы расхода стальных шпунтовых свай учитывают износ, потери и затраты на восстановление после их извлечения.

Отказ — глубина погружения сваи или шпунта от одного удара.

Отказ критический — отказ, при котором прекращается погружение шпунта из-за прослоек (включений) плотного грунта или недо-

статочной массы ударной молота. Принимается равным 3–6 мм в зависимости от прочностных характеристик шпунта. Дальнейшее погружение после достижения критического отказа может привести к недопустимым деформациям шпунта.

Плавсредство (сокращенное от плавучее средство) — самоходное или несамоходное плавучее сооружение, используемое для перевозки грузов, буксировки иных плавучих объектов в гидротехническом строительстве и эксплуатирующееся в условиях водной среды. Примеры плавсредств — грузовое судно, баржа, буксир, понтон, плавпричал, земснаряд, несамоходная шаланда с затворами или глухим днищем, плавучий кран или копер и т. д.

Подмыв — способ, облегчающий погружение в грунт шпунта за счет снижения сил трения о грунт или лобового сопротивления под действием подаваемой струи воды. Вода к нижнему торцу шпунта под напором поступает по системе подмывных труб.

Прозор — участки прерывания в шпунтовом ограждении при пересечении стенки с существующими коммуникациями.

Свая — это полностью или частично погруженный в грунт стержень с прямоугольным или круглым поперечным сечением, служащий для передачи давления от сооружения на нижележащие, несущие слои грунта.

Скважина — выработка в грунте круглого сечения, пробуренная с помощью специального оборудования с поверхности земли, диаметр которой много меньше ее глубины (диаметр свыше 75 мм и глубина свыше 5 м). Устье, забой — соответственно верхняя и нижняя части скважины или шпура.

Слабые грунты — глинистый грунт со степенью влажности $S_r > 0,8$, показателем консистенции $I_L > 0,5$, модулем деформации $E < 5$ МПа и расчетным сопротивлением $R_0 < 0,15$ МПа.

Технологическая карта — основной документ строительного процесса, регламентирующий его технологические и организационные положения; разрабатывается на простые или комплексные процессы.

Установка вдавливания свайных элементов — машина, в которой погружение в грунт элемента происходит за счет приложения к нему вертикального вдавливающего усилия (до 2000 кН), которое прикладывается либо к торцу, либо к боковой поверхности погружаемого элемента. В первом случае процесс вдавливания прерывается для переставки

новки зажимного узла в направлении вверх по погружаемому элементу, во втором случае процесс непрерывен.

Электроосмос — способ используют для облегчения погружения шпунта в плотные водонасыщенные грунты. После кратковременного воздействия постоянного тока у стенок погружаемого шпунта-катода концентрируется грунтовая вода и понижаются силы трения грунта по боковой поверхности.

Шнек — буровой инструмент в виде стержня (трубы), к наружной поверхности которого приварена спирально навитая стальная лента. Нижний торец шнека оснащен породоразрушающим наконечником. При вращении шнека происходит резание и последующее транспортирование разрушенного грунта на устье скважины.

Шпунтовая стенка — сплошная стенка, образованная погруженными в грунт деревянными, железобетонными, стальными или полимерными шпунтовыми сваями. Служит грунтоводонепроницаемой преградой, удерживает от обрушения стенки котлована и снижает уровень динамических воздействий на конструкции фундаментов существующих зданий и сооружений при производстве работ.

Глава 2. НАЗНАЧЕНИЕ ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И АКВАТОРИЙ. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В условиях современного многоэтажного строительства глубина заложения подземной части может превышать 6 м, для чего необходимо применять комплексную технологию разработки грунта и устройства надежного ограждения котлованов.

При извлечении больших объемов грунта происходит изменение напряженно-деформируемого состояния основания, а неконтролируемые откачки грунтовых вод из котлована сопровождаются значительным водопонижением на прилегающих территориях, вызывающим суффозионные явления, осадки грунта и фундаментов прилегающих зданий.

Кроме того, в стесненных условиях строительства в пределах плотной городской застройки при устройстве котлованов без дополнительных ограждений требуются дополнительные площади для устройства откосов.

В этих условиях ограждения котлованов должны обеспечивать водонепроницаемость и сохранность построек в пределах деформируемой зоны грунта на расстоянии удвоенной ширины здания, устойчивость от давления грунта и примыкающих зданий, динамических воздействий от перемещающейся строительной техники и транспорта.

Перечислим способы креплений котлованов, наиболее часто применяемые в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга [18, 19, 29, 31, 37, 48, 71]:

- 1) разработка грунта с сохранением естественных откосов;
- 2) вибрационное погружение или вдавливание стального шпунта;
- 3) «стены в грунте»: касательные или секущиеся сваи с дополнительной гидроизоляцией контактных зон или без нее, траншейные стены в грунте.

Как уже отмечалось выше, первый способ неэффективен при устройстве котлованов глубиной свыше 3 м в стесненных условиях из-за необходимости задействования дополнительных территорий для устройства откосов, а также сложности обеспечения устойчивости откосов при производственных динамических воздействиях.

Задачу выбора технологий можно решить на основе анализа факторов технологичности, под которой понимается совокупность положительных качеств технологии устройства ограждения котлованов в конкретных инженерно-геологических условиях строительства, по всем или основным показателям, превосходящим сравниваемые варианты.

Технологичность следует оценивать по трем уровням критериев:

- 1-й уровень – интегральный по трем показателям: продолжительности работ, минимальной площади, необходимой для установки оборудования, и стоимости устройства ограждений. Следует отметить, что номенклатура и количество учитываемых показателей может варьироваться в зависимости от условий строительства и конструктивных особенностей возводимого сооружения, например можно учитывать количественный состав звена, суммарную массу применяемого оборудования, уровень шума производимый при производстве работ и т. п.;
- 2-й уровень – обобщенные критерии оценки вариантов устройства ограждений котлованов;
- 3-й уровень – дифференциальные или простые критерии.

Для оценки технологичности каждого варианта необходимо, чтобы все критерии измерялись в соизмеримых показателях: интегральный $0 \leq J_i \leq 1$; обобщенный $0 \leq m_i \leq 1$; дифференциальный $0 \leq m_{ij} \leq 1$.

Для выполнения указанного условия все частные показатели x_{ij} преобразовываются в безразмерные величины по следующим формулам:

$$m_{ij} = x_{ij} / x_i^{\max}, \quad (2.1)$$

$$m_{ij} = x_i^{\min} / x_{ij}. \quad (2.2)$$

Формула (2.1) применяется, когда увеличение рассматриваемого показателя ведет к увеличению обобщенного и интегральных критериев, в противном случае применяется выражение (2.2).

Обобщенный и интегральный критерии рассчитываются по формулам:

$$m_i = \sum_{i=1}^n m_{ij} K_i^{\text{обобщен}}, \quad J_i = \sum_{i=1}^n m_i K_i^{\text{интегральный}}. \quad (2.3)$$

Здесь $K_i^{\text{обобщен}}$, $K_i^{\text{интегральный}}$ коэффициенты весомости i -х обобщенных и интегральных критериев соответственно, определяемых по методу экспертных оценок. В результате лучшему из рассматриваемых вариантов будет соответствовать максимальный интегральный показатель J_i .

Приведем пример расчета (табл. 2.1) для устройства ограждений котлована глубиной 5 м, размерами в плане 60×30 м, длина ограждений по всем технологиям определена как $5 \times 3 = 15$ м.

Таблица 2.1

Критерии технологичности вариантов устройства ограждений котлована

Наименование показателя	Технология устройства ограждения котлована						Лучшее значение
	Погружение стального шпунта АУ20 с извлечением	Погружение стального шпунта АУ20 без извлечения	Касательные сваи с цементацией контактных зон	Секущиеся сваи под защитой обсадных труб	Сплошная бетонная стена в грунте	Секущиеся сваи под глинистым раствором	
	Варианты						
	1	2	3	4	5	6	
	Частные показатели						
Продолжительность работ одной установкой, сут	23	23	68	75	90	113	23
Минимальная площадь участка, м ²	66	66	75	95	120	40	40
Стоимость устройства ограждения, млн руб./сут	7,0	22,6	10,9	67,5	139,3	37,1	7,0
	Обобщенные критерии						K_i
Продолжительность работ	1,00	1,00	0,34	0,31	0,26	0,20	0,35
Минимальная площадь участка	0,61	0,61	0,53	0,42	0,33	1,00	0,15
Стоимость работ	1,00	0,31	0,64	0,10	0,05	0,19	0,50
	Интегральный критерий технологичности						
	1,00	0,60	0,52	0,22	0,16	0,32	

Сравним варианты устройства ограждения котлованов по шести вариантам: 1-й и 2-й варианты — вибрационное погружение шпунта с последующим извлечением и без него; 3-й вариант — устройство касательных буровых свай шнеком с дополнительной струйной цементацией контактных зон для обеспечения водонепроницаемости; 4-й вариант — секущиеся буровые сваи, устраиваемые под защитой обсадных труб; 5-й вариант — сплошная бетонная стена в грунте, устраиваемая челюстным грейфером, подвешиваемым на крюке крана; 6-й вариант — секущиеся сваи, выполняемые под глинистым раствором для обеспечения устойчивости стенок и удержания ствола скважин в процессе бурения. Результаты расчетов приведены в табл. 2.1, на основании которых с учетом увеличения интегрального критерия технологичности расположим рассматриваемые варианты по возрастанию приоритетности: 5→4→6→3→2→1. Из полученных данных следует практически важный вывод о рациональности вибрационного в определенных условиях погружения стального шпунта с последующим его извлечением.

В условиях нового строительства и реконструкции объектов при производстве различных видов работ нулевого цикла (ограждение котлованов, устройство разделительных стенок, создание в грунте водогрунтонепроницаемых преград) из всего спектра современных технологий погружение шпунта является наиболее универсальным и технологичным решением. Классификация шпунтовых ограждений по различным признакам представлена на рис. 2.1.

Следует отметить, что для любого способа погружения шпунта существуют ограничения по его применению при наличии в геологическом разрезе включений из валунных отложений, крупного строительного мусора, конструкций старых фундаментов и т. п.

Рассмотрим примеры рационального применения шпунта в различных условиях строительства (рис. 2.2):

- устройство ограждений котлованов, позволяющее освободить территорию строительной площадки от необходимого размещения откосов котлована, что особенно важно в стесненных условиях строительства (рис. 2.2, а);
- разъединительные преграды, позволяющие минимизировать осадки конструкций существующих зданий от дополнительных нагрузок нового строительства (рис. 2.2, б);

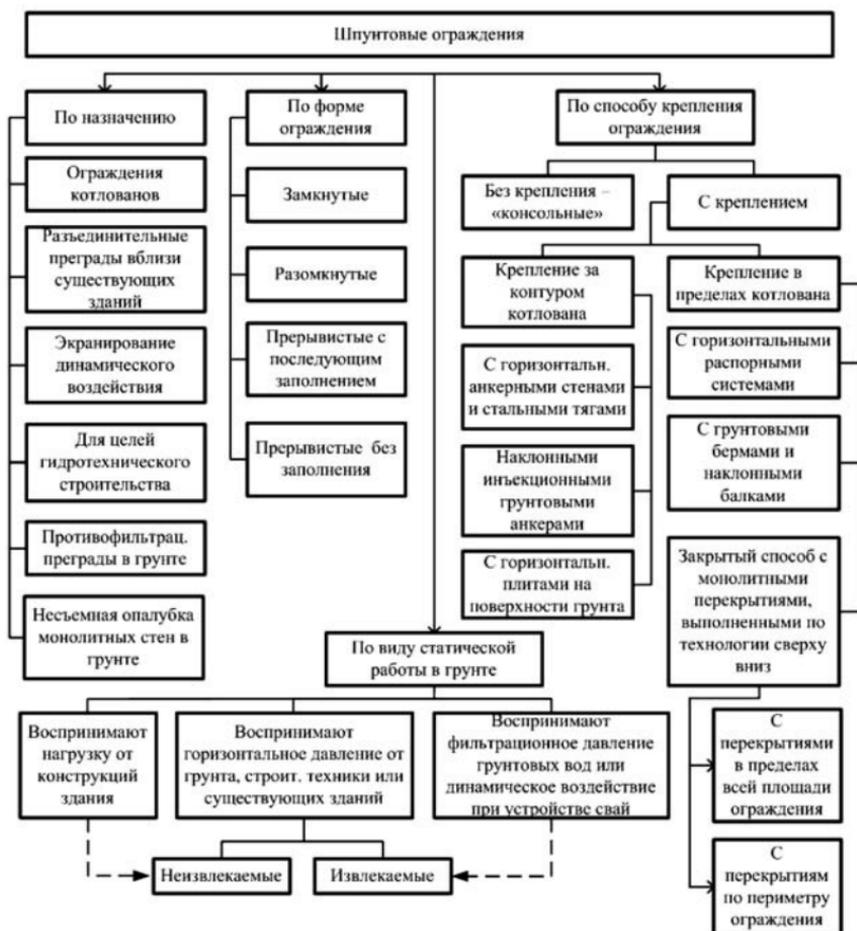


Рис. 2.1. Классификация шпунтовых ограждений

Рис. 2.2. Различные области применения шпунта:

a — ограждение котлованов; *b* — разъединительные преграды; *в* — экран при забивке свай; *г* — гидротехническое строительство; *д* — противофильтрационные завесы; *e* — формирование ограждающих конструкций в грунте в подземном строительстве: 1 — шпунт; 2 — котлован; 3 — существующее здание; 4 — возводимое здание; 5 — сваи; 6 — копер; 7 — водоносный слой; 8 — монолитная бетонная стена в грунте; 9 — перекрытия подземных этажей

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru