

КОНСТРУКЦИЯ И УСТРОЙСТВО ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

КОНСТРУКЦИЯ И МАТЕРИАЛ ОПОР

1. Общие сведения об опорах

Опоры являются важнейшей частью моста; они служат для поддержания пролетных строений и передачи усилий от них на грунт основания. От прочности и устойчивости опор зависит состояние и долговечность моста.

Все нагрузки, действующие в определенных сочетаниях, не должны вызывать в опорах напряжений, осадок и перемещений, превышающих допустимые по СНиП 2.05.03-84. Стоимость опор и фундаментов составляет 50—60 % от общих затрат на все сооружение, поэтому конструкции опор должны быть экономичными и отвечающими принципу индустриализации в строительстве мостов. Опоры мостов условно разделяются на два вида: промежуточные (быки) и концевые (устои). Такое деление оправдано различными условиями их эксплуатации и передачи нагрузок. Промежуточные опоры работают, как правило, в зоне переменного уровня воды, находясь под воздействием ледохода и навала судов.

Устои чаще размещаются на суходоле. На них, кроме вертикальных нагрузок, действуют горизонтальные силы от давления грунта и торможения.

В плане тело опоры может иметь разное очертание: прямоугольное, закругленное, круглое. Форма тела опоры определяется классом реки и интенсивностью ледохода. Опоры, возводимые на суходоле, имеют, как правило, прямоугольную или круглую форму в поперечном сечении. Русловые опоры должны иметь такое очертание, которое бы обеспечило пропуск высоких вод под мостом без подмыва оснований опор. С этой целью очертанию опоры в плане придается закругленная форма в носовой и кормовой части или круглая. При наличии ледохода необходимо заострение носовой части. Наклонная заостренная часть называется ледорезом (водорезом). При среднем ледоходе (Волга, Кама) режущему ребру придается наклон к вертикали примерно 10:1; для сильного ледохода (Северная Двина, Енисей, Обь и др.) ледорез устанавливается с наклоном режущего ребра $1:1^2:1$.

В настоящее время широко применяют как массивные опоры, так и облегченные. Существующие конструктивные решения опор полностью не

унифицированы, типовые решения содержат более 150 различных вариантов сборных блоков. В связи с этим важным направлением совершенствования конструкций опор является унификация основных размеров их элементов.

Материал кладки опор. Капитальные опоры мостов строят из бетона, бутобетона, камня и железобетона.

Кладка из камня (песчаника, известняка, гранита и т.д.), формованного глиняного обожженного кирпича на известковом, а позже на цементном растворе, широко применялась при сооружении мостов. Большая трудоемкость тески камней правильной формы (при тесовой кладке) и сложность укладки неотесанных камней (при укладке в подбор) привели к широкому использованию бетона.

Бетон — искусственный строительный материал. Необходимая прочность бетона, его плотность, морозостойкость и долговечность обеспечиваются соответствующим подбором состава бетона. Прочность и плотность бетона зависят: от прочности заполнителя и правильного его подбора по гранулометрическому составу; от количества цемента в 1 м³ бетона; от марки цемента; от водоцементного отношения (В/Ц, где В — вес воды и Ц — вес цемента).

Применяемый для конструкций бетон должен удовлетворять следующим требованиям по морозостойкости, прочности, водостойкости и водонепроницаемости.

Плотность бетона характеризуется его объемным весом и водоцементным отношением. Для получения плотного бетона в конструкциях бетонных опор расход цемента на 1 м³ бетона должен быть от 250 до 300 кг при В/Ц 0,6—0,7.

Для конструкций мостов применяют портландцемент. Для надземных и надводных конструкций при неагрессивной среде используются:

- обычный портландцемент;
- пластифицированный портландцемент, повышающий подвижность бетонной смеси;
- гидрофобный портландцемент, понижающий гигроскопичность бетона;
- глиноземистый цемент, отличающийся быстротой твердения и стойкостью к химическим воздействиям.

Проектная марка бетона по морозостойкости F (табл. 3.1) соответствует числу циклов переменного замораживания и оттаивания, после которых его прочность на сжатие снижается не более чем на 10—15 %. Важным средством повышения морозостойкости и улучшения структуры бетона является применение пластирующих и воздухововлекающих добавок.

Таблица 3.1

Марка бетона по морозостойкости $F_{дл}$ для элементов конструкций

Климатические условия строительства, характеризующиеся среднемесячной температурой наружного воздуха наиболее холодного месяца	В надводной и подводной, а также в надземной незагрязняемых зонах		В зоне переменного уровня воды			
	Ж/б и тонкостенные бетонные (толщиной менее 0,5 м)	Бетонные массивные	Ж/б и тонкостенные бетонные конструкции	Бетонные массивные		Блоки облицовки
				Кладка тела опоры (бетон наружной зоны)	Кладка заполнения при блоках облицовки (бетон внутренней зоны)	
Умеренные — минус 10°C и выше	200	100	200	100	100	—
Суровые — ниже минус 10 до минус 20°C	200	100	200	200	100	300
Особо суровые — ниже минус 20°C	300	200	300	300	200	400

По прочности применяемые в конструкциях бетоны бывают следующих классов: В20, В22.5, В25, В27, В30, В35, В40, В45, В50, В55 и В60. Класс бетона выбирается в зависимости от вида конструкций, их армирования и условий работы (табл. 3.2).

Оценкой прочности бетона на сжатие, более близкой к действительным условиям работы конструкций, является оценка прочности по результатам испытаний на сжатие бетонных образцов в виде призм, имеющих высоту не менее 3,5 кратного поперечного размера. Предел прочности таких образцов называется призмной прочностью, составляющей для тяжелого бетона 70—80 % его кубиковой прочности. Прочность бетона на растяжение невелика и в 10—15 раз ниже его кубиковой прочности. Предел прочности на раскалывание (срез) примерно в 2,5 раза больше предела прочности на растяжение.

Таблица 3.2

Стали и марки бетонов, применяемых для различных видов конструкций

Виды конструкций, армирование и условия работы	Бетон класса по прочности на сжатие и растяжение
Бетонные конструкции	В20
Железобетонные конструкции с ненапрягаемой арматурой:	
а) в надземных частях сооружений	В22,5
б) в подземных частях сооружений, а также во внутренних полостях сборномонолитных опор	
Предварительно напряженные конструкции:	
а) без анкеров при стержневой арматуре классов:	
А-IV и АТ-IV	В20
А-V и АТ-V	В25
АТ-VI	В30

б) при проволочной арматуре из одиночных проволок	B35
с анкерами при проволочной арматуре из одиночных проволок	B35
при пучках арматурных или стальных канатов	B25
Блоки облицовки опор на реках с ледоходом при расположении мостов в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки:	B35
-40 °С и выше	B35
ниже минус 40 °С	B45

Проектная марка бетона по водонепроницаемости W соответствует давлению воды, при котором еще не наблюдается ее просачивание через образец бетона в возрасте 28 суток. Элементы и части конструкций железобетонных мостов и труб изготавливаются из бетона, имеющего марки по водонепроницаемости не ниже: $W4$ — в подводных и подземных конструкциях; $W6$ — в водопропускных трубах, в элементах креплений конусов насыпей и русел водотоков, в элементах проезжей части и блоках облицовки опор для районов со средней температурой наружного воздуха до 40 °С; $W8$ — в блоках облицовки опор для районов с температурой наружного воздуха ниже минус 40 °С.

Для подземных и подводных частей при неагрессивной среде, кроме пластифицированного и гидрофобного портландцемента, применяется пуццолановый портландцемент и шлакопортландцемент. При агрессивной среде и для зон переменного уровня воды используется сульфатостойкий и глиноземистый портландцемент.

Состав бетона рассчитывают в лаборатории. Правильно запроектированная бетонная смесь должна быть удобоукладываемой, т.е. не расслаиваться при транспортировании, легко укладываться в опалубку и плотно заполнять форму. Подвижность бетонной смеси для монолитных конструкций определяется осадкой конуса или показателем удобоукладываемости и назначается в зависимости от вида бетонируемой конструкции. Приготовление бетонной смеси для мостовых конструкций должно производиться в бетономешалках. Бетономешалка загружается составляющими бетона одновременно, но не допускается вводить цемент первым. При больших объемах бетонных работ устанавливаются бетонные заводы, имеющие мощные бетономешалки и оборудование механизированной дозировки и загрузки материалов и выдачи готового бетона. В бетономешалках емкостью 1000—1200 л наименьшая продолжительность перемешивания бетонной смеси с осадкой менее 6 см составляет 120 с, а при осадке конуса более 6 см — 90 с.

Железобетон в массивных опорах применяется для устройства прокладников, подферменных плит, откосных крыльев балластного корыта.

Бутобетон применяется с целью экономии бетона. В бетон опоры включается бутовый камень размером не менее 15 см и объемом до 20 % полного объема кладки. Такое включение бута в кладку называется «изюм».

Камень укладывается только в свежий бетон. Уплотнение бетонной смеси осуществляется с помощью вибраторов. Расстояние между смежными камнями не должно быть меньше 10 см, а между камнем и опалубкой — не менее 25 см.

Бутовая кладка опор осуществляется из естественного камня твердых пород, неветривающихся и морозоустойчивых. Камень используется постелистый с размерами граней не менее 15 см, булыжный камень с окатанными поверхностями без плитовки (околки) в кладку не допускается. Бутовая кладка ведется на цементном растворе с облицовкой наружной поверхности естественным камнем прочных пород (гранит, песчаник, известняк и др.).

Ввиду большой трудоемкости бутовая кладка вытеснена бетонной и бутобетонной. Бутобетонные и бетонные опоры — монолитные опоры. В настоящее время широко применяется сооружение опор из сборного и монолитного железобетона. Важной составной частью железобетона является арматура, предназначенная для восприятия вместе с бетоном внутренних усилий, развивающихся в элементах конструкции под действием внешних нагрузок. В железобетонных конструкциях в качестве арматуры применяются различные виды стали: горячекатаные круглые стержни из углеродистой мартеновской и конвекторной стали, горячекатаные стержни периодического профиля из более прочной углеродистой стали. Стержни классов А-I—A-IV применяются в конструкциях без предварительного напряжения бетона. Стержни классов А-IV, А-V, АТ-IV, АТ-V, АТ-VI, высокопрочная проволока, пряди и канаты применяются в предварительно напряженных конструкциях. Арматура, необходимая для формирования арматурного каркаса и закрепления рабочей арматуры, изготавливается из стали классов А-I и А-II, гладкая арматурная проволока — из стали класса ВI, периодического профиля — из стали класса Вр-I.

2. Виды опор

2.1 Промежуточные опоры

Промежуточную опору можно условно разделить на три конструктивных элемента: подферменную плиту (оголовок), тело опоры, фундамент (рис. 3.1). Размеры оголовков в плане назначают из условия разме-

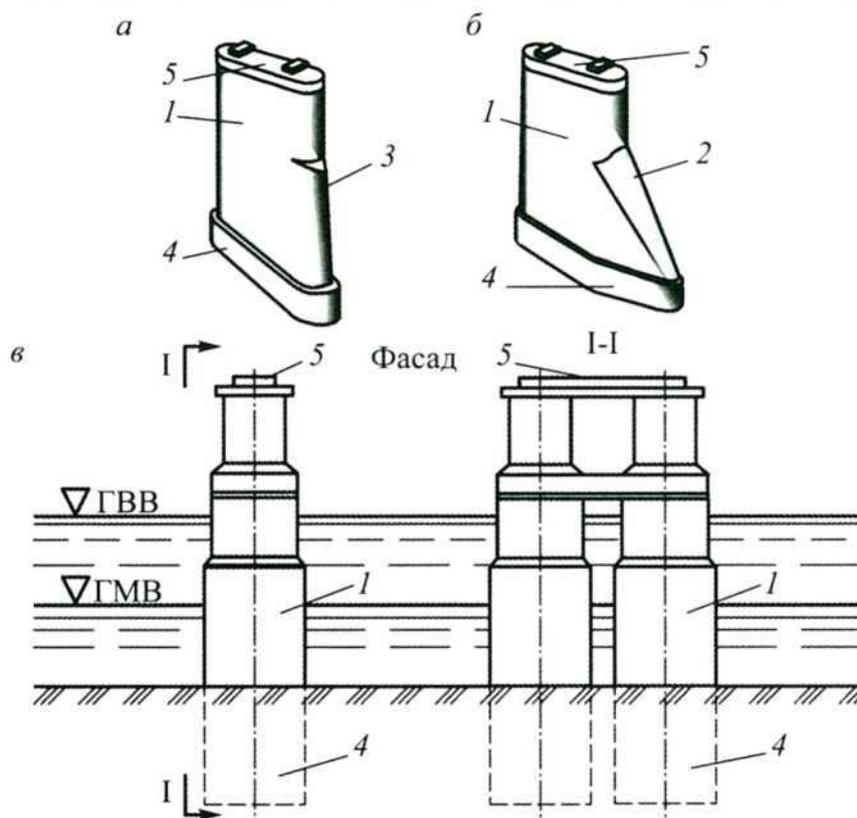


Рис. 3.1. Промежуточные опоры (быки):

- а* — каменный (бетонный) бык с водорезом; *б* — каменный (бетонный) бык с ледорезом; *в* — трубчато-телескопическая промежуточная опора (бык);
1 — тело опоры; *2* — ледорез; *3* — водорез; *4* — фундамент;
5 — подферменная плита

щения опорных частей. Расстояние между осями опорных частей определяется типом пролетного строения и его длиной.

Высота опоры — расстояние от обреза фундамента до верха опоры — может изменяться от нескольких метров до десятков и даже сотен метров. Высота опоры моста зависит от требований норм подмостового габарита; высота опор виадуков — от рельефа местности; высота опор путепроводов определяется требованиями габарита приближения строений. Толщина оголовков массивных опор применяется 0,5—0,6 м. Верхняя часть оголовка, кроме площадок под опорные части, должна иметь уклоны не менее 1:10 для отвода воды. Оголовок имеет свесы во все стороны не менее 10 см, улучшающие архитектурный вид опоры. В ряде случаев целесообразно устраивать сборно-монолитные промежуточные опоры. В сборных опорах широко применяют железобетонные оболочки диаметром 0,6—0,3 м и даже 5 м. Надежность работы таких опор обеспечивается заполнением внутренних полостей бетоном до уровня высокой воды. В виадуках при высоте опор до 100 м успешно применяют контурные замкнутые блоки высотой 1—1,2 м с толщиной стенок 0,35 м без заполнения внутренней полости. На небольших реках с толщиной льда до 0,3 м сооружают свайно-

эстакадные мосты с пролетным строением небольшой длины. Полносборные опоры таких мостов состоят из прямоугольных в сечениях свай и объединяющих их насадок (ригелей). Высота такой опоры 5—6 м. Очертание опоры в плане зависит от ее местоположения: в воде или на суходоле. Наиболее целесообразная для речных опор обтекаемая, т.е. закругленная форма сечения в плане. Промежуточные опоры, располагаемые на суше, имеют обычно прямоугольные очертания; при сооружении опор мостов отверстием до 15 м и высотой насыпи до 9 м применяют сборные конструкции из бетонных блоков весом от 3 до 4, 5 т, подферменные блоки — до 7 т. Блоки стандартных размеров изготавливают на заводе или полигоне, перевозят к месту установки железнодорожным транспортом и устанавливают краном. Швы между блоками заделывают цементным раствором.

В средних и больших мостах нашли применение различные виды сборных бетонных и железобетонных опор, таких как трубчато-телескопические, массивные из бетонных блоков, сборно-монолитные из железобетонных блоков, предварительно напряженные и др. Трубчато-телескопические сборные опоры состоят из двух колонн, объединенных сверху мощной железобетонной подферменной плитой. В опорах высотой более 6 м (от ГМВ до подферменной плиты) между колоннами устраивается дополнительная поперечная связь — ригель. Колонны представляют собой железобетонные тонкостенные трубы диаметром от 120 до 300 см, с толщиной стенок 12 см. Трубы соединяются между собой телескопическим стыком, труба меньшего диаметра заводится в трубу большего диаметра не менее чем на 1 м, после чего стык омоноличивается. Нижняя часть трубы заполняется подводным бетоном до отметки ГМВ+0,5 м. Сборно-монолитные опоры сооружаются из прямоугольных пустотелых железобетонных блоков в виде бездонных ящиков с гладкими вертикальными стенками. При монтаже опоры блоки устанавливаются один на другой на растворе. В стыках применяются железобетонные пояса, обеспечивающие взаимную связь блоков. По окончании монтажа производится расшивка швов между блоками.

2.2. Концевые опоры

Концевые опоры — устои — предназначены для сопряжения моста с насыпью и опирания на них крайнего пролетного строения. Конструктивные формы устоев разнообразны (рис. 3.2). Условно конструкции устоев можно разделить на необсыпные и обсыпные. В необсыпных конус

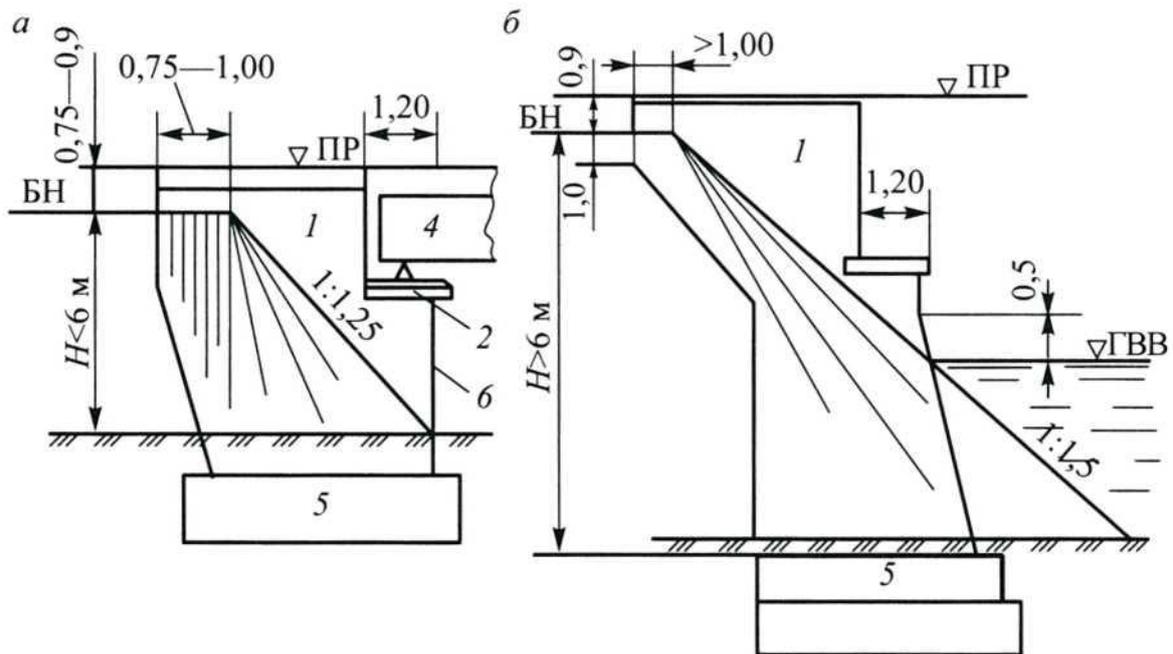


Рис. 3.2. Концевые опоры (устои):

- a* — необсыпной устой; *б* — обсыпной устой; 1 — тело устоя;
 2 — подферменная плита; 3 — опорная часть; 4 — пролетное строение;
 5 — фундамент; б — передняя стенка устоя; БН — бровка насыпи;
 ПР — отметка уровня подошвы рельса

насыпи не выходит за переднюю грань и фундамент устоя. В обсыпных устоях насыпь смещена в сторону пролета, стесняя живое сечение реки. Обсыпные устои требуют меньшего расхода бетонной кладки, но их применение увеличивает длину моста. Обсыпные устои применяются в средних и больших мостах при высотах насыпи более 6 м. Необсыпные устои чаще применяются в малых мостах при высоте насыпи до 6 м. Окончательное решение принимается после технико-экономического сравнения различных вариантов.

Основными конструктивными элементами устоя являются: под ферменная плита, шкафная стенка, передняя стенка, конструкция, сопрягающая устой с насыпью подхода, фундамент. Ширина устоя зависит от габарита проезжей части. Конструкция устоев существенно зависит от высоты насыпи.

Наиболее распространенными видами береговых опор, построенных в прежние годы, являются: устои с обратными стенками, массивные, тавровые, отдельные, с проемами, устои с откосными крыльями (рис. 3.3).

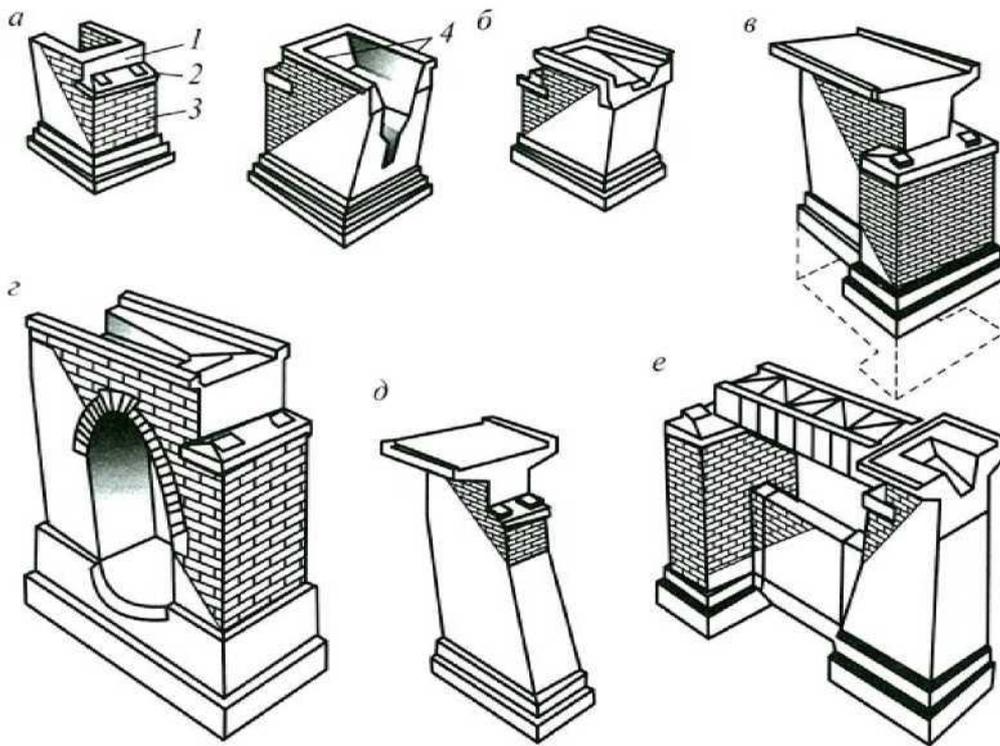


Рис. 3.3. Виды устоев:

a — с обратными стенками; *б* — массивный; *в* — Т-образный; *г* — с проемом; *д* — обсыпной; *е* — раздельный; 1 — шкафная стенка; 2 — подферменная плита; 3 — передняя стена; 4 — обратные стены; 5 — фундамент

Массивные устои имеют большие размеры по фасаду моста и большие объемы кладки, поэтому в последние годы применяются редко.

Устои сборно-монолитных конструкций устраивают из железобетонных контурных блоков с заполнением внутренней полости монолитным бетоном. Значительное снижение расхода материалов и повышение уровня сборности обеспечиваются применением свайных стоечных и рамных конструкций устоев.

Малые и средние мосты с пролетами до 20 м, путепроводы и эстакады строят преимущественно индустриальными способами с опорами в виде сборных свайных и столбчатых конструкций. В распространенных сборных железобетонных конструкциях свайно-эстакадных и стоечноэстакадных железобетонных мостов опоры на 90—95 % сооружаются из элементов промышленного изготовления, которыми являются сваи, стойки, насадки, шкафные и фундаментные блоки. Кладка опор в атмосферных условиях постепенно разрушается. Вода, протекая через кладку, выщелачивает раствор и этим нарушает ее монолитность. В порах намокшей кладки при замерзании образуется лед, который, увеличиваясь в объеме на 0,9 %, отламывает наружные частицы камня. В результате многократного замораживания происходит выветривание кладки. Поэтому наружная поверхность капитальных опор должна быть защищена облицовкой из камней плотных и прочных пород, устойчивых против физического

разрушения. Облицовка крепким камнем защищает опоры и от механического воздействия плывущих льдин. Облицовка используется также и как архитектурный элемент.

Чтобы предотвратить попадание воды в кладку, открытые сверху плоскости опор защищают устройством каменных или бетонных сливов с уклоном. Боковые поверхности опор, соприкасающиеся с грунтом, покрывают битумной мастикой (обмазочная гидроизоляция). В балластном корыте устоев устраивается оклеенная гидроизоляция с обеспечением стока воды за устой. Во избежание скопления воды за устоем насыпь отсыпается дренирующим грунтом с устройством дренажей.

3. Основания и фундаменты опор мостов

Всякое сооружение опирается на грунт и передает ему давление от собственного веса и действующих на сооружение нагрузок. Для восприятия этих нагрузок и передачи их на грунт (основание) устраивается фундамент. Наиболее надежным и экономичным является устройство опор на скальных грунтах. Скальные породы (песчаник, известняк, гранит, базальт и др.) имеют высокую прочность и не размываются.

Несущая способность грунтов основания зависит от их структуры и физических свойств. Классификация грунтов основания применяется по ГОСТ 25.100-82. Основания и фундаменты мостов и труб проектируются в соответствии со СНиП 2.02.01-83. В мостах фундаменты опор и их основания — ответственные элементы сооружения, от качества и надежности которых зависит долговечность моста и безопасность его эксплуатации. Основания подразделяются на естественные и искусственные. Естественным основанием является грунт, залегающий под фундаментом и способный воспринять все нагрузки, передаваемые через фундамент. Если грунт, залегающий под фундаментом, не может выдержать передаваемых на него нагрузок, устраиваются искусственные основания. Фундаменты на естественном основании могут быть мелкого заложения (до 6 м в открытых котлованах) и глубокого.

3.1. Фундаменты мелкого заложения

Когда грунты, залегающие в основании, по своим физико-техническим свойствам и расчетным характеристикам позволяют устроить фундамент сооружения на небольшой глубине, сооружаются фундаменты мелкого заложения, обычно в открытых котлованах (рис. 3.4).

Так как фундамент служит для передачи давления от сооружения на грунт, подошва его должна иметь достаточную площадь, определяемую расчетом. Требуемое расширение фундамента книзу делается уступами

или в виде усеченной пирамиды. При ступенчатом фундаменте линия его расширения не должна составлять с вертикалью угол более 30° . Верх фундамента опоры, называемый обрезами, должен располагаться на 0,5 м ниже уровня меженных вод для того, чтобы фундамент не обнажался при пониженных уровнях. На сухом месте обрезами располагается на 0,1—0,2 м ниже поверхности грунта. В уровне обреза фундамента делается шире устанавливаемого на него тела опоры для того, чтобы в случае неточности реального положения возведенных фундаментов установка на них тела опоры не вызывала трудностей. Ширина уступов ступенчатого фундамента принимается 0,5—1,0 м. Фундаменты устраивают из бетона, реже из железобетона. Они могут быть монолитными и сборными из бетонных или железобетонных блоков, изготовленных на заводе или полигоне и устанавливаемых на место краном.

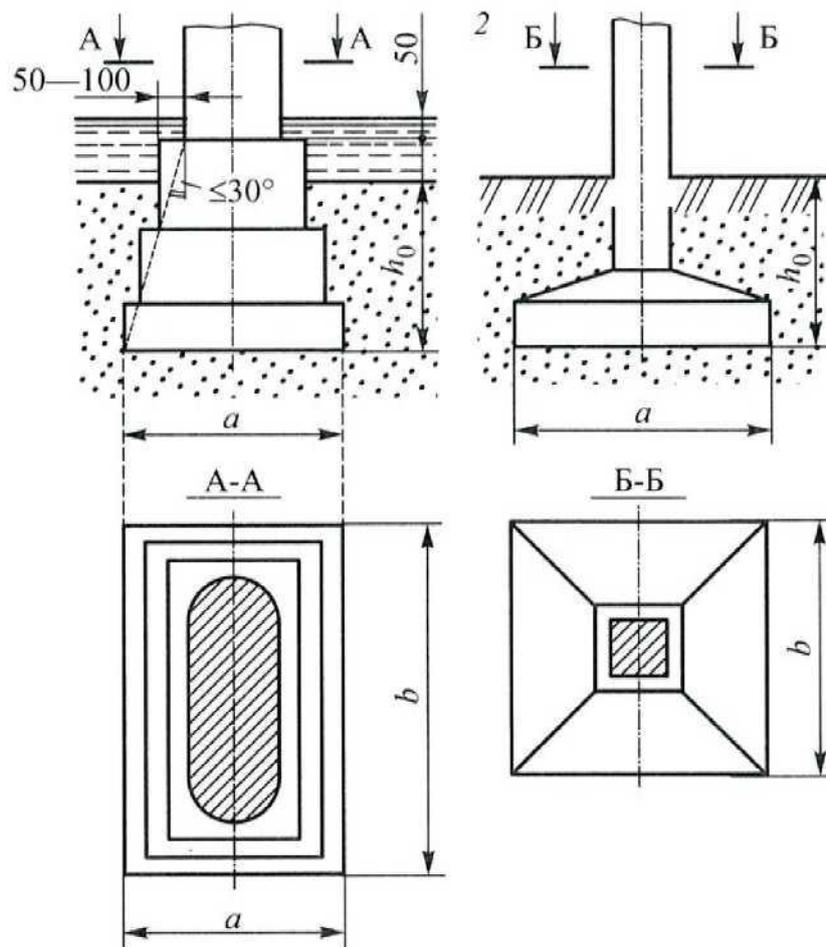


Рис. 3.4. Фундаменты мелкого заложения:

1 — фундамент опоры в русле реки; 2 — фундамент опоры на сухом месте;
 h_0 — глубина заложения фундамента от подошвы до поверхности грунта;
 a — ширина подошвы фундамента по фасаду; b — ширина подошвы фундамента
 в направлении, перпендикулярном оси моста

Подошва фундамента располагается в зависимости от характера грунтов, но, как правило, не менее чем на 1 м ниже поверхности грунта или дна реки, а для грунтов, увеличивающихся в объеме при намокании, на глубину не менее 0,25 м ниже уровня промерзания.

При действии на опору больших сил и наличии в основании слабых грунтов возникает необходимость устройства фундамента глубокого заложения или усиления основания.

Грунты по прочности, устойчивости и размываемости делятся на 2 группы: цементированные (скальные) и нецементированные (рыхлые).

Нецементированные грунты делятся на связные (глинистые) и сыпучие (песок, гравий, галька).

Гранулометрический состав устанавливается ситовым анализом (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Классификация песков по гранулометрическому составу

Песок	Размеры частиц, мм	Содержание частиц, % от массы сухого грунта
Гравелистый	Крупнее 2 0,5—2 0,25—0,5 0,1—0,25 0,1	25 % 50 % 50 % 75 % Менее 75 %
Крупнозернистый		
Среднезернистый		
Мелкозернистый		
Пылеватый		

Для проверки и контроля характеристик грунтов каждая строительная организация должна иметь передвижную грунтовую лабораторию со специальным оборудованием, позволяющим в полевых условиях быстро определять физико-механические свойства грунтов.

Глина в сухом состоянии представляет собой плотную породу, способную выдержать большие нагрузки, но при насыщении водой является слабым грунтом, становится пластичной, изменяет свою форму (табл. 3.4). Песок в естественных условиях находится как в рыхлом, так и в плотном состоянии. В сухом состоянии песок сыпуч, а при насыщении водой при-

Таблица 3.4

Характеристика глинистых грунтов

Наименование грунта	Содержание частиц по массе, %		
	Песчаных размером 2,0—0,05	Пылеватых размером 0,05—0,005	Глинистых размером 0,005
Супесь:			
легкая	Более 50—крупнее 0,25	—	3—6
тяжелая	Менее 50—крупнее 0,25	—	6—10
пылеватая	—	Больше, чем песчаных	3—10
Суглинок:			
легкий	Больше, чем пылеватых	—	10—20
тяжелый	То же	—	20—30
легкий пылеватый	—	Больше песчаных	10—20
тяжелый пылеватый	—	—	20—30
Глина:			
песчаная (тощая)	Больше, чем пылеватых	—	30—40
пылеватая	—	Больше песчаных	30—40
полужирная	—	—	40—60
жирная	—	—	Более 60

обретает текучесть (пльвун). Плотный песок без примеси глины, пыли и ила является надежным основанием. Слабые грунты в основаниях могут

быть упрочнены (искусственные основания).

Применяются следующие способы упрочнения грунтов:

- уплотнение грунта путем укатки, трамбования;
- цементация грунтов (нагнетание в грунт цементного молока);
- силикатизация (пропитка грунта жидким стеклом);
- битумизация (нагнетание в грунт битумных эмульсий).

Искусственные основания можно создавать путем замены слабого грунта на более прочный.

При устройстве фундаментов в сухом прочном грунте котлованы разрабатываются без крепления стенок. Крутизна откосов стенок котлована зависит от вида грунта, стенки могут быть вертикальными или наклонными. Котлованы с наклонными стенками требуют больших объемов земляных работ, но не нуждаются в креплении. Крутизна откосов при сроке пребывания котлованов не засыпанными не более 15 дней в супесях 1:0,67 и 1:1, в суглинках 1:0,67 и 1:0,75, в глинах 1:0,5 и 1:0,7, в скалах 1:1. Крепление котлованов глубиной до 5 м выполняется по типовым проектам с применением инвентарных крепежных деталей, а при глубине более 5 м — по индивидуальным проектам (рис. 3.5).

В супесчаных, лёссовых и водоносных грунтах, когда уровень грунтовых вод стоит выше подошвы фундамента, фундамент сооружается под защитой деревянного или металлического шпунтового ограждения (рис. 3.6). Деревянное шпунтовое ограждение устраивается из брусьев толщиной 10—12 см или из досок толщиной 4—8 см, забиваемых в грунт в виде сплошной по периметру котлована стенки. Брусья или доски шпунтового ограждения — шпунтины — обрабатываются по кромкам так, чтобы каждый брус (доска) имел с одной стороны гребень, а с другой — паз. Для обеспечения правильного расположения шпунтин устанавливаются маячные сваи во всех углах шпунтового ограждения на расстоянии 2,5—4 м друг от друга. При большой глубине котлована шпунтовые стенки укрепляются распорками. Шпунт забивается на 1—2 м глубже дна котлована.

Металлический шпунт является более современным средством для ограждения котлована. Металлические шпунтины плоского и корытного профиля имеют по продольным кромкам замки для соединения их между собой. Они могут иметь длину 12—25 м, что позволяет забивать их на большую глубину. Для фундаментов, сооружаемых в постоянном

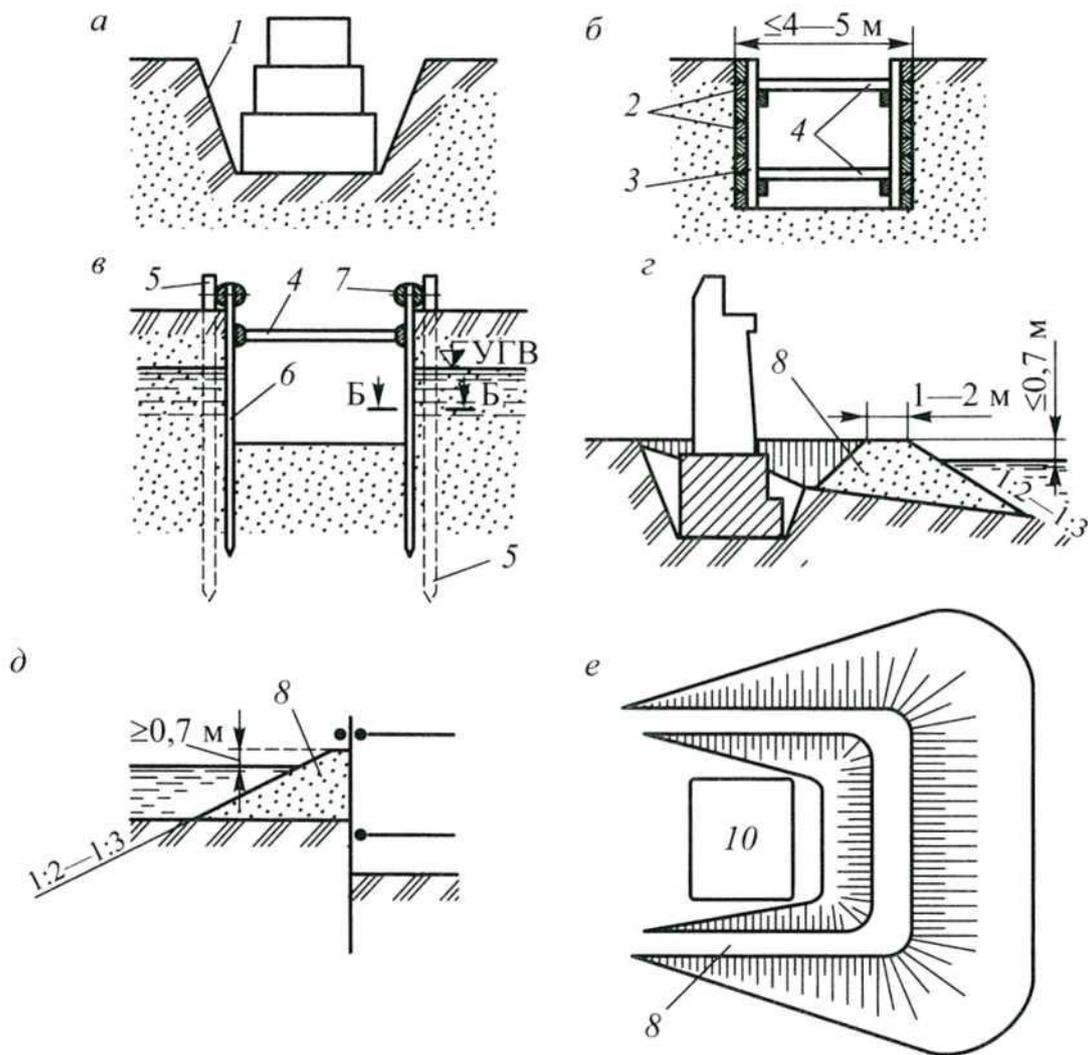


Рис. 3.5. Виды котлованов и их ограждений:

a — ступенчатый фундамент в сухом котловане без крепления; *б* — котлован, стенки которого имеют крепление распорки; *в* — крепление котлована с помощью распорок в шпунтовом ограждении; *г* — фундамент в котловане, защищенном грунтовыми перемычками; *д* — котлован в шпунтовом ограждении, укрепленном грунтовой перемычкой; *е* — котлован, защищенный грунтовыми перемычками; 1 — стена котлована в виде естественного откоса грунта; 2 — закладные доски; 3 — стойка; 4 — распорки; 5 — маячная свая; 6 — шпунтовая стенка; 7 — направляющие схватки; 8 — земляная перемычка; 9 — заполнение грунтом; 10 — котлован; УГЦ — уровень грунтовых вод

шпунтовом ограждении, должны быть предусмотрены меры по засыпке и уплотнению грунта в пазухах котлована. Фундаменты мелкого заложения, как правило, имеют прямоугольные очертания в плане. В слабых грунтах фундаментам придается ступенчатая форма для получения наибольшей площади подошвы фундамента.

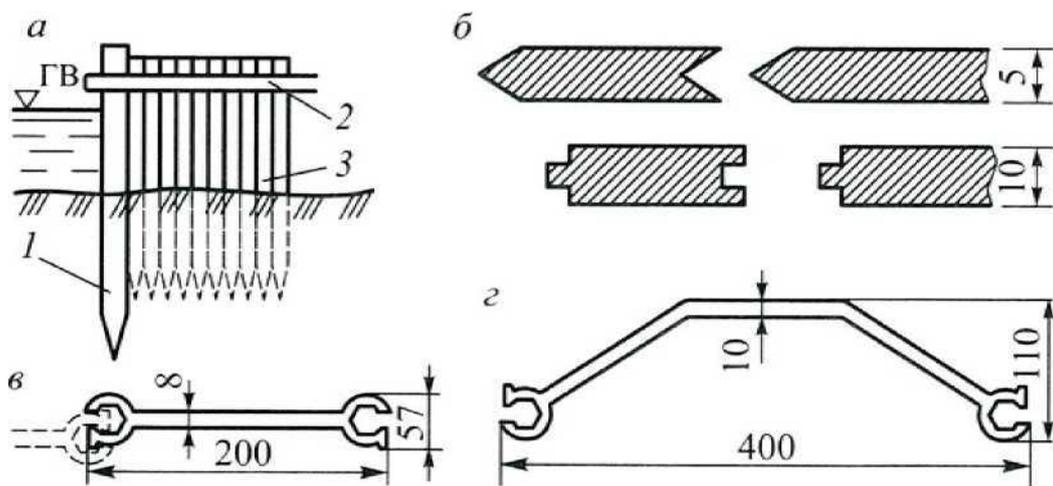


Рис. 3.6. Шпунтовые ограждения:

а — деревянная шпунтовая стенка; *б* — деталь сопряжения деревянных шпунтин; *в* — плоский металлический шпунт; *г* — металлический шпунт корытного типа; *1* — маячная свая; *2* — направляющая; *3* — шпунтины

3.2 Свайные фундаменты

Свайные фундаменты применяют при слабых грунтах основания при достаточно глубоком залегании прочных грунтов, а также на местностях, покрытой водой. По характеру работы сваи делятся на два вида: сваи-стойки, работающие на сжатие, и висячие сваи (сваи трения), работающие на растяжение за счет трения боковых поверхностей свай о грунт (рис. 3.7). По виду материала сваи бывают: деревянные, железобетонные, стальные, фунтовые, комбинированные и др. По способу погружения различают сваи: забивные, камуфлетные, буровые, винтовые, набивные (рис. 3.8). По расположе-

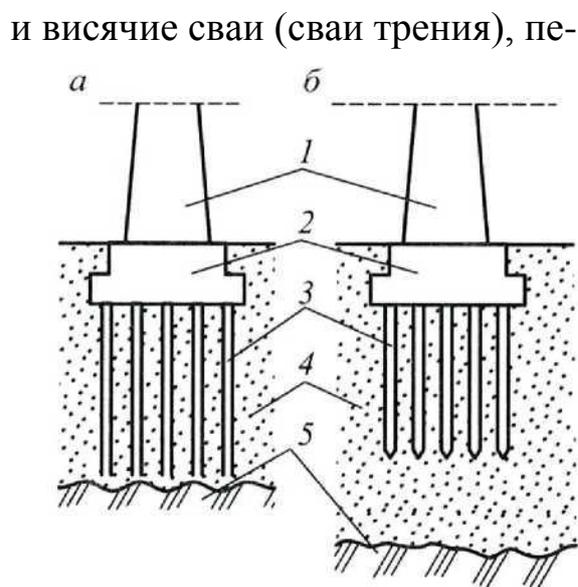


Рис. 3.7. Виды сваи по характеру работы:

а — сваи-стойки; *б* — висячие сваи; *1* — тело опоры; *2* — пост

нию относительно горизонта сваи подразделяются на вертикальные и наклонные.

Свайный фундамент состоит из отдельных свай и объединяющей их поверху монолитной бетонной или железобетонной плиты — ростверка.

Ростверком называется плита, служащая для равномерного рас-

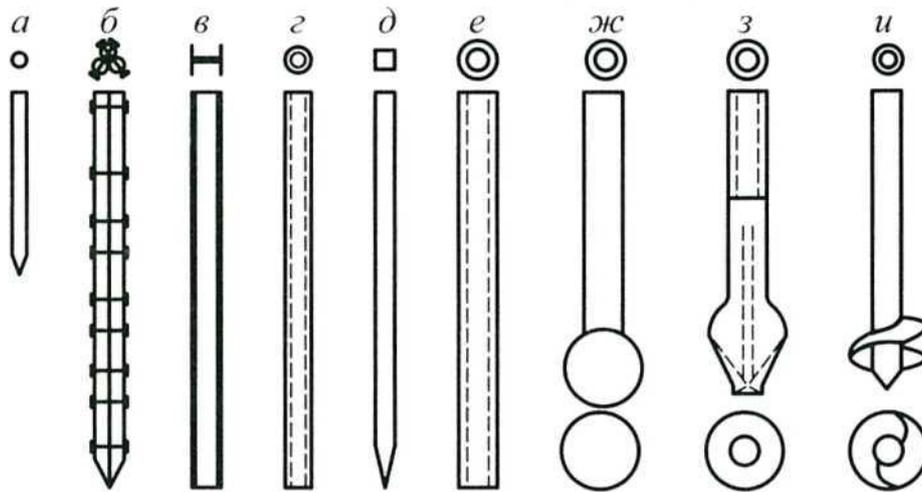


Рис. 3.8. Различные виды свай:

а — деревянные одиночные; *б* — деревянные составные; *в* — металлические из двутавров; *г* — из труб; *д* — железобетонные массивные; *е* — пустотелые; *ж*, *з* — трубожелезобетонные с уширениями; *и* — винтовые

пределения давления на сваи. По расположению относительно поверхности грунта свайные ростверки бывают низкие и высокие (рис. 3.9). Если подошва плиты заглублена в грунт, свайный ростверк называется низким. Если подошва плиты расположена выше поверхности грунта, ростверк называется высоким. Размеры плиты (ростверка) определяются условиями размещения необходимого числа свай, способных воспринять нагрузку на опоры. Сваи размещаются в ряд или в шахматном порядке. Наибольшее распространение получили бетонные ростверки, в

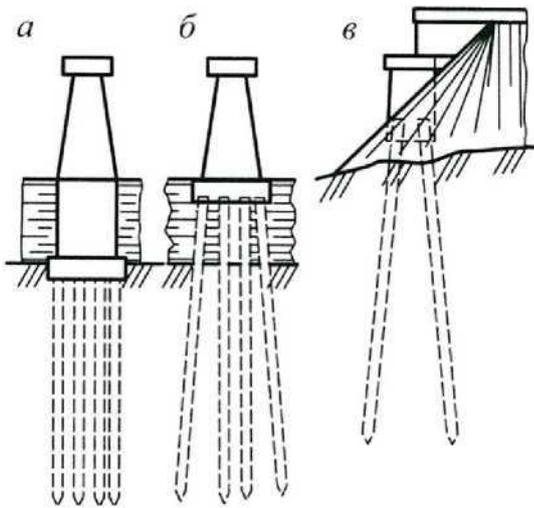


Рис. 3.9. Свайный ростверк: а — низкий; б — высокий в воде; в — высокий в насыпи

которые заделываются головы свай (железобетонные или деревянные).

Толщина плиты ростверка определяется расчетом, но не менее 0,5 м. Высокие свайные ростверки применяются при глубине воды в реке не менее 3 м, когда работы по устройству открытого котлована осложнены условиями водоотлива или когда вес кладки фундамента, приходящийся на единицу площади основания, превосходит допустимое напряжение на грунт. Бетонирование ростверка осуществляется в опалубке, подвешенной к головкам свай.

Деревянные сваи изготавливают из круглого леса хвойных пород (рис. 3.10).

Бревна для свай (прямые и ровные) должны быть диаметром 24—36 см. Ствол должен быть очищен от коры и сучьев, влажность не ограничивается. Нижний конец сваи заостряется в виде трех- или четырехгранной пирамиды, с вершиной, лежащей на оси сваи; острие притупляется. При забивке свай в гравелистые грунты свая оснащается стальным башмаком, плотно прижатым к острию сваи, и пришивается к ней гвоздями. На голову сваи одевается кольцо (бугель) из полосового железа или наголовник соответствующего очертания для предохранения древесины от размочаливания при ударах по ней молотом.

Объединенные между собой 3 или 4 сваи, стянутые болтами, образуют свайный пакет. Обычная длина свай 6—12 м. При большей глубине забивки сваи наращиваются либо в полдерева, либо впритык с металлическим штырем и накладками, либо с применением отрезка металлической трубы (стакана).

Железобетонные сваи по сравнению с деревянными обладают рядом преимуществ. Железобетонные монолитные сваи изготавливаются квадратного сечения от 25*25 до 40*40 см. Длина железобетонных свай

составляет от 6 до 24 м, градация длин через 2 м. Сваи армируются про-

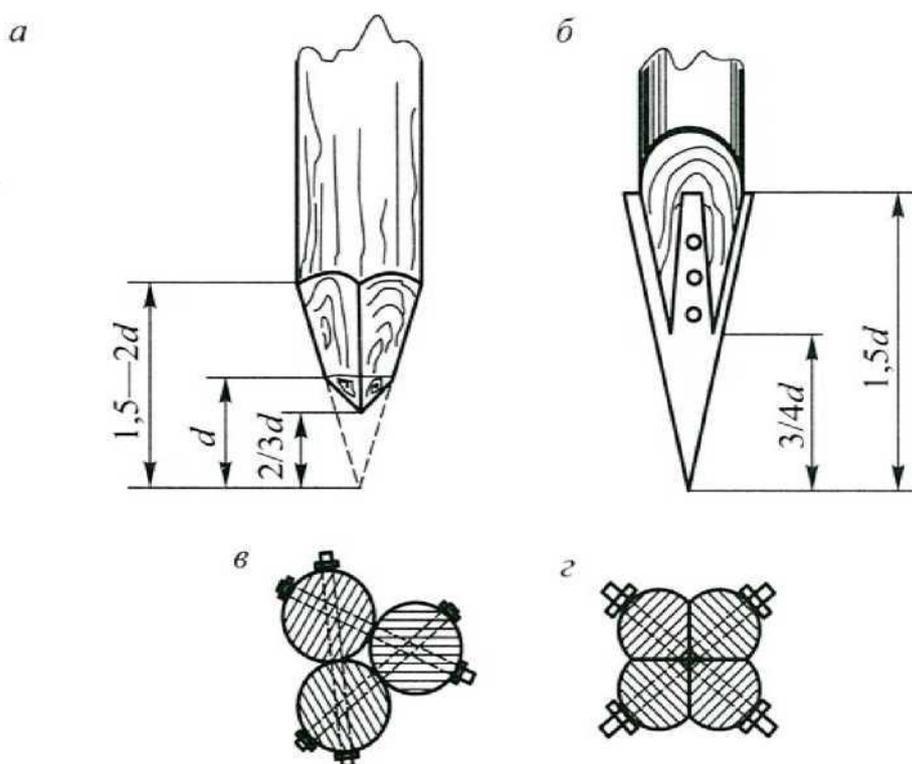


Рис. 3.10. Конструкция деревянных свай:

а — с заострением; *б* — с металлическим башмаком; *в, г* — пакетные сваи дольными стержнями и хомутами. Диаметр продольных стержней арматуры в зависимости от сечения и длины сваи варьируется от 18 до 25 мм. Нижний конец сваи выполняется в виде башмака, к которому привариваются собранные в пучок продольные арматурные стержни. Головная часть сваи, воспринимающая удары молота или вибрационное воздействие, усиливается несколькими рядами арматурных сеток. Для строповки при транспортировании и погружении в грунт в теле сваи в трех местах по длине оставляются взаимно перпендикулярные отверстия диаметром 25—30 мм. На заводах и полигонах изготавливают сваи из предварительно напряженного железобетона, которые более прочны и экономичны по сравнению со сваями из обычного железобетона.

Специальные виды свай. В строительстве мостов применяются специальные виды свай и оболочек глубокого заложения. Работают они как сваи-стойки, которые передают давление своими нижними концами на прочную породу или имеют внизу уширения, распределяющие давление на большую площадь.

Из различных специальных видов свай, применяемых в строительстве мостов, наибольший интерес представляют буровые сваи и железобетонные цилиндрические оболочки.

Для устройства буровых свай сначала пробуривается в грунте скважина, которая затем заполняется бетоном. Буровые сваи можно считать

одной из разновидностей свай-столбов. Бурение скважин в зависимости от свойств грунта может осуществляться без обсадных труб или с использованием обсадных труб. Скважины без обсадных труб заполняются специальным глинистым раствором, препятствующим обрушению стенок. В этих случаях бетон подается вниз по трубе, постепенно вытесняя глинистый раствор. При бурении с обсадными трубами их извлекают по мере бетонирования. Бетонная смесь укладывается слоями толщиной 1—1,5 м с трамбованием. При необходимости армирования сваи арматурный каркас опускают в скважину до ее бетонирования. Имеющееся буровое оборудование позволяет разрабатывать скважины диаметром в несколько метров и глубиной до 100 м и более, обеспечивая большую производительность работ.

Железобетонные цилиндрические оболочки состоят из отдельных цилиндрических звеньев длиной по 6—12 м, изготовленных методом центрифугирования или бетонирования с виброуплотнением. Для получения оболочки нужной длины звенья соединяются до или в процессе погружения. Оболочки погружаются с открытым нижним концом. Звенья соединяются между собой болтами или сварными стыками. Оболочки погружаются вибропогружателями. Из внутреннего пространства оболочки грунт извлекается и после погружения заполняется бетоном полностью или, при больших диаметрах оболочек, частично.

Буровые сваи с уширенным основанием состоят из буровой колонны (штанги), снабженной внизу долотом и специальными механизмами с раскрывающимися ножами (рис. 3.11). При бурении стенки скважины укрепляются против обрушения нагнетанием в нее глинистого раствора. По достижении проектной отметки ножи раскрываются и, вращаясь, образуют уширение в нижней части скважины. По окончании бурения ножи складываются и извлекаются из скважины. В скважину опускается арматурный каркас и производится заполнение бетоном.

При устройстве камуфлетных свай стальная или железобетонная оболочка погружается до необходимой глубины, затем в нижнюю ее часть погружается заряд взрывчатого вещества с электродетонатором оболочка заполняется пластичным бетоном, и затем заряд взрывается. Пространство, освободившееся взрывом у острия сваи, заполняется бетоном, который сползает под действием собственного веса. В результате на конце

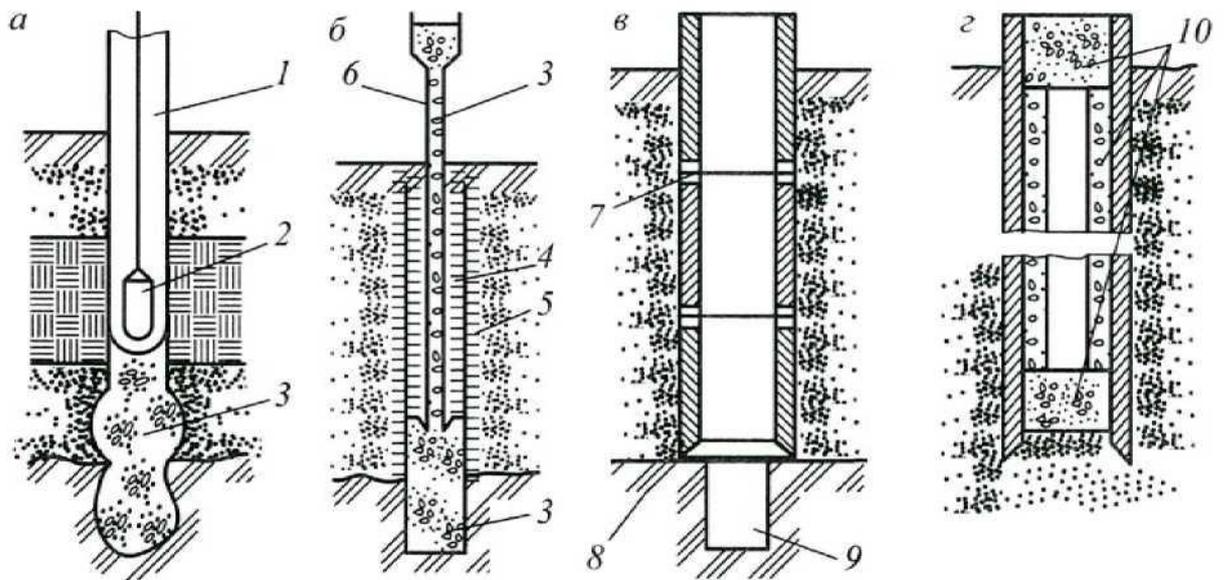


Рис. 3.11. Буровые сваи и оболочки:

а — буровая свая с обсадной трубой; *б* — буровая свая без обсадной трубы; *в* — железобетонная оболочка; *г* — железобетонная оболочка, частично заполненная бетоном; 1 — обсадная труба; 2 — трамбовка; 3 — уложенный в скважину бетон; 4 — глинистый раствор; 5 — глинизированная стенка скважины; 6 — труба для подачи бетонной смеси в скважину; 7 — стык звеньев; 8 — скальный грунт; 9 — буровая скважина; 10 — частичное заполнение бетоном

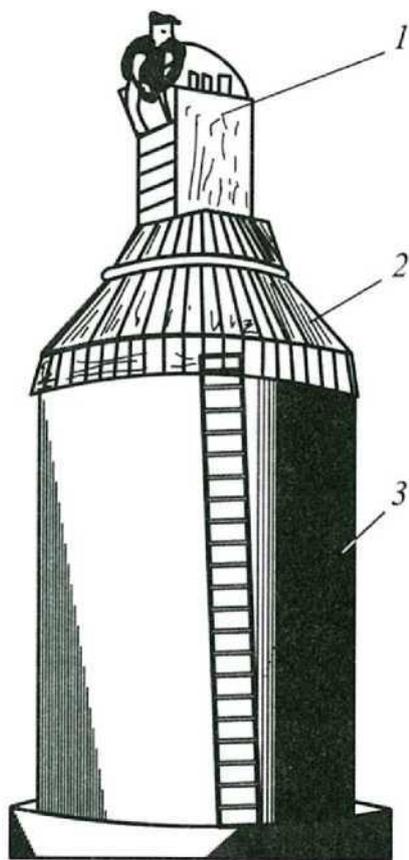
сваи образуется грушевидное уширение, монолитно связанное с ее стержнем и распределяющее давление на грунт.

Винтовые сваи состоят из металлического ствола с винтовой лопастью на конце, служащей для погружения (ввинчивания) сваи в грунт. Ствол представляет собой трубу диаметром 40—60 см. Погружение сваи производится с помощью механизма — кабестана, который одевается на голову сваи. После достижения заданной отметки из полого ствола сваи извлекается грунт и ствол заполняется бетоном.

3.3 Фундаменты глубокого заложения

Если плотные слои грунта, годные для надежного опирания фундамента, залегают глубоко, устраиваются фундаменты глубокого заложения. К ним относятся сборные железобетонные оболочки, опускные колодцы, кессоны.

Сборные железобетонные оболочки представляют собой тонкостенный железобетонный цилиндр, погружаемый в грунт вибропогружателем на глубину 30—50 м и более. Применение сборных оболочек



позволяет полностью механизировать работы, сократить сроки постройки фундаментов, снизить расход бетона по сравнению с кессонными фундаментами. Оболочки диаметром до 2 м полностью заполняются бетоном. В оболочках большого диаметра стенки делают утолщенными до 0,8—0,9 м. Как правило, толщина стенок оболочек составляет 12—16 см, длина звеньев 6—10 м. Стенки оболочек армируются продольной и поперечной арматурой. В качестве продольной арматуры используются стержни гладкого или периодического профиля. Секции оболочек стыкуются фланцевыми болтами или сваркой соответствующих выпусков продольной арматуры. При опирании оболочки на скальный грунт в основании оболочки пробуривается скважина, в которую вставляется арматурный каркас, после чего полость скважины и оболочки заполняется бетоном (рис. 3.12).

Рис. 3.12. Погружение оболочки:

1 — вибропогружатель;

2 — наголовник; 3 — оболочка

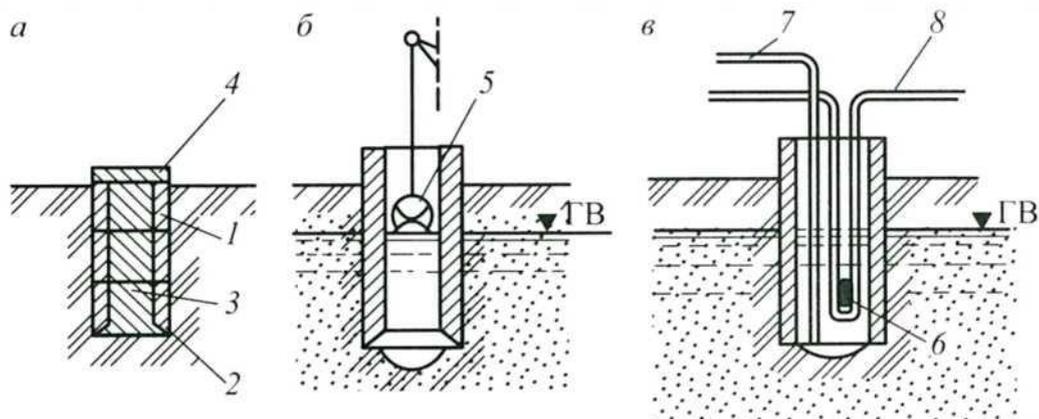


Рис. 3.13. Опускной колодец:

а — конструкция; *б* — разработка грунта грейфером; *в* — разработка грунта гидроэлеватором; 1 — стенка; 2 — нож; 3 — заполнение; 4 — железобетонная плита; 5 — грейфер; 6 — гидроэлеватор; 7 — подмывная труба; 8 — труба для пульпы

Опускной колодец (рис. 3.13) представляет собой полый бетонный ящик, имеющий только ограждающие стенки. Он устанавливается на грунт с таким расчетом, чтобы верхний обрез его возвышался над уровнем воды. Внутри колодца производится разработка грунта либо грейфером, либо гидромеханизированным способом. По мере удаления грунта из колодца он под действием собственного веса опускается, а стенки его наращиваются. Опускные колодцы бывают бетонные или железобетонные прямоугольного или кольцевого очертания в плане.

При значительных размерах в плане колодцы разделяются внутренними перегородками на отдельные шахты, что уменьшает свободный пролет наружной стенки, работающей на изгиб. Для лучшего проникновения в грунт нижняя часть стенок колодца выполняется в форме ножа и армируется. Глубина заложения колодцев весьма значительна — до 70 м.

После опускания колодца на требуемую глубину производится подводное опора. бетонирование нижней части, после чего производится откачка воды и заполнение шахт на всю высоту бетонной или каменной кладкой. Сверху шахты колодца перекрываются мощной железобетонной плитой, на которой возводится

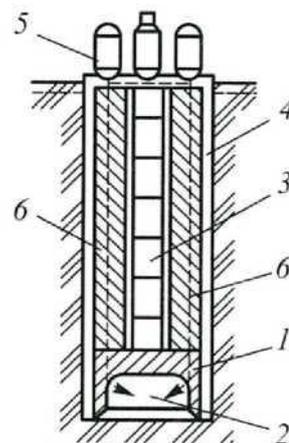


Рис. 3.14. Кессонная установка:

1 — кессон; 2 — рабочая камера; 3 — шахта; 4 — надкессонная кладка; 5 — шлюзовой аппарат; 6 — воздухопровод

Кессоны представляют собой прочную водонепроницаемую камеру, образованную боковыми стенками и потолком. В камеру нагнетается сжатый воздух, который вытесняет воду и позволяет вести работы внутри камеры насухо. Для сообщения камеры с атмосферой служит шлюзовый аппарат. Разрабатываемый внутри камеры грунт подается на поверхность либо через шлюзовый аппарат в бадьях, либо (при гидромеханизированном способе) пульпа (смесь грунта и воды) откачивается по трубам под напором. По мере опускания кессона наращивается надкессонная кладка. Под действием возрастающего веса кессон постепенно опускается. По достижении проектной отметки камера кессона заполняется бетоном. Кессонные работы вредны для здоровья людей, так как они вызывают кессонную болезнь. Применение гидромеханизации для разработки грунта в кессонах гидромониторами и удаление пульпы землесосами или гидроэлеваторами, минуя шлюзовые аппараты, позволяет обходиться без людей в кессоне. Кессоны и опускные колодцы до недавнего времени применяли при необходимости заложения глубокого фундамента, в сложных геологических условиях, загрязняющих устройство открытого котлована, или при нецелесообразности применения свайного основания или оболочек. На сухих местах колодцы опускали непосредственно с поверхности грунта, а в речной части — со специальных отсыпанных островков.

4. Опорные части

Опорные части мостов в зависимости от возложенных на них функций делятся на подвижные и неподвижные (рис. 3.15, 3.16).

Конструкция подвижных опорных частей должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать свободное продольное перемещение опорного сечения пролетного строения, обусловленное деформацией от нагрузки или температурных воздействий;
- обеспечивать беспрепятственный поворот опорного сечения пролетного строения на угол X , возникающий от изгиба пролетного строения;
- препятствовать смещению пролетного строения в поперечном к оси моста направлении;
- передавать сосредоточенные опорные давления с пролетного строения на опору, распределяя его на опорную площадку.

Конструкции неподвижных опорных частей должны обеспечивать беспрепятственный поворот опорного сечения, препятствовать смеще-

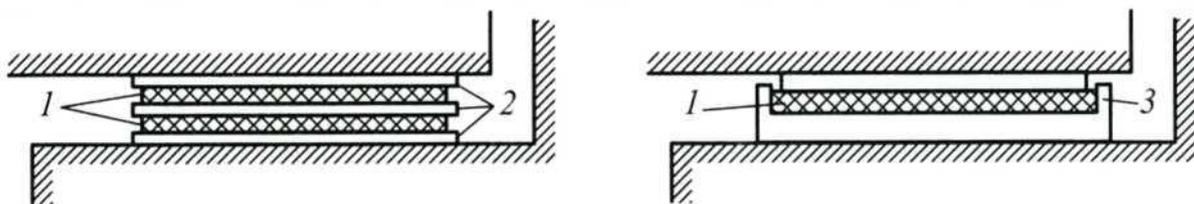


Рис. 3.15. Резиновые опорные части:

1 — стальные листы; 2 — резиновые прокладки; 3 — стальная обойма

нию пролетного строения в поперечном к оси моста направлении, передавать сосредоточенные опорные усилия с пролетного строения на опору, распределяя его на опорную площадку, и, кроме того, фиксировать пролетное строение на опоре.

Опорные части выполняют из различных материалов: стали, железобетона, резины и др. С целью снижения сил трения в опорных частях используют фторопласт или другие синтетические материалы. Для небольших пролетных строений (до 9 м) допускается устройство недорогих, простых в изготовлении и эксплуатации плоских опорных частей из стальных листов толщиной не менее 20 мм. В нижний стальной лист впрессовывается штырь диаметром 50 мм, а в верхнем листе просверливается круглое отверстие в неподвижной опорной части и вырезается овальное отверстие в подвижной.

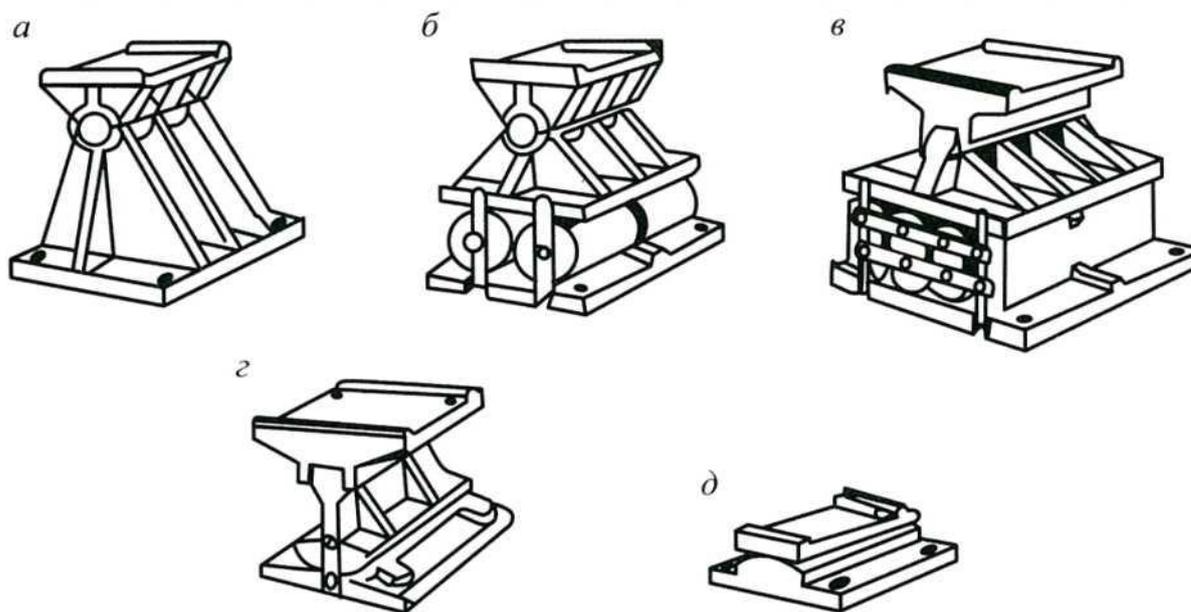


Рис. 3.16. Катковые опорные части:

a — неподвижная с шарниром; *б* — подвижная катковая; *в* — подвижная со срезными катками; *г* — подвижная секторная; *д* — тангенциальная

Для пролетных строений пролетами 9—18 м используются опорные части тангенциального типа. Толщина стальных листов в этом случае

должна быть не менее 50 мм; нижний лист обрабатывается по круговой кривой. Фиксация верхнего балансира, как и в плоских опорных частях, обеспечивается с помощью стального штыря, запрессованного в нижний балансир. Стальные опорные части выпускаются двух типов: литые и сварные.

Для опирания железобетонных пролетных строений длиной более 18 м и стальных более 25 м используются катковые опорные части. В зависимости от опорных реакций число катков может меняться от одного до четырех. Диаметр катков 100—200 мм.

Подвижные опорные части могут быть секторными. Для пролетных строений больших длин применяются шарнирно-катковые подвижные опорные части стаканного типа, в которых угол поворота обеспечивается деформацией резинового вкладыша, а продольное смещение — фторопластовой прокладкой, имеющей низкий коэффициент трения.

В настоящее время наряду с традиционными металлическими опорными частями применяются опорные части из полимерных материалов. В зависимости от конструктивного оформления полимерные опорные части могут быть деформируемыми, скользящими и комбинированными. Полимерные опорные части обладают большими возможностями, чем стальные. Скользящие опорные части имеют антифрикционную прокладку из фторопласта. Комбинированные опорные части выполняются из резиновых и стальных элементов с включением фторопластовых прокладок. Однако в железнодорожных мостах, как правило, применяются более надежные стальные опорные части.

5. Постройка опор мостов

В комплекс работ по постройке опор входят:

- разбивка осей опор;
- возведение фундаментов;
- сооружение опор выше обреза фундамента;
- устройство облицовки.

Перед сооружением моста производятся работы по разбивке продольной оси моста, подходов к нему и осей опор. Положение осей надежно закрепляется на весь период строительства врытыми в землю выносными столбами. При разбивке опор малого моста непосредственным промером от ближайшего пикета определяются точки пересечения поперечной оси каждой опоры с осью пути (рис. 3.17, 3.18). С помощью теодо

лита производится разбивка поперечных осей, положение которых закрепляется выносными столбами по обе стороны пути. Высотная разбивка опор (отметки подошвы и обреза фундамента и др.) производится нивелированием по реперу. Репер — деревянный или бетонный столбик, надежно врытый в землю; на верхней части репера указывается его отметка.

Разбивка котлованов фундаментов опор мостов, расположенных на суходолах, поймах или островках, может производиться при помощи досок, пришиваемых к столбам или сваям, установленным вокруг опоры на расстоянии 1—1,5 м от границы котлована. Оси опор и боковые грани выносятся на эти доски, называемые обноской, и закрепляются на них зарубками или гвоздями, по которым в процессе работы натягиваются проволочные чалки. Пересечение чалок определяет положение осей и боковых граней опор. Правильность геометрической формы опоры проверяется с помощью отвеса и уровня.

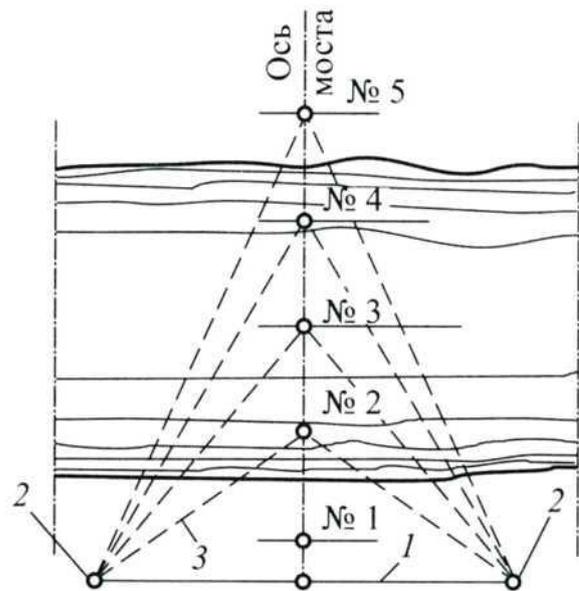


Рис. 3.17. Разбивка центров опор посредством засечек:
1 — базис; 2 — теодолит; 3 — визирная ось; № 1—5 — номера опор

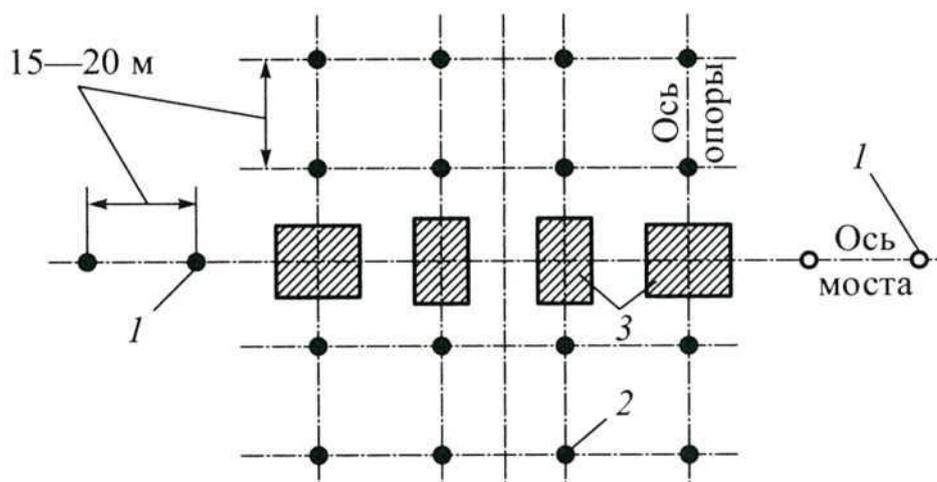


Рис. 3.18. Разбивка осей опор малых мостов:
1 — столбы закрепления продольной оси; 2 — столбы закрепления поперечных осей; 3 — фундамент опоры

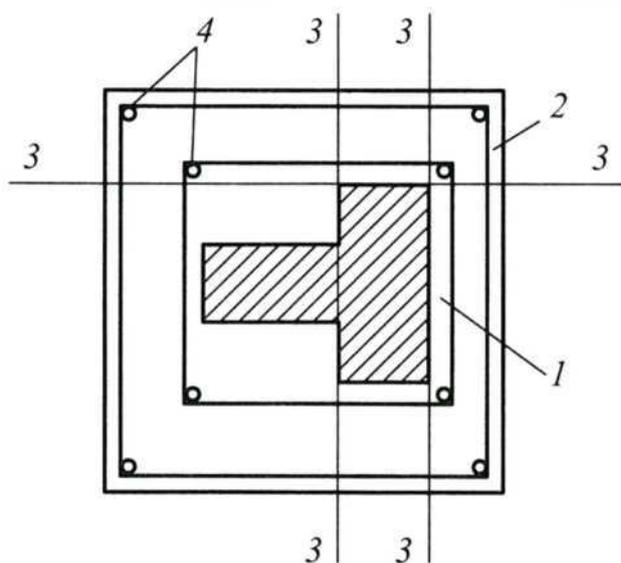


Рис. 3.19. Разбивка фундамента в котловане:
 1 — котлован; 2 — обноска; 3 — чалки;
 4 — столбы

Продольная ось средних и больших мостов закрепляется с помощью створных столбов, расположенных по два на каждом берегу. Измерение углов при разбивке производится теодолитом, а измерение расстояний — мерной проволокой, стальной лентой или рулеткой не менее двух раз с вычислением точности измерения. Все измерения вдоль оси моста производятся от одного створного столба, расположенного на продольной оси и связанного с пикетажем линии. При невозможности непосредственных измерений разбивка опор производится теодолитом (рис. 3.19).

В сухих и маловлажных грунтах котлованы устраиваются без креплений с крутизной откосов, принимаемой в зависимости от глубины котлована и рода грунта.

В котлованах глубиной до трех метров и шириной до четырех метров при естественной влажности грунтов применяется крепление горизонтальными досками, удерживаемыми стойками и распорками, опирающимися на бобышки. В случае необходимости крепления стенок широких котлованов, когда распорки не могут быть поставлены, опорные стойки укрепляются подкосами. Если по условиям организации работ установка подкосов невозможна, то верх стоек крепится к забиваемым на некотором расстоянии от бровки котлована сваям-анкерам при помощи досчатых схваток. Деревянные крепления применяют для крепления неглубоких котлованов. Для котлованов глубиной более 5 м применяются инвентарные металлические конструкции креплений.

Разработка грунта в котлованах производится, как правило, механизированным способом экскаваторами (драглайнами или обратной лопатой) с недобором грунта на 0,1—0,2 м. Зачистка и планировка дна котлована производится вручную. Для удаления грунтовой воды, поступающей в котлован, в нем устраивают углубление — приямок — откуда вода откачивается насосами. Количество воды, поступающее в котлован

через дно и шпунтовое ограждение, зависит от водопроницаемости грунтов, уровня грунтовых вод и качества шпунтового ограждения.

В некоторых случаях на местности, покрытой водой, применяют защиту котлована временными грунтовыми перемычками. Грунтовые перемычки сооружают при глубине воды до 2 м. Ширина грунтовой перемычки поверху назначается не менее 1 м. Крутизна откосов со стороны котлована не круче 1:1, со стороны воды — 1:2; возвышение перемычки над рабочим горизонтом воды не менее 0,7 м. При устройстве фундаментов в огражденном шпунтом котловане работы по укладке бетона производятся с водоотливом. При большой глубине воды, а также при сильной донной фильтрации применяется подводное бетонирование; наиболее применим метод подводного бетонирования по вертикальным трубам диаметром 20—30 см. Нижний конец трубы всегда должен находиться ниже уровня уже уложенного бетона, а вся труба должна быть загружена бетонной смесью на полную высоту. Радиус действия одной трубы 3—4 м.

Погружение свай при устройстве фундаментов может производиться посредством забивки. Для забивки свай применяют свайные молоты, краны, оборудование для подмыва. Для поддержания свейного оборудования используются специальные строительные машины — копры.

Свайные молоты по конструкции делятся на четыре основных типа: подвесные, паровоздушные одиночного и двойного действия, дизельные.

Подвесной молот представляет собой чугунную отливку весом 100—400 кг, передвигающуюся в направляющих стрелах копра; молот поднимается тросом на высоту 3—4 м и, свободно падая, ударяет по свае.

Копер — строительная машина для подъема свай, удержания ее в нужном положении, а также для подъема свайного молота и правильного его направления (рис. 3.20).

В молотах одиночного действия давлением пара или

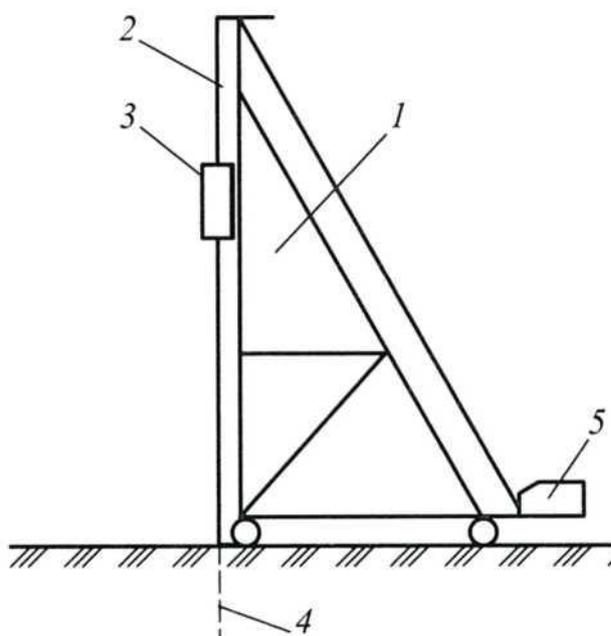
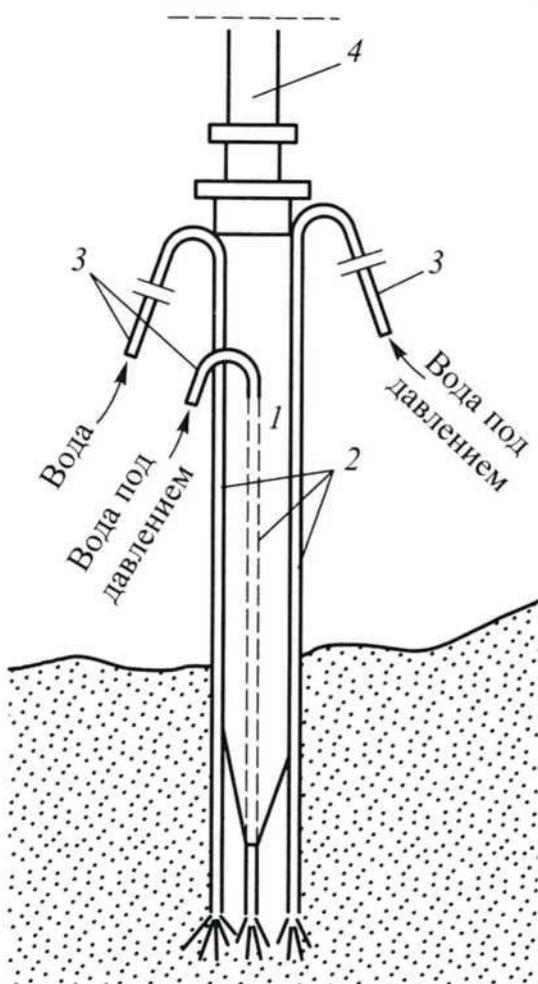


Рис. 3.20. Забивка свай:
1 — копер; 2 — направляющая стрела;
3 — свайный молот; 4 — свая; 5 — лебедка

сжатого воздуха производится подъем ударной части молота. Рабочий ход (удар по свае) происходит при свободном падении молота под действием собственного веса. В молотах двойного действия ударной частью является поршень, который перемещается под действием пара или сжатого воздуха. Благодаря большой частоте ударов молоты двойного действия обладают высокой производительностью. Эти молоты не требуют направляющих устройств, они устанавливаются на голове сваи.

Широкое применение получили дизель-молоты, не нуждающиеся в специальных установках для получения пара или сжатого воздуха.

Подмыв свай применяется в песчаных и гравелистых грунтах (рис. 3.21). Подмывные трубы располагаются либо центрально, либо с боков сваи. Подмывные трубы снабжены наконечниками. Под действием



струи воды грунт у острия сваи разрыхляется, взмучивается и частицы его выносятся наружу с выходящей водой вдоль сваи, уменьшая трение грунта. В результате под действием слабых ударов молота свая погружается в пространство, вымытое под ее острием.

Вибропогружение свай производится с помощью вибратора, жестко прикрепленного к голове сваи. Для вибропогружения требуется копер и источник электроэнергии.

Завинчивание свай осуществляется с помощью кабестана, надеваемого на голову сваи.

Сооружение фундаментов из оболочек. Устройство фундаментов из готовых оболочек заключается в их погружении в грунт, удалении грунта из внутренней полости и заполнении оболочки бетоном. Оболочки диаметром от 0,4 до 2,0 м и длиной 8—12 м изготавливают в заводских условиях способом центрифугирования. Оболочки диаметром от 1,6 до 5 м и длиной до 12

Рис. 3.21. Погружение сваи подмывом:
1 — свая; 2 — подмывные трубы;
3 — трубопровод; 4 — молот

м изготавливают на полигоне в металлических формах в вертикальном положении. При изготовлении секций оболочек в металлической форме

сначала собирается внутренняя опалубка, затем монтируется на опалубке арматурный каркас, после этого собирается наружная опалубка. Укладка бетона в опалубку производится с обязательным его уплотнением глубинными вибраторами. После выдержки и пропаривания бетона опалубка разбирается, и готовые оболочки транспортируют на место установки.

Оболочки устанавливаются отдельными секциями, соединяемыми фланцами на болтах или сваркой. Погружение оболочек осуществляется вибрационным способом. В результате работы вибропогружателя, прикрепленного к верхнему концу оболочки, создается вертикальная возмущающая сила, которая вызывает вибрацию оболочки и окружающего грунта, вследствие этого оболочка преодолевает лобовое сопротивление и погружается в грунт.

Тип и мощность вибропогружателя подбирается так, чтобы величина его возмущающей силы превосходила полный вес оболочки, наголовника и вибропогружателя в 1,5—2 раза. Вибропогружатель ВП-3 способен опустить оболочку диаметром 1,6 м в грунты средней плотности на 10—15 м. Для погружения крупных оболочек применяют спаренные вибропогружатели, действующие синхронно. При значительной глубине воды (более 2 м) для погружения оболочек используют плавсредства. При погружении оболочки на глубину 3—5 м вибропогружатель снимается, а затем из внутренней полости оболочки выбирается грунт либо грейфером, либо способом гидромеханизации, и внутреннее пространство заполняется бетоном.

Бетонирование тела опор. Так как бетон до затвердевания является пластичным материалом, бетонные, бутобетонные и железнобетонные монолитные опоры сооружаются в опалубке.

Опалубка бывает 3 видов:

- стационарная деревянная опалубка, устраиваемая из заранее изготовленных дощатых щитов;
- разборно-переставная металлическая или деревянная опалубка (инвентарная);
- подвижная (скользящая) дерево-металлическая опалубка, передвигаемая (поднимаемая) по мере бетонирования.

Щитовая сборно-разборная деревянная опалубка устраивается из дощатых щитов, соединенных в четверть, чтобы не допустить вытекания цементного молока. Для соединения элементов опалубки применяют гвозди, болты. Внутренняя поверхность опалубки должна быть гладкой (оструганной) и покрытой побелкой для уменьшения сцепления бетона с деревянной опалубкой.

Инвентарная сборно-разборная опалубка состоит из металлической обшивки толщиной 2—3 мм и каркаса из уголков и швеллеров.

Скользкая (подвижная) опалубка применяется для бетонирования промежуточных опор; состоит из щитовой обшивки (металлической или деревянной) и каркаса. По мере бетонирования опалубка поднимается с помощью винтовых домкратов, скрепленных с каркасом опалубки и опирающихся на упорные стержни, заделываемые в кладке опоры. Уровень бетона в подвижной опалубке поддерживается на 20—25 см ниже верхнего края опалубки.

Транспортирование бетона организуется таким образом, чтобы не произошло расслоения бетонной смеси и чтобы к моменту укладки эта смесь не начала схватываться. Подача бетона к месту укладки должна производиться непрерывно, не задерживая бетонирование. Продолжительность транспортирования с момента выгрузки из бетономешалки до момента окончания уплотнения не должна превышать 1 час.

Технология бетонирования монолитных опор. Бетонирование производится непрерывно горизонтальными слоями на всей площади опоры в плане, с полным перекрытием одного слоя другим, до начала схватывания бетонной смеси обоих слоев. Высота свободного падения смеси не должна превышать 3 м; при большей высоте спуск бетонной смеси осуществляется по трубам или звеньевым хоботам. Для уменьшения динамического воздействия падающей бетонной смеси на уложенный бетон применяются подвесные сетки-гасители с размером ячеек в свету, превышающим в 1,5—2 раза размер крупного заполнителя. После укладки очередного слоя бетона он тщательно уплотняется вибрированием, шаг перестановки вибраторов не должен превышать полуторного радиуса их действия.

Бетон должен быть уплотнен равномерно по всему телу. При сооружении бетонных и бутобетонных опор необходимо организовать работу так, чтобы кладка велась на всю высоту опор без перерыва, т.е. без устройства технологических швов. Перерывы в бетонировании, которые иногда допускаются при возведении опор, в период эксплуатации могут вызывать появление вертикальных и горизонтальных трещин в теле опоры. Для ускорения твердения и повышения прочности бетона применяются следующие методы:

- использование цемента с повышенной активностью и повышенной экзотермией (выделением тепла);
- применение жестких бетонов с В/Ц 0,35-0,45;
- введение в бетон ускорителей твердения;
- увеличение времени перемешивания бетонной смеси в бетоносмесителе на 30 %.

Бетонирование при отрицательных температурах производится с использованием бетонов и растворов, твердеющих на морозе, или с предварительным подогревом составляющих бетонной смеси (воды, запол-

нителей), что обеспечивает бетону при его укладке положительную температуру. Преждевременное замерзание бетона до достижения им 70 % проектной прочности не допускается.

В зимних условиях при отрицательных температурах воздуха устройство бетонных и железобетонных монолитных опор осуществляется способом термоса, т.е. в утепленной опалубке или под защитным покрытием.

По способу термоса нагретый до 40—60 °С бетон непрерывно укладывается на открытом воздухе в утепленную опалубку. По окончании укладки бетон укрывается. Тепло, полученное при подогреве и выделяемое бетоном, создает нормальные условия для твердения. Иногда используется бетонирование в тепляках, где создается теплая и влажная среда с температурой не ниже +10 °С. Может применяться обогрев уложенного бетона паром, циркулирующим между двойными стенками опалубки.

Устройство облицовки (рис. 3.22). Для защиты поверхности бетонной, бутобетонной и железобетонной кладки опор применяются следующие виды облицовки:

- массивная — из натурального камня или бетонных блоков, которые устанавливаются одновременно с кладкой сооружения;
- навесная — из натурального камня, бетонных блоков или железобетонных плит, устанавливаемых после возведения ядра сооружения;
- облицовка из тонких железобетонных плит — облицовка-опалубка, которая устанавливается до возведения ядра кладки.

Наиболее распространенными каменными материалами для облицовки опор являются гранит, песчаник и плотный известняк. Лицевые грани камней обрабатываются различными способами: в «шубу», чистой и получистой тески, для малых мостов применяется циклопичес-

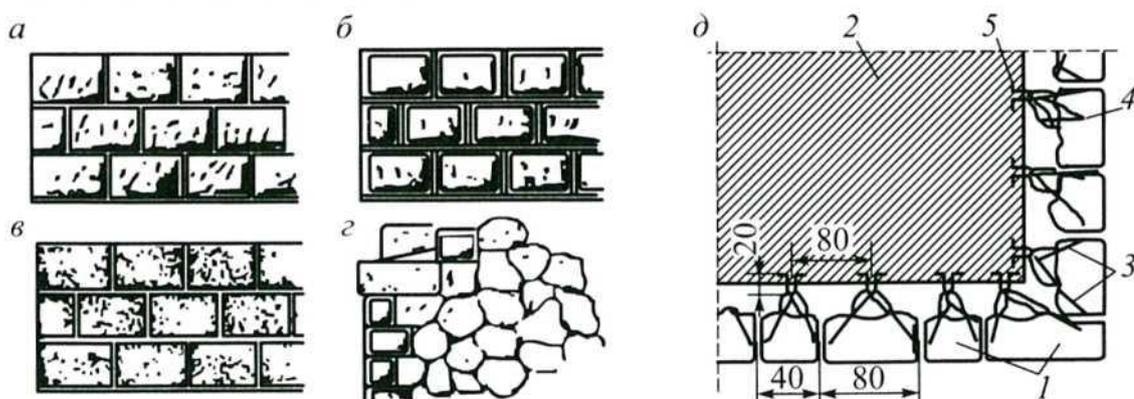


Рис. 3.22. Устройство облицовки опор:

a — в «шубу» (в прикол); *б* — в «шубу» с лентой; *в* — чистой (получистой) тески; *г* — в подбор; *д* — крепление блоков облицовки к телу опоры; *1* —

блоки облицовки; 2 — кладка опоры; 3 — анкеры; 4 — проволока; 5 — петли

кая облицовка в подбор. При обработке в «шубу» облицовка имеет бугристую поверхность с впадинами и выпуклостями высотой от 15 до 100 мм.

Навесная облицовка устанавливается после окончания кладки опоры. Крепление естественных камней облицовки между собой и с ядром кладки осуществляется с помощью металлических анкеров. Каждый камень облицовки крепится к кладке не менее чем в двух точках. Установка облицовочных камней производится на клиньях на высоту одного ряда, после чего камни скрепляются между собой и с ядром кладки. Следующий ряд облицовки ставится после закрепления нижнего ряда и заполнения раствором или бетоном промежутков между камнями и ядром. Бетонные блоки для навесной облицовки делаются толщиной не менее 20 см. Для облицовки опор используются бетонные блоки и плиты с гранитной крошкой. Для заполнения швов между камнями облицовки употребляются портландцементный раствор.

Тонкие железобетонные облицовочные плиты, используемые в качестве опалубки, имеют толщину не менее 8 см и армируются по расчету на давление бетона. Это наиболее современный и распространенный в новом строительстве вид облицовки.