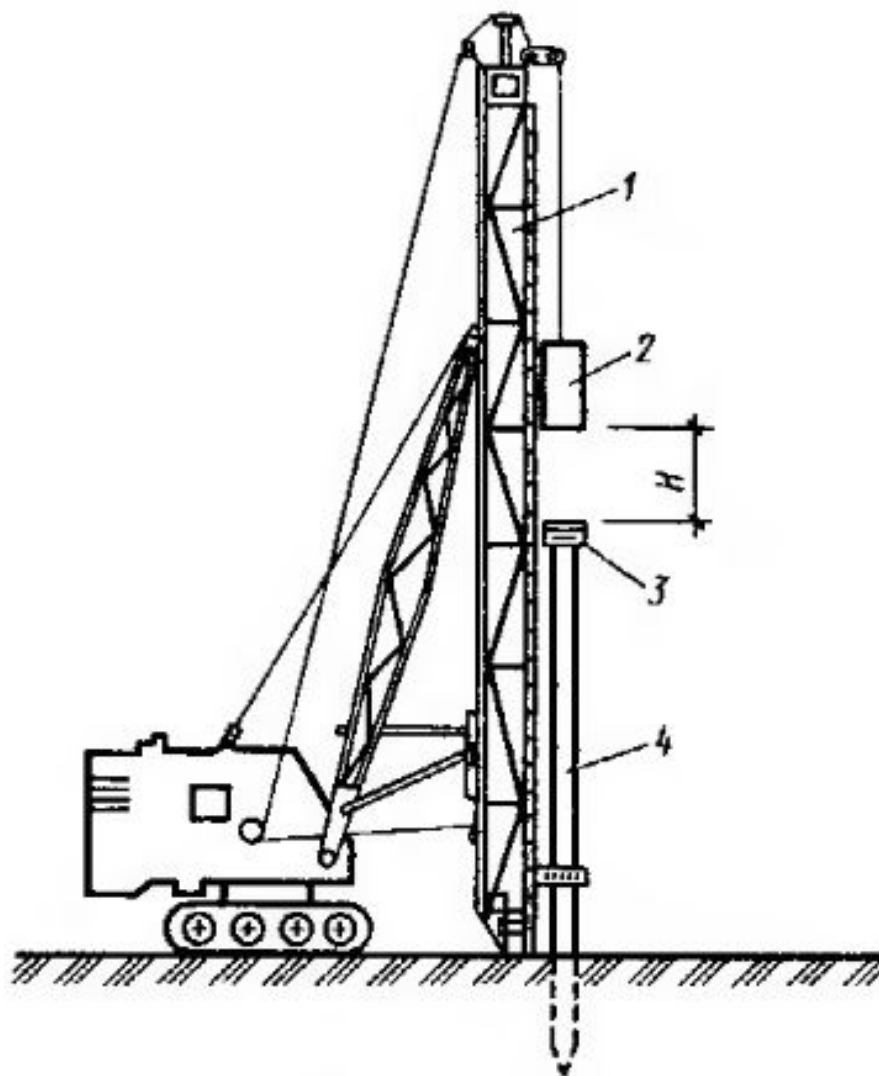


Способы устройства свай

- а) забивка или вдавливание готовых свай с помощью молотов, вибропогружателей, вибровдавливающих, виброударных или вдавливающих устройств;
- б) для свай-оболочек – погружение или вдавливание без выемки грунта или с выемкой из их полости (с заполнением частично или полностью бетонной смесью);
- в) набивка бетоном скважины в грунте (с армированием или без него) с принудительным вытеснением-отжатием грунта (набивные сваи);
- г) заполнение предварительно пробуренных скважин бетонной смесью или установка в них готовых железобетонных элементов (буровые сваи);
- д) погружение в грунт путем завинчивания в сочетании с вдавливанием (винтовые сваи).

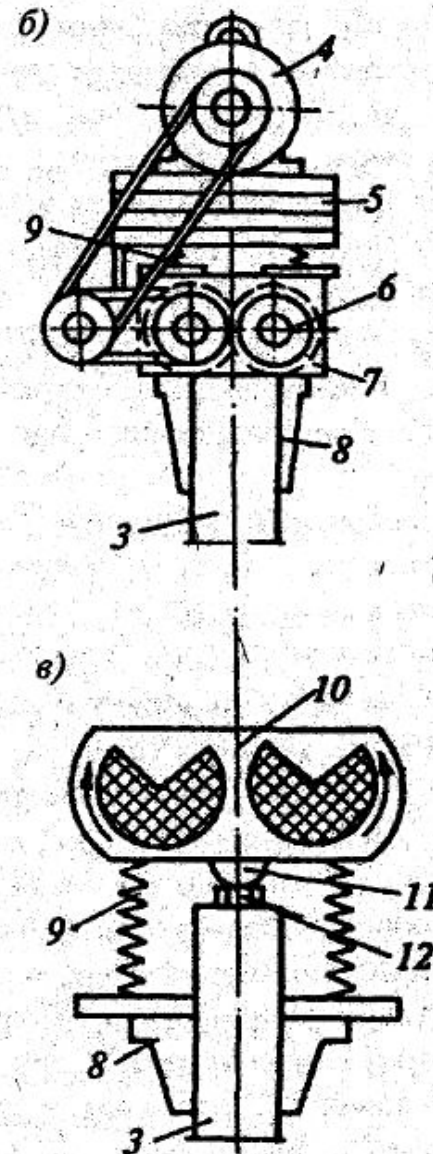
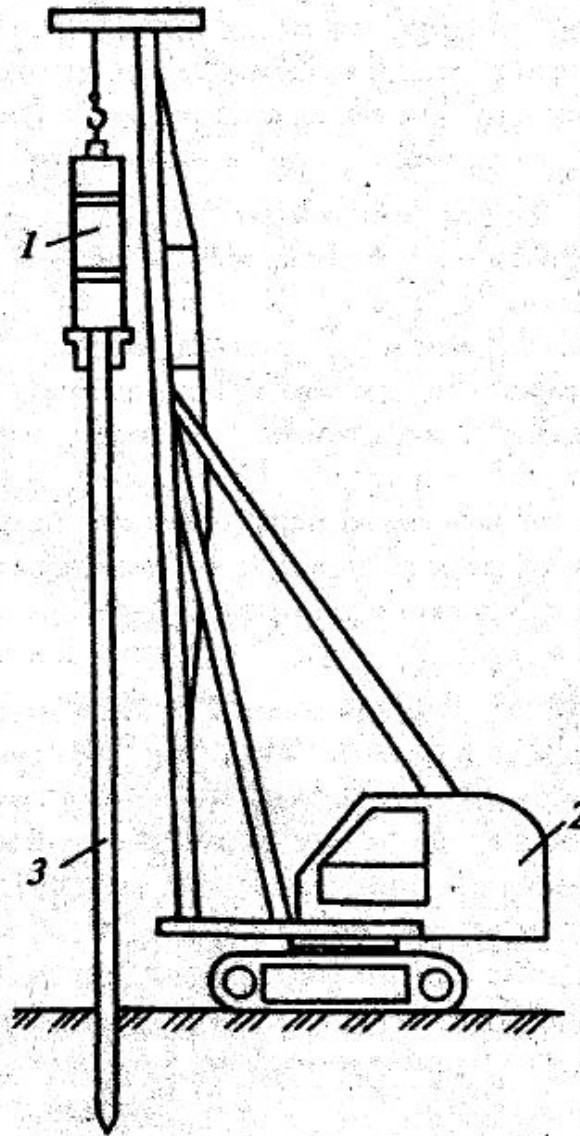
Забивка свай

Забивка свай в грунт осуществляется сваебойными молотами (копровыми установками). Для защиты материала головы сваи от разрушения ударами молота на нее надевают металлический наголовник с деревянными или резиновыми прокладками, смягчающими удар.



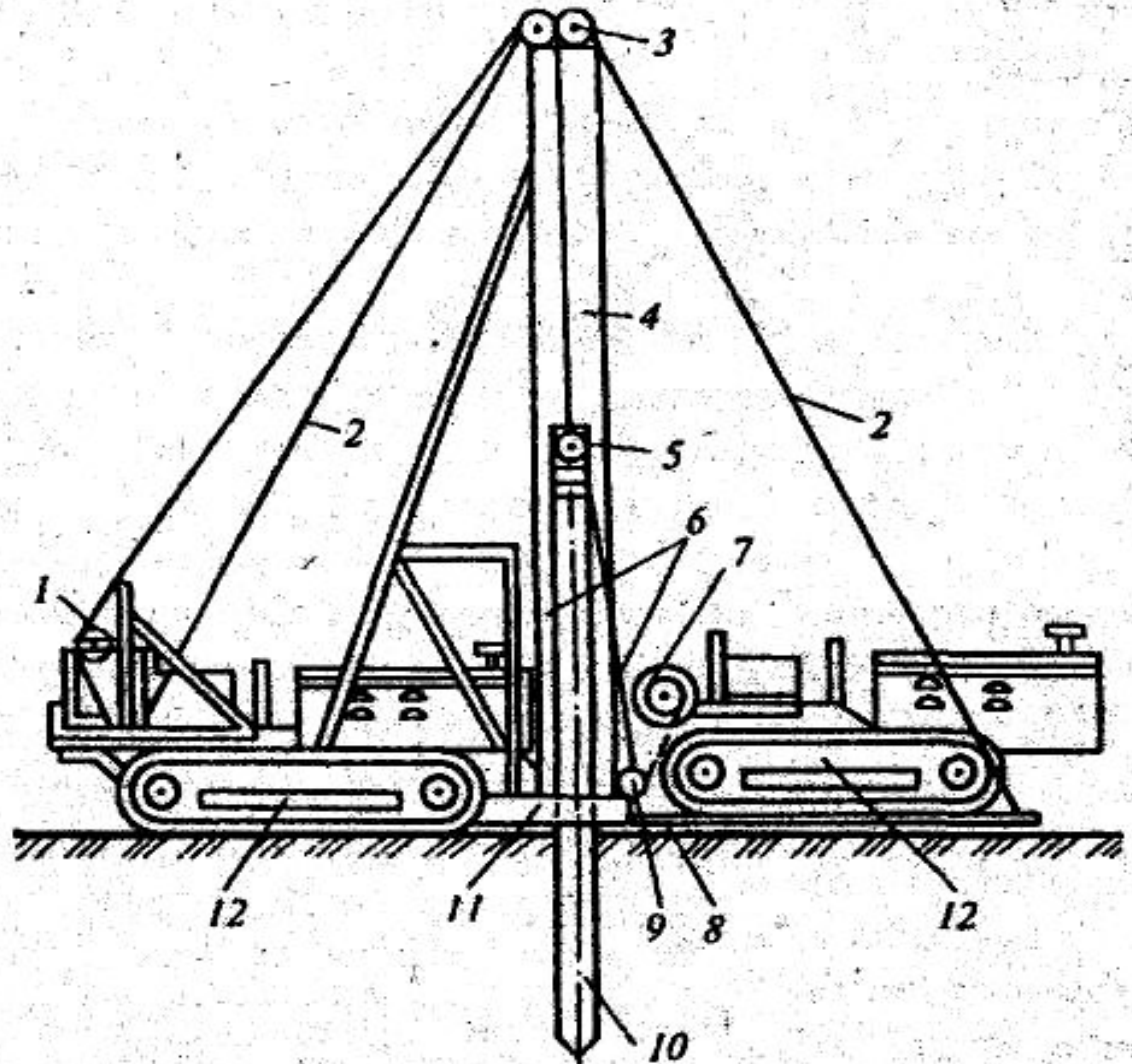
Вибропогружение свай

Наиболее эффективно *a)* при насыщенных водой песках. В этом случае вертикальные колебания, создаваемые вибратором, передаются через сваю грунту, который разжижается, что приводит к резкому уменьшению сил трения на боковой поверхности сваи и она легко погружается в грунт. После прекращения работы вибратора структура грунта быстро восстанавливается и трение на боковой поверхности сваи увеличивается.



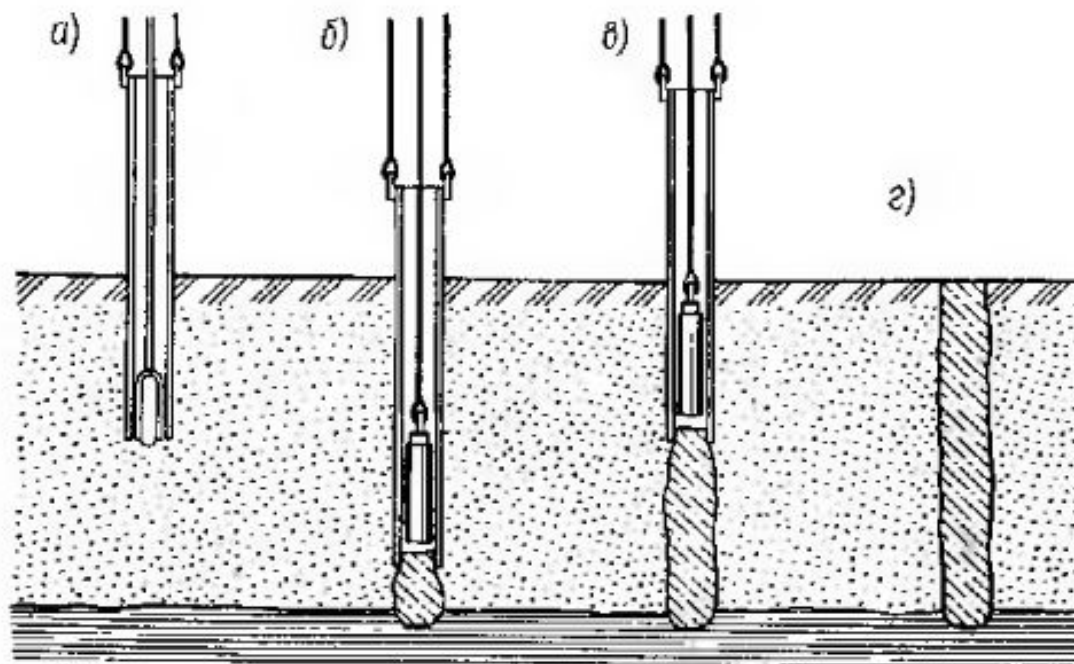
Вдавливание и вибровдавливание свай

Вдавливание свай осуществляется с помощью мощных гидродомкратов и часто применяется тогда, когда нельзя использовать забивку или вибропогружение (устройство свайных фундаментов вблизи существующих сооружений или в грунтах, уплотняющихся под действием колебаний). Метод вибровдавливания рекомендуется при погружении в мягкопластичные, текучепластичные и текучие суглинки и глины, а метод вдавливания статической нагрузкой ограничивается глинистыми



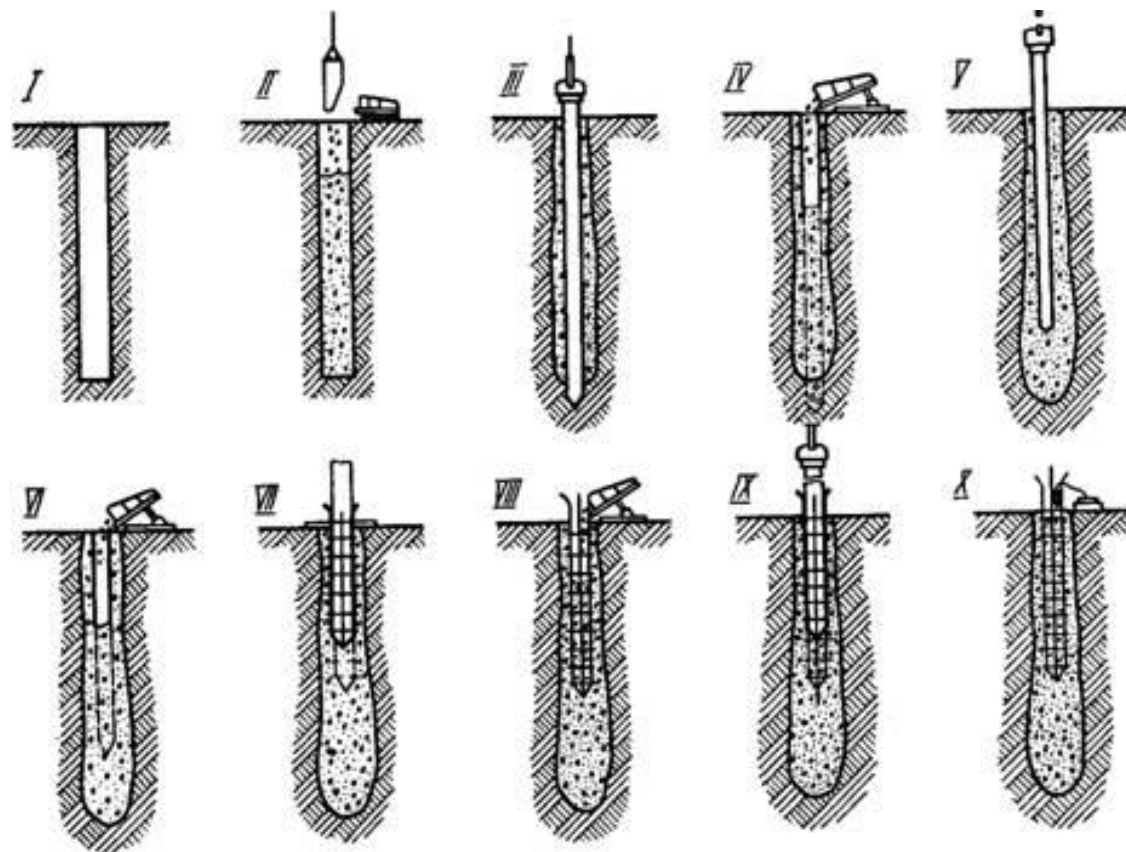
Набивные сваи устраивают:

а) путем погружения (забивкой, вдавливанием или завинчиванием) инвентарных труб, нижний конец которых закрыт оставляемым в грунте башмаком (наконечником) или бетонной пробкой, с последующим извлечением этих труб по мере заполнения скважин бетонной смесью, в том числе после устройства уширения из втрамбованной сухой бетонной смеси;



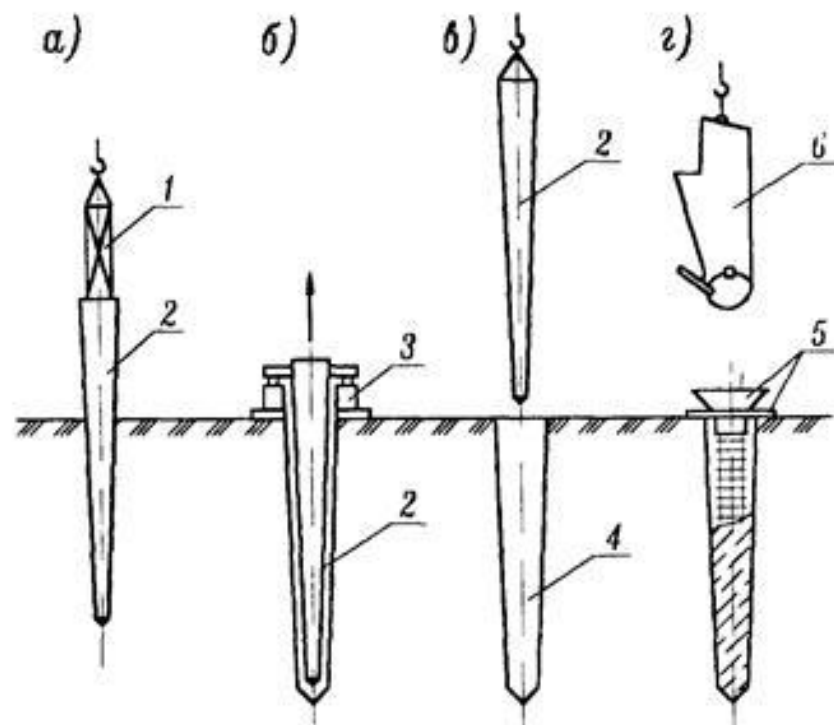
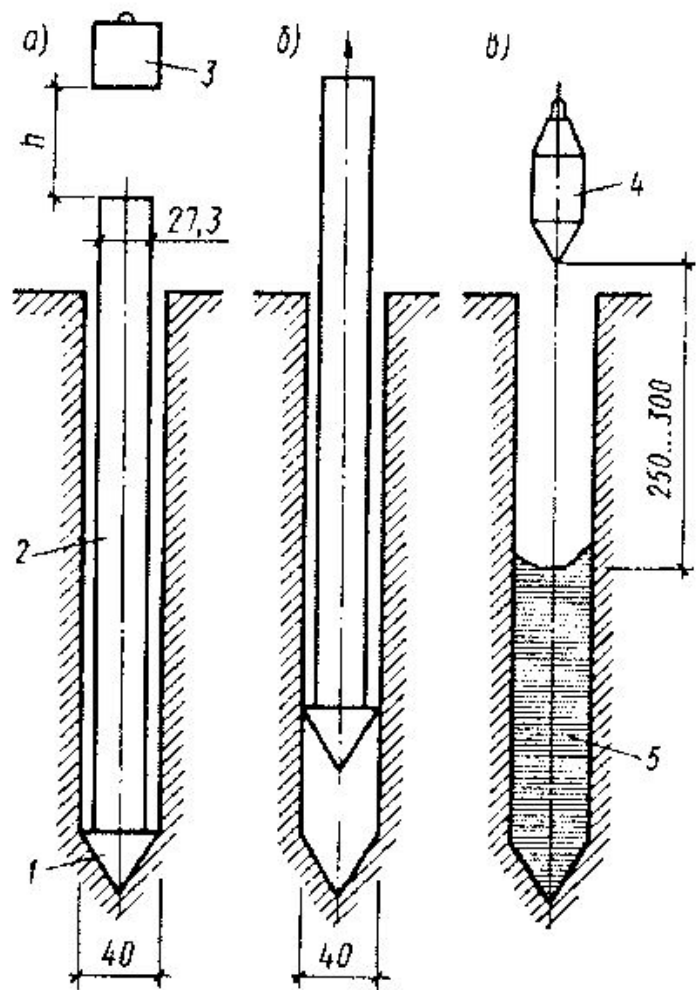
Иногда устраивают сваи с **неизвлекаемой оболочкой** - когда на площадках, сложенных водонасыщенными глинистыми грунтами текучей консистенции с прослойками песков и супесей, под напором подземных вод ствол сваи на отдельных участках может быть разрушен во время твердения бетонной

б) **виброштампованием** - путем заполнения в пробитых скважинах жесткой бетонной смесью, уплотняемой виброштампом в виде трубы с заостренным нижним концом и закрепленным на ней вибропогружателем



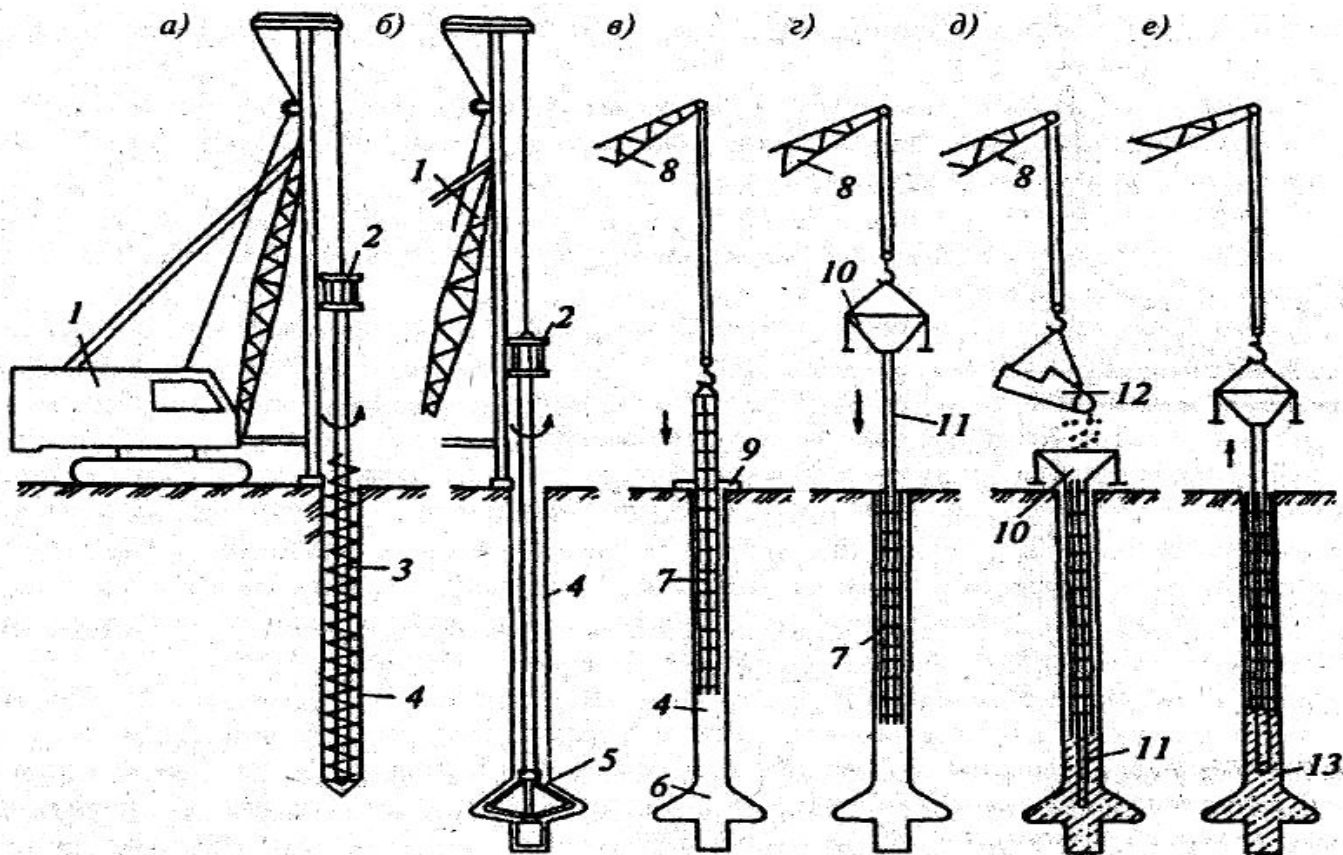
/ - бурение; // - загрузка бетонной смесью из бадьи; /// - погружение виброштампа в бетонную смесь; IV- заполнение скважины бетонной смесью; V- повторное виброштампование; VI- заполнение скважины бетоном после повторного виброштампования; VII- погружение арматурного каркаса в смесь при помощи виброштампа; VIII- заполнение смесью полости арматурного каркаса; IX- последний цикл виброштампования; X- окончательное уплотнение бетонной смеси

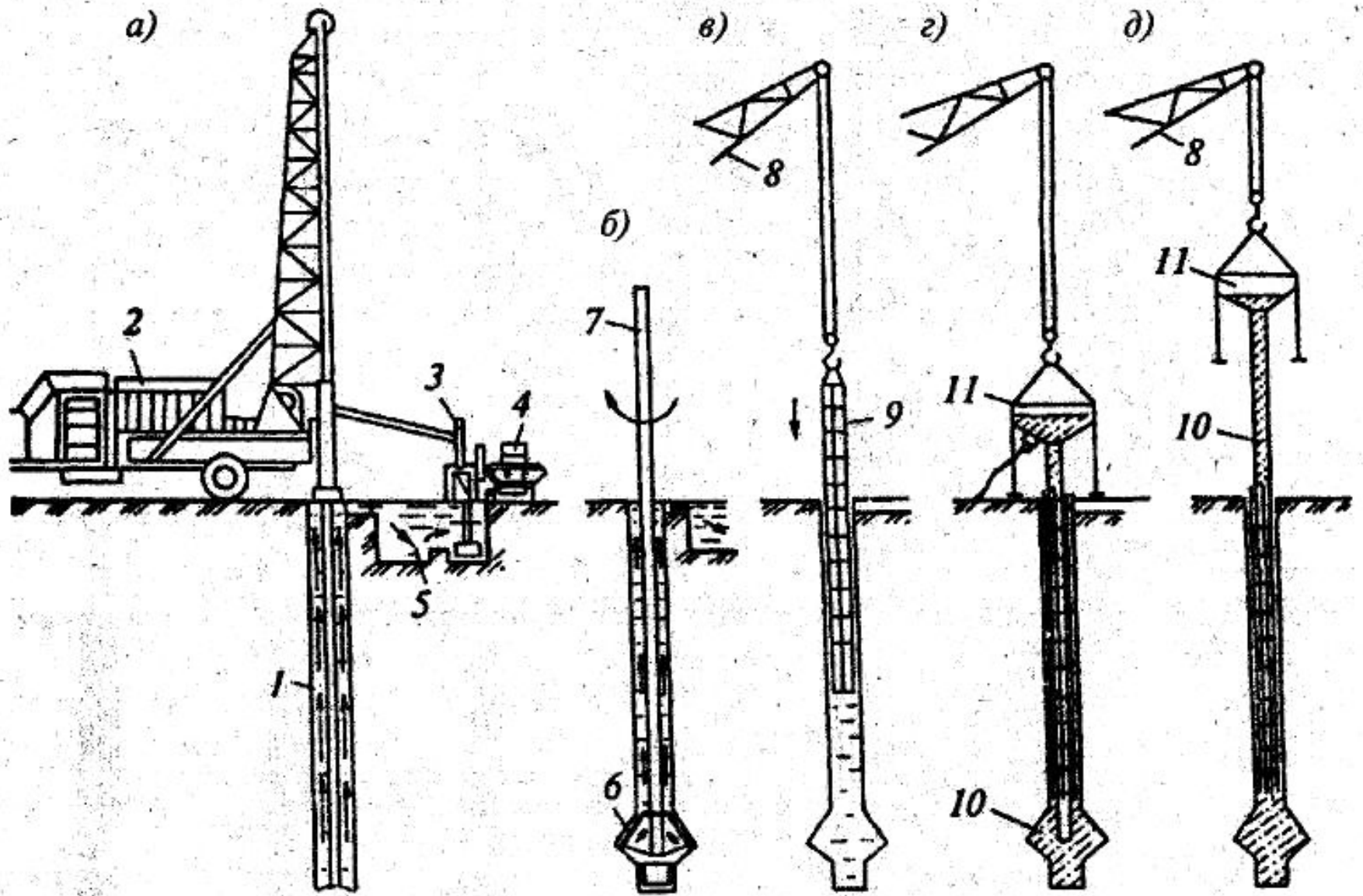
в) устройство свай **в выштампованном ложе** - путем выштамповки в грунте скважин пирамидальной или конусной формы с последующим заполнением их бетонной смесью.



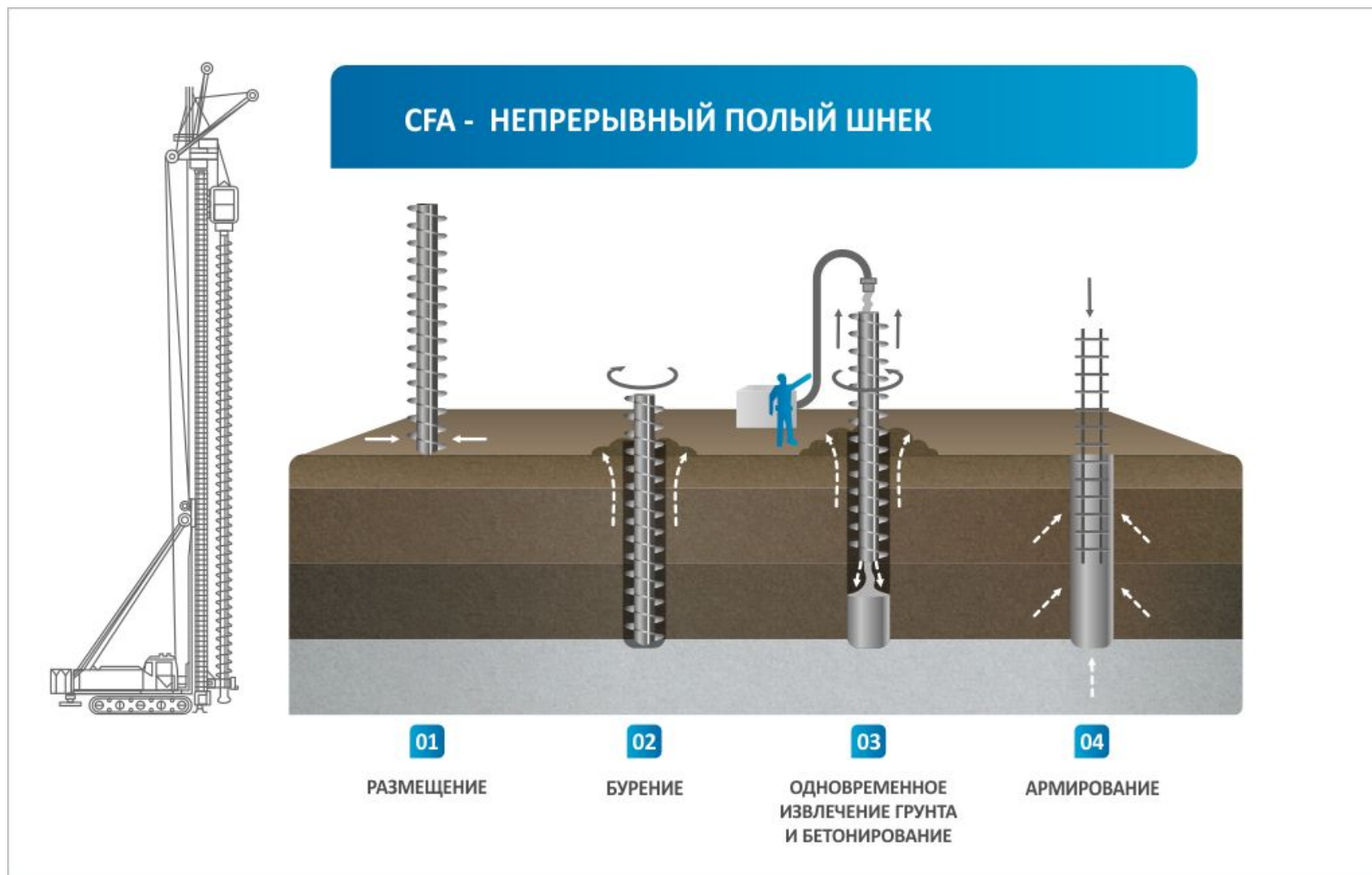
Буровые сваи устраивают:

а) бетонированием в скважинах, пробуренных в глинистых грунтах выше уровня подземных вод без крепления стенок скважин, а в любых грунтах ниже уровня подземных вод — с закреплением стенок скважин глинистым раствором или инвентарными извлекаемыми обсадными трубами;

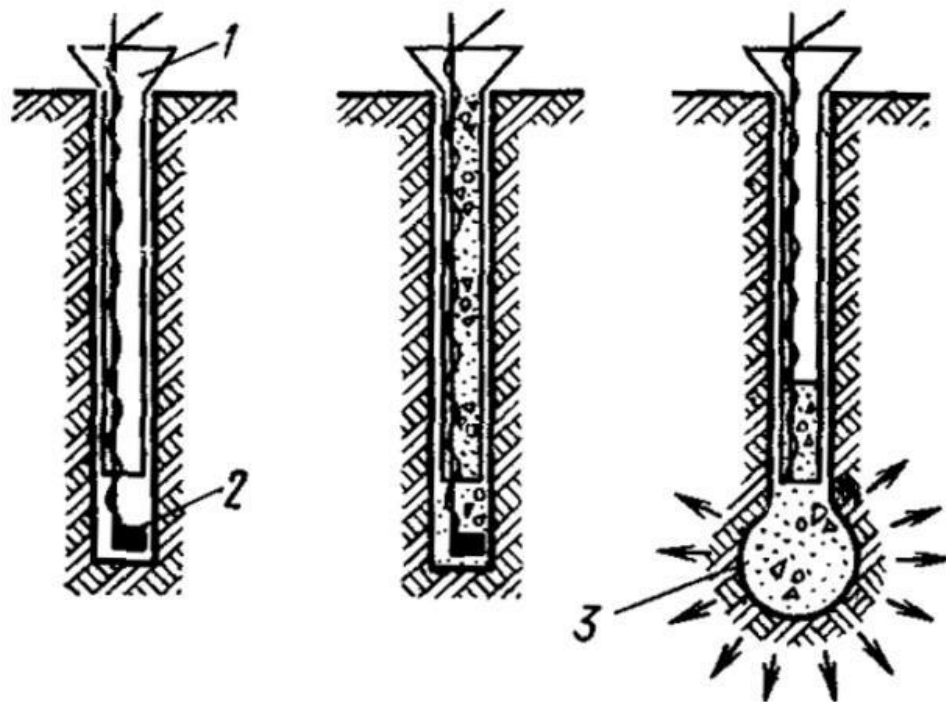




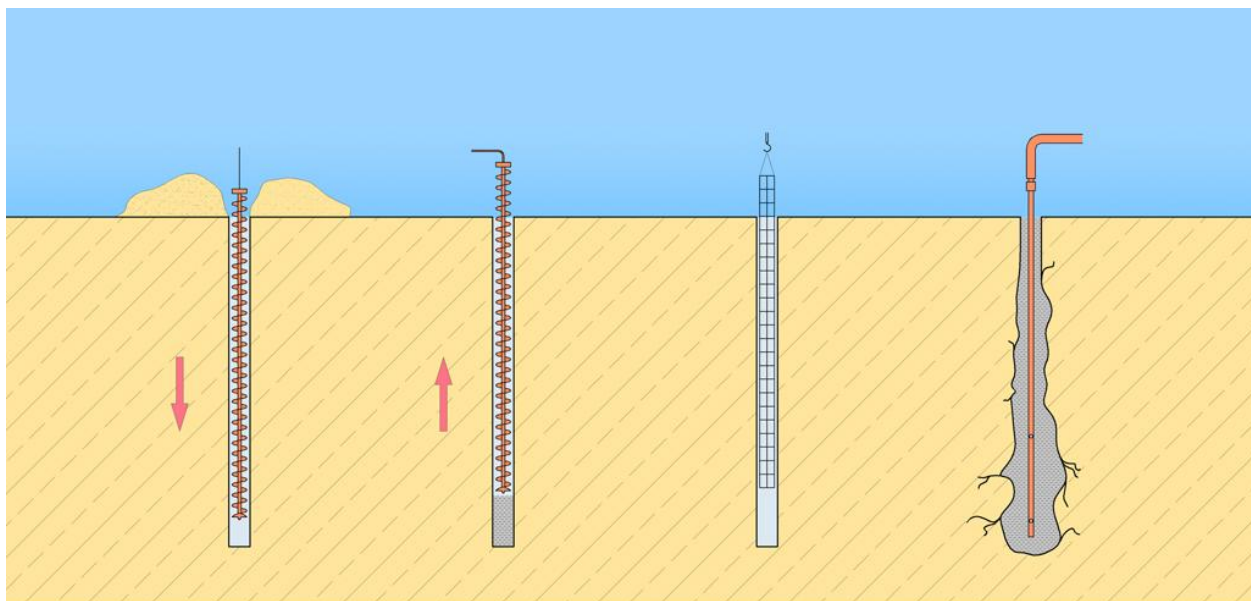
б) с применением технологии непрерывного полого шнека (технология CFA);



г) с камуфлетной пятой, устраиваемые путем бурения скважин с последующим образованием уширения взрывом и заполнением скважин бетонной смесью



д) устраиваемые в пробуренных скважинах путем нагнетания (инъекции) в них мелкозернистой бетонной смеси, а также устраиваемые полым шнеком, (буроинъекционные). Иногда дополнительно с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии (серией разрядов импульсов тока высокого напряжения — РИТ)



1. Бурение скважины

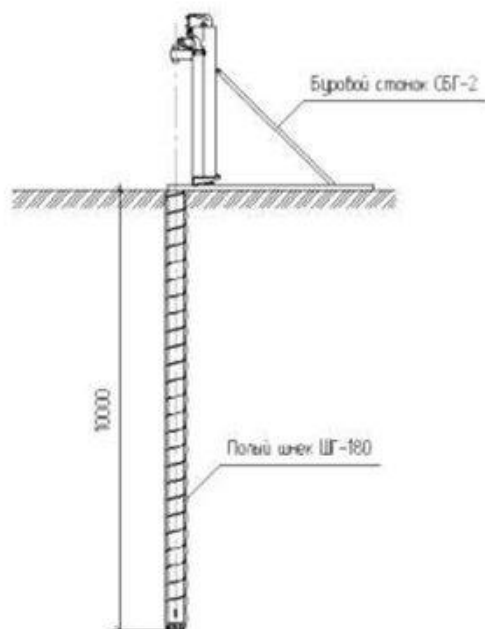
2. Заполнение скважины мелкозернистым бетоном с одновременным подъемом буровой колонны

3. Установка армокаркаса в скважину

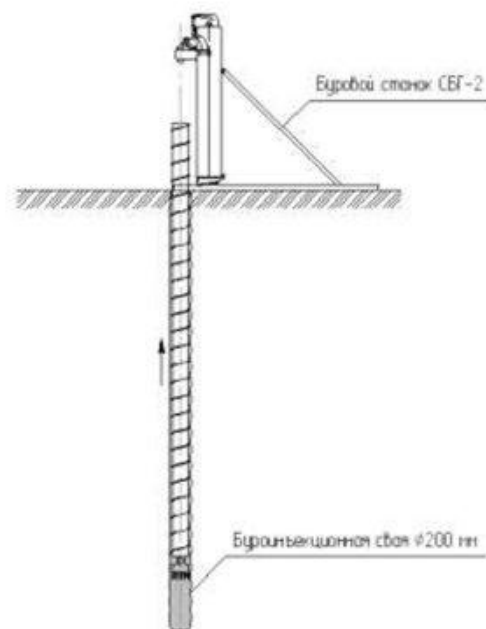
4. Инъекция цементного раствора в нижнюю часть скважины через специальную трубку

Технология устройства буринъекционных свай полым шнеком

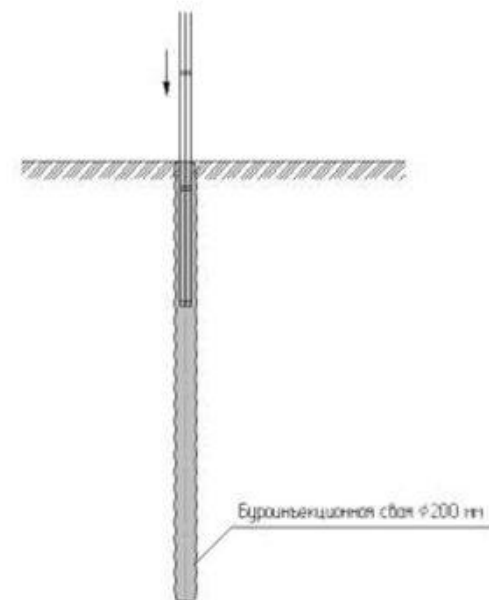
1. Бурение скважины $\phi 200$ мм с непрерывной обсадкой полыми герметичными шнеками ШГ-180



2. Заполнение скважины мелкозернистым бетоном



3. Опускание в тело сваи армокаркаса



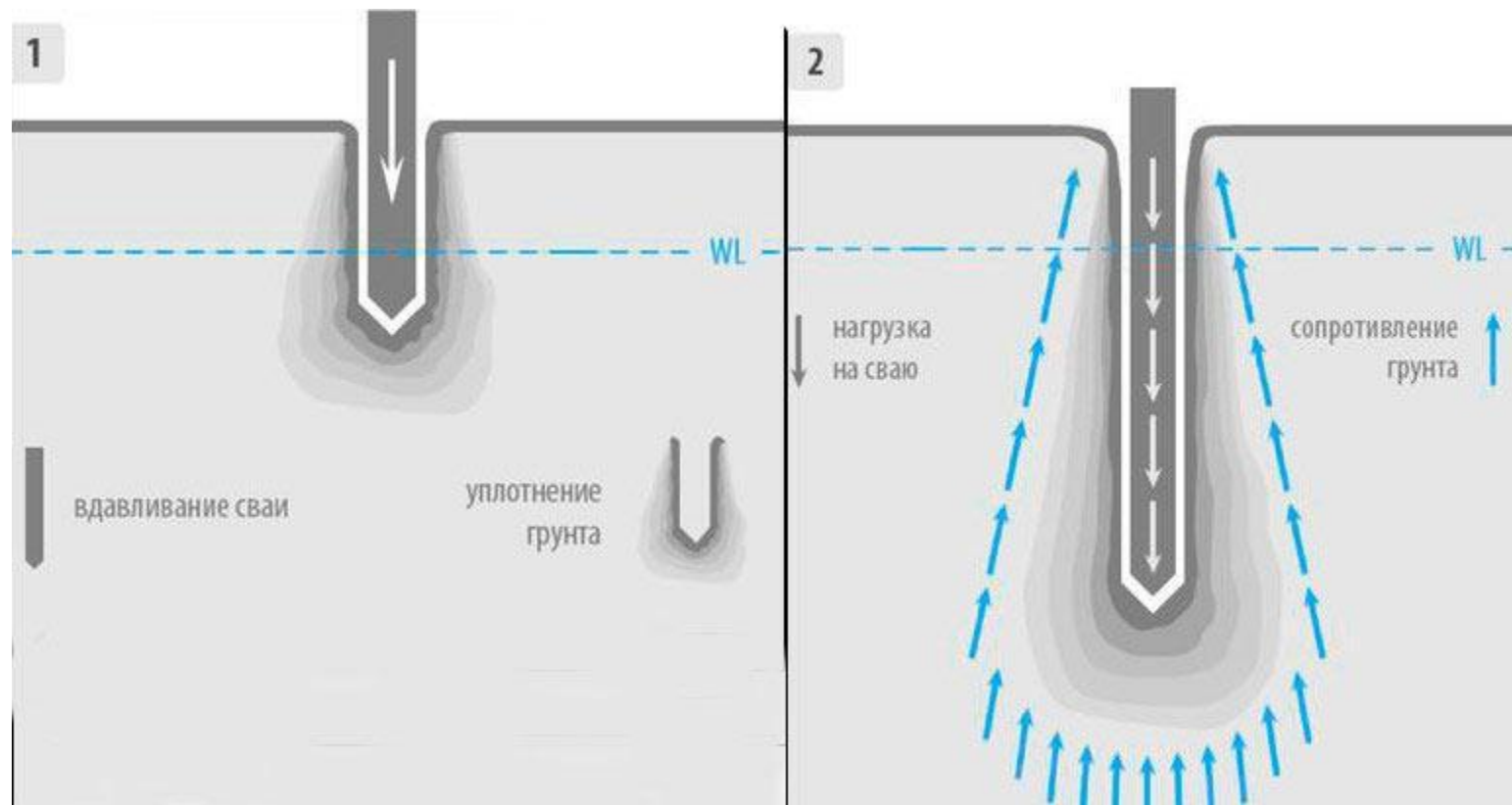
ж) устраиваемые путем бурения скважин с уширением или без него, укладки в них омоноличивающего цементно-песчаного раствора и опускания в скважины цилиндрических или призматических элементов сплошного сечения со сторонами или диаметром 0,8 м и более (**сваи-столбы**);

з) устраиваемые в виде **буроопускных свай** с камуфлетной пятой, отличающиеся от буронабивных свай с камуфлетной пятой тем, что после образования и заполнения камуфлетного уширения в скважину опускают железобетонную сваю.

Взаимодействие свай с окружающим грунтом

Взаимодействие свай с окружающим грунтом носит сложный характер и зависит как от процессов, происходящих в грунте при устройстве свайных фундаментов, так и при их работе под действием эксплуатационных нагрузок. Эти процессы оказывают влияние на несущую способность и осадки свайного фундамента, от их правильного учета во многом зависит.

Свая вытесняет объем грунта, равный ее объему, в результате чего грунт около сваи уплотняется, а часть его вытесняется вверх, вызывая подъем поверхности грунта вокруг сваи.



Зона уплотнения грунта вокруг забивных свай имеет радиус порядка 3 диаметров сваи. Под нижним концом сваи зона уплотненного грунта имеет форму, близкую к сферической, и распространяется на глубину до 3..4 диаметров сваи.

В рыхлых песках и песках средней плотности, а также в ненасыщенных водой глинистых грунтах, уплотнение которых протекает быстро, **перемещение грунта вверх незначительно** и приводит лишь к небольшому подъему поверхности грунта.

В водонасыщенных глинах и суглинках уплотнение происходит только в результате отжима воды из пор грунта и, поскольку этот процесс протекает медленно, за время погружения свай грунт не успевает уплотняться и большая его часть вытесняется вверх, что сопровождается **значительным подъемом поверхности грунта** в пределах свайного поля.

Этот эффект необходимо учитывать при проектировании ростверка.

Учитывая явление уплотнения грунта при погружении сваи, рекомендуют такую последовательность их забивки:

Забивку следует вести от середины свайного поля к его периметру.

Если это правило не соблюдается, то средние сваи не всегда удастся погрузить до заданной глубины из-за сильного уплотнения грунта, вызванного забивкой предыдущих.

При забивке **полый сваи** образовавшаяся уже в начале погружения грунтовая пробка приводит к формированию конусообразного грунтового ядра, играющего роль заострения сплошной сваи. В результате **характер деформации грунта вокруг полый сваи будет таким же, как и вокруг сплошной.**

Если же в процессе погружения **грунт удаляется** из полый сваи, уплотнение окружающего грунта будет незначительным и он сохранит структуру, **близкую к природной.**

В случае **буронабивных** свай, происходящие в грунте зависят от применяемой технологии.

Если при устройстве скважины используется **бурение**, это **не приводит к изменению** плотности и структуры грунта вокруг сваи.

Если же скважина формируется **внедрением** инвентарной трубы или каким-либо другим способом, сопровождающимся отжатием грунта в стороны, то характер деформации грунта вокруг сваи будет примерно таким же, как и вокруг сплошной сваи.

Как правило, **при забивке** свая сначала погружается в грунт очень легко и быстро. По мере погружения возрастают силы трения по ее боковой поверхности и сопротивление грунта под нижним концом.

При молотах ударного действия скорость погружения сваи принято характеризовать величиной ее погружения от одного удара, называемой **отказом сваи**. По величине отказа можно судить о ее сопротивлении, поскольку чем меньше отказ, тем, очевидно, больше несущая способность сваи.

Однако для правильной оценки несущей способности сваи по величине отказа следует учитывать ряд специфических процессов, происходящих в окружающем грунте при ее забивке.

При забивке свай **в маловлажные пески плотные и средней плотности** под нижним концом сваи образуется переуплотненная упругая зона, препятствующая погружению, что приводит к быстрому уменьшению отказа свай вплоть до нулевого значения и дальнейшая попытка забить сваю может привести к разрушению ее ствола. Если прекратить забивку, то через некоторое время в результате релаксации напряжений сопротивление грунта под нижним концом сваи снизится.

Поэтому, если через несколько дней снова возобновить забивку, свая опять начнет легко погружаться в грунт.

Описанное явление носит название **ложного отказа**, время, необходимое для релаксации напряжений, называется **отдыхом сваи**, а отказ, определенный после отдыха сваи и характеризующий ее действительную несущую способность — **действительным отказом**. Продолжительность отдыха для песчаных грунтов составляет 3...5 сут.

При забивке свай в **водонасыщенные глинистые грунты** часть связанной воды переходит в свободную. Грунт на контакте со сваей разжижается (тиксотропное разжижение структуры) и сопротивление погружению сваи снижается.

Если прекратить забивку, то через некоторое время структура грунта восстанавливается и несущая способность сваи значительно возрастает.

Это явление называют **засасыванием сваи**.

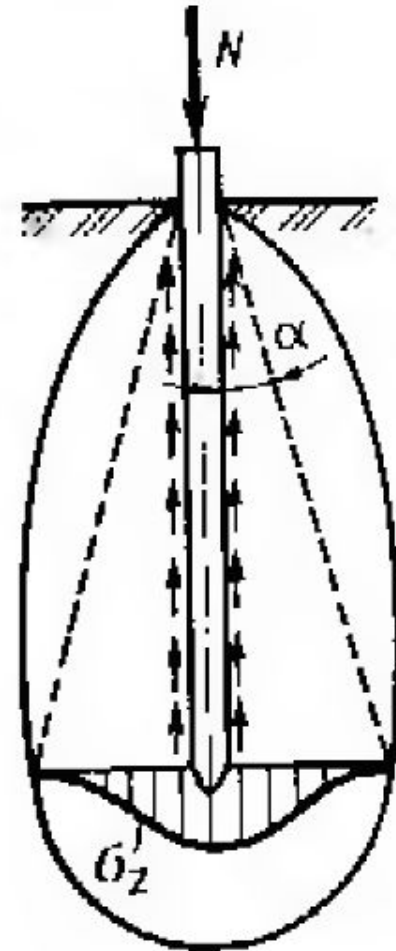
Практика показала, что для получения действительного отказа в глинистых грунтах необходим **отдых сваи**, продолжительность которого составляет для супесей 5... 10 сут, для суглинков 15...20 сут, для глин — 25...30 сут и более.

Процессы, происходящие в грунте при работе сваи под нагрузкой

Вертикальная нагрузка, воспринимаемая висячей сваей, передается на грунт неравномерно. В грунте вокруг сваи в зона, имеющая сложное криволинейное очерт

Одиночные сваи

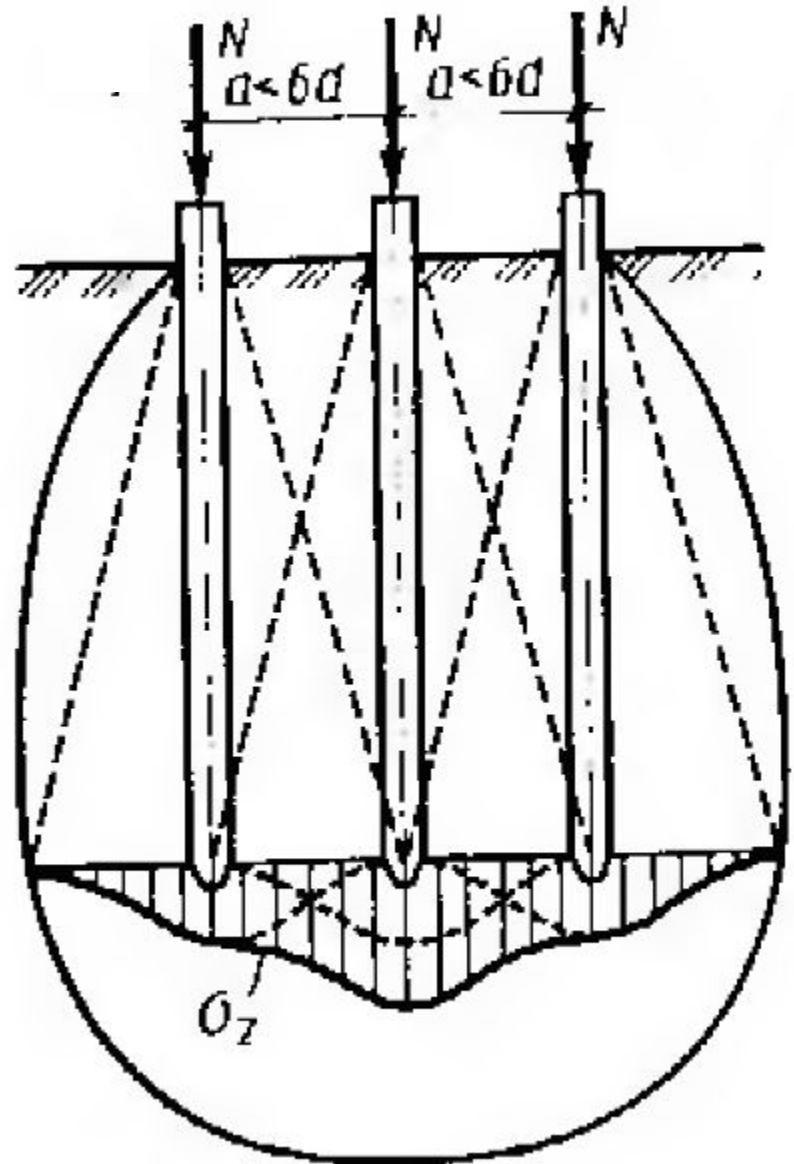
Эпюра вертикальных нормальных напряжений на уровне нижнего конца свай имеет выпуклую форму. Принято считать, что напряжения распределяются по площади, равной основанию конуса, образующая которого составляет со сваем угол α , зависящий от сил трения грунта по ее боковой поверхности.



зя

Кусты свай

При редком расположении свай в кусте напряженные зоны грунта вокруг них не пересекаются все сваи работают независимо, как одиночные. При небольшом расстоянии между сваями (как показали опыты, менее $6d$, где d — диаметр сваи) происходит наложение напряжений, вследствие чего давление на грунт в уровне нижних концов свай возрастает. Одновременно с увеличением давления под кустом свай формируется и значительно большая по сравнению с одиночной сваем общая активная зона сжатия грунта. Вследствие этого при одинаковой нагрузке осадка сваи куста при совместной работе свай будет всегда заметно превышать осадку одиночной сваи.



Несущая способность куста свай:

- с одной стороны растет из-за дополнительного уплотнения грунта, вызванное забивкой соседних свай
- с другой стороны снижается из-за большей осадки грунта межсвайного и как следствие - снижения сил трения по боковым поверхностям свай.

Что в итоге больше скажется на несущей способности сваи куста, зависит от многих условий и не всегда легко прогнозируется.

Однако опыт показывает, что:

- в глинистых грунтах, а также мелких и пылеватых песках несущая способность сваи в кусте, как правило, уменьшается по сравнению с несущей способностью одиночной сваи;
- в песках крупных и средней крупности — увеличивается.

Описанные следствия совместной работы свай в кустах принято называть **кустовым эффектом**.

Расчет свайных фундаментов.

Основной нормативный документ по расчету свайных фундаментов:

СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты

Расчет свайных фундаментов и их оснований производят по двум группам предельных состояний:

по первой группе предельных состояний:

- по несущей способности грунта основания свай;
- по устойчивости грунтового массива со свайным фундаментом;
- по прочности материала свай и ростверков;

по второй группе предельных состояний:

- по осадкам свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;
- по перемещениям свай совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов;
- по образованию или раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов.

Расчет по несущей способности грунтов основания заключается в выполнении условия:

$$N \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k}$$

где N — расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН;

F_d — несущая способность сваи;

γ_0 - коэффициент условия работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов, принимаемый равным 1 - при односвайном фундаменте и 1,15 - при кустовом расположении свай;

γ_n - коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности;

γ_k — коэффициент надежности по грунту, принимаемый от 1,2 до 1,75 в зависимости от способа определения несущей способности свай.

Проверку **устойчивости свайного фундамента совместно с грунтовым массивом** производят только в случае передачи на свайные фундамента больших горизонтальных нагрузок, а также если фундамент расположен на косогоре или его основание имеет откосный профиль.

При расчете свайных фундаментов **по деформациям** проверяют выполнение условий:

$$s \leq s_u$$

где s – деформация фундамента (осадка и т.д.)

При этом фундамента **со сваями-стойками** рассчитывать по деформациям от вертикальных нагрузок не требуется.