

УДК 624.15

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ

Баум М. П., студентка гр. УЗс-181, 4 курс
Зайцева И. С., к. т. н., доцент кафедры СКВиВ
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Выбор конструктивного решения высотных и уникальных зданий играет ключевую роль в обеспечении безопасности людей, пребывающих в нем. Также от этого зависят решения архитектурно-планировочные, инженерно-технические и моделирование объема здания и его внешней формы. Грамотно выбранный вариант конструкций позволяет создавать здания, соответствующие духу времени и отвечающие современным требованиям к безопасности и высокотехнологичности.

Ниже представлены варианты фундаментов, соответствующие максимально эффективным решениям. К ним относятся:

- свайные фундаменты;
- плитные фундаменты: к их числу относят плиты коробчатого типа, переменной толщины, а также плитные фундаменты повышенной жесткости. Данные фундаменты могут устраиваться как на естественном, так и на укрепленном основании;
- и фундаменты, представляющие комбинацию двух предыдущих вариантов, свайно-плитные (рисунок 1).

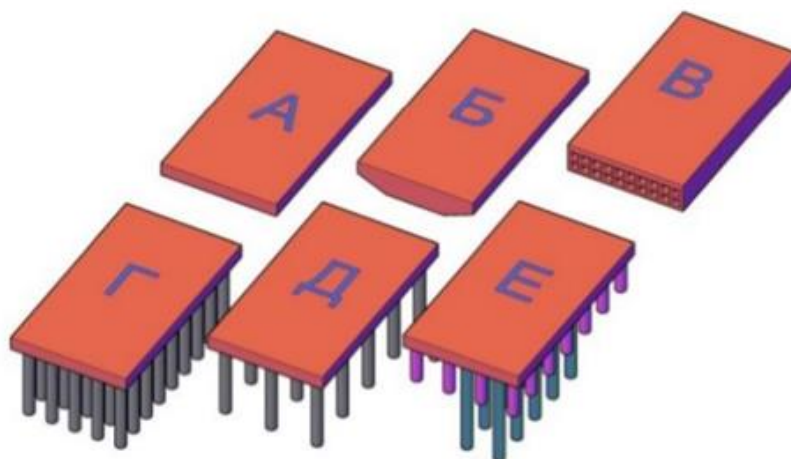
Плитные фундаменты располагают под всей площадью здания. Они могут быть в бетонном или железобетонном исполнении, запроектированными по балочной или безбалочной схемам. Часто плиты имеют повышенную жесткость. Нагрузки от возводимого здания передаются на грунты основания через подошву плиты, предварительно распределившись по ее поверхности.

Коробчатый тип фундаментов применяется для возведения уникальных и высотных зданий с большими нагрузками. Он представляет собой перекрытия, жестко соединенные с ребрами плиты, выполненными на полную высоту здания. При этом образуются замкнутые сечения различной конфигурации.

При недостаточной несущей способности фундаментную плиту дополняют мощными буронабивными опорами, тем самым получая **комбинированный свайно-плитный фундамент**.

Свайные фундаменты. Как правило, данный вид фундаментов устраивается при наличии больших нагрузок от несущих элементов здания, а также при наличии слабых грунтов, к числу которых можно отнести грунты водонасыщенные и сильносжимаемые.

Свайный фундамент может передавать нагрузки на грунты основания или при помощи свай-стоек, прорезывающих толщу слабого грунта и опирающихся на практически несжимаемые грунты (как правило, скальные, крупнообломочные, глинистые твердой консистенции), или при помощи висячих свай. Несущая способность последних определяется как сумма сил трения грунта по боковым поверхностям сваи и силы его сопротивления под ее острием.



а) плитный; б) плитный переменной толщины; в) плитный коробчатого типа;
г) свайный со сплошным плитным ростверком; д) комбинированный свайно-плитный, е) то же, но с переменной длиной свай

Рисунок 1 – Конструктивные типы фундаментов высотных зданий

Конструктивное решение фундамента назначается по результатам технико-экономического сравнения вариантов.

Свайный фундамент является одним из наиболее распространенных видов фундаментов для строительства уникальных зданий и сооружений. Он способен воспринимать большие нагрузки в разных направлениях, быть долговечным и иметь высокий запас прочности. На сегодняшний день имеется большой прогресс в технологии устройства свайных фундаментов, который достигается главным образом за счет использования набивных свай.

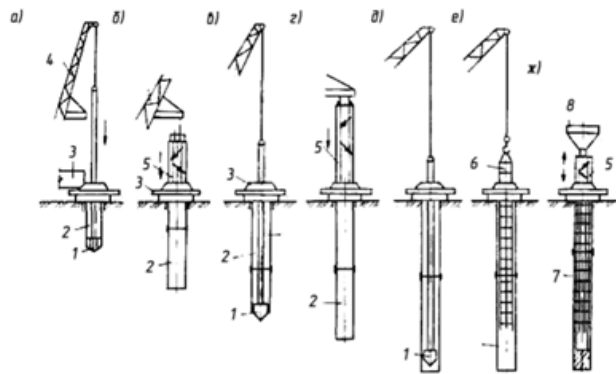
1. Буронабивные сваи. Чаще всего буронабивные сваи изготавливают цилиндрической формы, из бетона или железобетона. Также в качестве материала может выступать цементно-песчаный раствор. При преследовании цели увеличить несущую способность свай, их могут выполнять с уширением нижнего конца.

Существует три основных способа изготовления набивных свай:

- сваи без оболочки;
- сваи с извлекаемой оболочкой (рисунок 2);
- сваи с неизвлекаемой оболочкой.

Буронабивные сваи обладают рядом достоинств, к которым можно отнести возможность выполнения работ в любое время года, значительную длину изготовленных свай, которая превышает 30 м, и высокую несущую способность. Сваи могут прорезывать практически любые грунты, а их устройство не оказывает неблагоприятных воздействий на окружающую застройку вследствие отсутствия динамических нагрузок при производстве работ.

Нельзя не обратить внимания и на недостатки данной технологии. Удельная несущая способность свай (на 1 м³ материала) невелика. Контроль целостности ствола, а также качества контакта между его нижним концом и грунтом представляет значительную сложность.



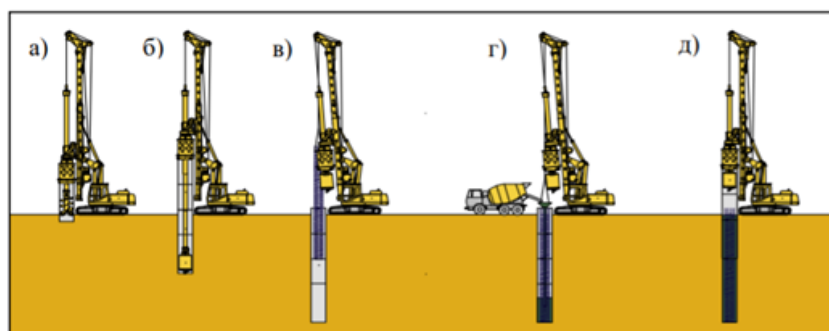
- а) установка кондуктора и забуривание скважины; б) погружение обсадной трубы;
 в) проходка скважины; г) наращивание следующего звена обсадной трубы;
 д) зачистка забоя скважины; е) установка арматурного каркаса;
 ж) заполнение скважины бетонной смесью и извлечение обсадной трубы; 1 –
 рабочий орган для бурения скважины; 2 – скважина; 3 – кондуктор; 4 – буровая
 установка; 5 – обсадная труба; 6 – арматурный каркас; 7 – бетонолитная труба;
 8 – вибробункер

Рисунок 2 – Технологическая схема устройства буронабивных свай
 с применением обсадных труб

2. Буронабивные сваи под обсадной трубой с келли-штангой.

Изготавливаемые по данной технологии сваи являются разновидностью буронабивных свай.

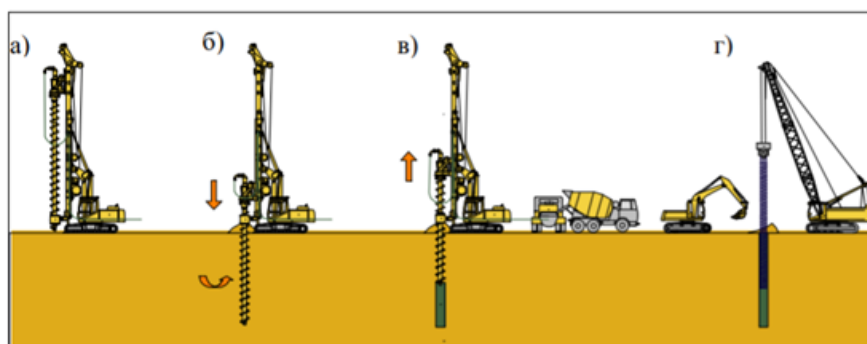
На рисунке 3 проиллюстрирован процесс устройства свай, который начинается с опережающего бурения скважины обсадной трубой с армированным наконечником (кольцевой коронкой). Предназначение коронки заключается в разбурировании грунта и бетона первичных свай. Обсадная труба при этом погружается в грунт вращателем или трубовкручивающим столом на глубину 1,5 – 2,0 м. Далее с помощью телескопической штанги Келли и подвешенного на ней короткого шнека обсадная труба очищается от грунта. Затем производится погружение арматурного каркаса в скважину, монтируется бетонолитная труба, после чего скважину бетонируют.



а) погружение инвентарной трубы с помощью вращателя и трубовкручивающего стола; б) формирование скважины под защитой обсадной трубы опережающей проходкой; в) погружение арматурного каркаса; г) монтаж бетонолитной трубы и заполнение скважины бетоном; д) извлечение обсадной трубы

Рисунок 3 – Бурунабивные сваи под обсадной трубой с келли-штангой

3. Технология CFA. Система CFA сочетает в себе преимущество набивных свай без извлечения грунта и универсальность бурунабивных свай. Метод предполагает использование шнекового бура для непрерывного бурения скважин. Его этапы представлены на рисунке 4. Устройство свай непрерывным полным шнеком позволяет возводить их в различных инженерно-геологических условиях. Ударное воздействие и вибрация при производстве работ отсутствуют. Технология позволяет проводить работы в любой точке города (включая центральные районы), не нарушая требований законодательства, благодаря системе звукоизоляции, которой снабжено оборудование.

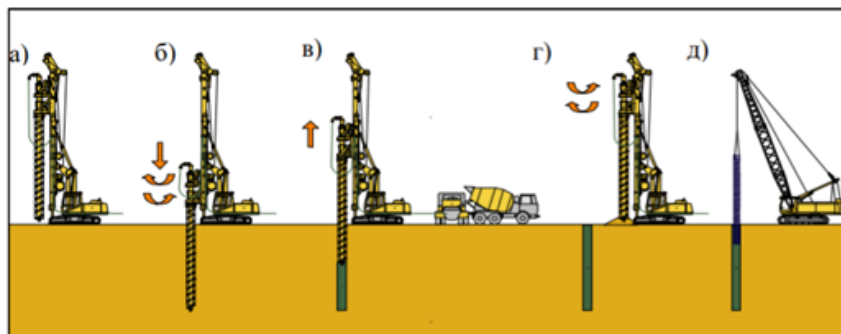


а) начало бурения; б) достижение проектной глубины; в) заполнение бетоном, подъем шнека; г) завершение бетонирования, погружение каркаса свай

Рисунок 4 – Технология CFA

4. Технология Cased Continuous Flight Auger. Устройство свай происходит по предыдущей технологии, но отличается использованием обсадной трубы (рисунок 5). Это позволяет обеспечивать должный уровень безопасности при ведении свайных работ, перекрывать горизонты плавунных грунтов. Появляется возможность контроля параметров буровой скважины, что сказывается на высоком качестве выполнения бетонных работ. Среди

мостостроителей и транспортных строителей данный вид свай широко распространен. Это обусловлено его высокой надежностью. Глубина свай при использовании данной технологии достигает 75 м, широк и диапазон диаметров: 600, 800, 1000, 1200, 1500, 1800 мм.



а) начало бурения; б) бурение скважины под защитой обсадной трубы; в) подъем оборудования; г) заполнение скважины бетоном; д) догружение арматурного каркаса свай

Рисунок 5 – Технология ССФА

5. Буриинъекционные сваи. Являются разновидностью буронабивных свай, от которых их отличают малый диаметр ствола, лежащий в пределах 120-420 мм (в виде исключения диаметр свай может достигать 630 – 820 мм), и большая гибкость. К отличительным особенностям также можно отнести материал свай, в роли которого выступает мелкозернистый бетон.

Технологический цикл состоит из следующих операций:

- бурение скважины;
- инъекция в скважину бетонной смеси;
- установка арматурного каркаса (пример армирования ствола свай показан на рисунке б);
- опрессовка свежеложенного раствора.

Не исключается другой порядок отдельных операций. Он зависит от грунтовых условий и технологических особенностей.

6. Технология DDS (англ. Drilling Displacement System). В основу данной технологии положен принцип раскатки скважин. Грунт из скважины не извлекается, стенки скважины уплотняют рабочим органом – раскатчиком (рисунок 7). В результате использования раскатывающего механизма грунт деформируется и уплотняется в стенки скважины. Вследствие этого в грунте непрерывно образуется цилиндрическая полость, по периметру которой расположена уплотненная зона грунта. Использование раскатчика позволяет устраивать скважины, стенки которых отличаются гладкостью и прочностью. Возможный диаметр скважин – 400 мм, 450 мм, 650 мм, 800 мм.

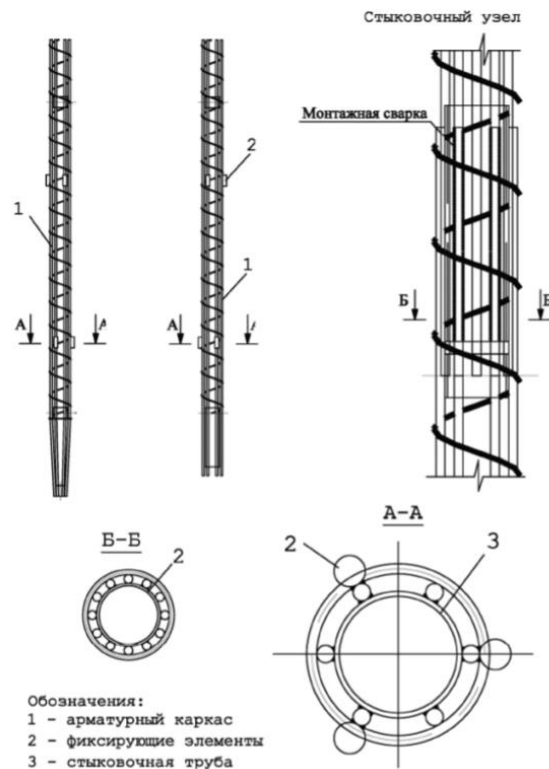
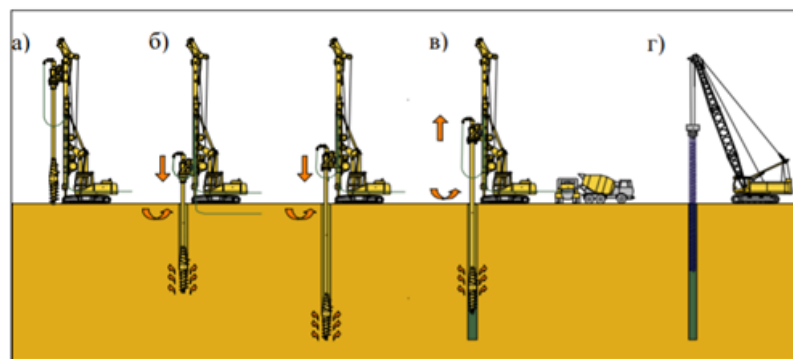


Рисунок 6 – Армирование буринъекционной сваи



а) начало бурения; б) бурение с одновременным вдавливанием шнека до проектной глубины; в) поднятие бура, заполнение скважины бетоном; г) погружение арматурного каркаса сваи

Рисунок 7 – Технология DDS

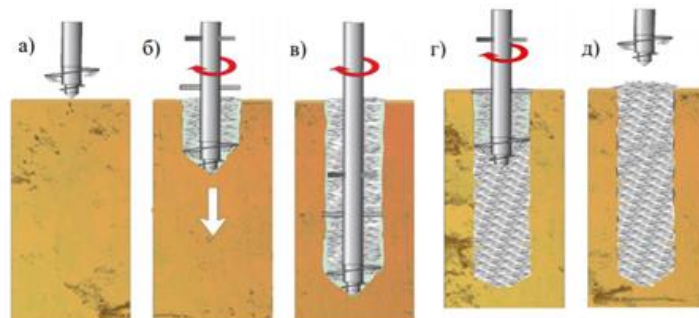
7. Технология глубинного смешивания (англ. *Deep Soil Mixing, DSL*).

Суть технологии заключается в изготовлении грунтоцементных колонн при помощи специального буросмесительного инструмента, состоящего из полый штанги и специального рабочего органа (рисунок 8).

Последовательность технологических операций приведена на рисунке 8.

После того как смесительным инструментом, погружаемым в грунт, была достигнута проектная отметка приступают к формированию колонн

DSM. Поданная под давлением суспензия и полученная смесь грунта повторно смешиваются и уплотняются во время извлечения инструмента из скважины, после чего наступает фаза твердения грунтобетона. Имеется 2 метода выполнения свай по данной технологии: мокрое смешивание грунта (Wet Soil Mixing) и сухое смешивание грунта (Dry Soil Mixing). Диаметр свай лежит в пределах 400-1200 мм, глубина свай не превышает 26 м.



а) расположение смесительного инструмента над местом бурения; б) погружение смесительного инструмента в грунт; в) размельчение и перемешивание грунта с подаваемой под давлением цементной суспензией; г) извлечения инструмента из скважины; д) готовая свая, полученная методом мокрого смешивания грунта

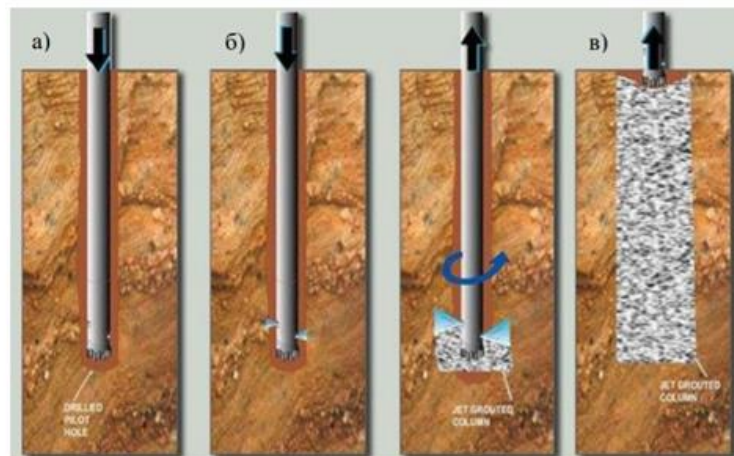
Рисунок 8 – Изготовление свай по технологии DSM

8. Выполнение свай с использованием струйного способа цементации. Струйная цементация грунтов («Jet Grouting») – метод закрепления грунтов, который основывается на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора (рисунок 9). В результате струйной цементации грунта в нем образуются цилиндрические сваи диаметром 600 – 2000 мм.

Устройства грунтоцементных свай достигают путем последовательного выполнения следующих этапов:

- изготавливают бетонную смесь;
- проводят тестирование на коэффициент фильтрации образца грунтобетона и определяют соответствие его прочности проектной;
- в буровое оборудование закачивают стабилизирующую смесь;
- погружают монитор в грунт до необходимой глубины;
- затем при помощи энергии струи, подаваемой под напором, порода разрушается и образуется грунтобетон;
- монитор извлекают, а вместе с этим происходит создание тела сваи.

Таким образом, мы видим, что современные методы возведения фундаментов превосходят в преимуществах традиционные и могут лежать в основе определения новых подходов в фундаментостроении. Использование методов исключает вероятность появления существенных осадок, уменьшает затраты на устройство фундаментов и сокращает сроки их возведения. Многообразие способов дает возможность максимально эффективно провести устройство фундамента для любого проектируемого здания по технологиям, отвечающим требованиям современных нормативных документов.



а) бурение лидерной скважины; б) подъем буровой колонны с вращением и одновременной подачей струи цементного раствора; в) готовый грунтоцементный элемент

Рисунок 9 – Изготовление свай по технологии «Jet Grouting»

Список литературы

1. Мариничев, М. Б. Фундаменты многоэтажных и высотных зданий. Учебное пособие / М. Б. Мариничев; Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Мир науки, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-6047490-4-3. – URL: <https://izd-mn.com/PDF/07MNNPU22.pdf> – Текст: электронный.
2. Крупина, Н. В. Основания и фундаменты : учеб. пособие / Н. В. Крупина – Кемерово : КузГТУ, 2015. – 134 с. – ISBN 978-5-906805-11-9. – Текст : непосредственный.
3. Мангушев, Р. А. Современные свайные технологии: учебное пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин; 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 240 с. – ISBN 978-5-93093-512-7. – URL: https://www.spbgasu.ru/Studentam/Kafedry/Kafedra_geotekhniki/Uchebnye_discipliny/Osnovaniya_i_fundamenty/ – Текст : электронный.
4. СП 22.13330.2016. СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений: издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 970/пр : введен : дата введения 2017-07-01. – Москва. : Стандартинформ, 2019. – 186 с. – Текст : непосредственный.