

- **Земляные сооружения и строительство фундаментов**

# Земляные сооружения

- При строительстве зданий и сооружений выполняются различные виды процессов переработки грунта:
  - планировка площадки,
  - рыхление твердых или мерзлых грунтов,
  - заглубление фундаментов,
  - обратная засыпка,
  - устройство постоянных, временных и вспомогательных земляных сооружений.

- Постоянными называются земляные сооружения, которые после строительства эксплуатируются: каналы, дороги и т.д.

- Временные сооружения после окончания строительных работ ликвидируются: котлованы под фундаменты, траншеи под трубопроводы и т.д.

- Кюветы, водоотводные каналы являются вспомогательными земляными сооружениями.

- Временные выемки шириной до 3 м и длиной, значительно превышающей ширину, называют траншеями.
- Выемку, длина которой не превышает десятикратной ширины, называют котлованом.
- Котлованы и траншеи имеют дно и боковые стенки или откосы.<sup>6</sup>

- Временные выемки под транспортные магистрали, шахты, штольни и другие земляные сооружения, закрытые с поверхности, называются подземными выработками.

- После устройства подземных сооружений и частей зданий грунт укладывают в пространство между боковой поверхностью сооружения и откосом котлована.
- Этот процесс называется обратной засыпкой «пазух».



- По трудоемкости выполнения земляные работы составляют до 20% всей трудоемкости возведения здания, поэтому процессы, связанные с переработкой грунта, всегда стремились механизировать.

- До 97 % объемов земляных работ в строительстве комплексно механизированы, однако при мелких рассредоточенных объемах работ, устройстве фундаментов в стесненных условиях, зачистке дна и откосов котлованов, устройстве дренажных канав в гористой местности еще применяется ручной труд.

- Грунты можно разрабатывать механическим, гидромеханическим и взрывным способами.

- Механический способ разработки заключается в отделении грунта от массива резанием с помощью землеройных или землеройно-транспортных машин.

- Гидромеханический способ основан на размывании твердого грунта водяной струей или всасывании разжиженного грунта.

- Взрывным способом в основном разрабатывают грунты, находящиеся за городом.
- Для этого в земляном массиве бурят скважины, в которые закладываются взрывчатые вещества (ВВ).

- В промышленном и гражданском строительстве основным способом разработки грунтов является механический, а наиболее распространенными машинами:
  - землеройные (экскаваторы);
  - землеройно-транспортные (бульдозеры, скреперы, грейдеры);
  - рыхлительные (бульдозеры-рыхлители, дизель-молоты);
  - транспортирующие (автосамосвалы);
  - грунтоуплотняющие (катки, вибрационные трамбуемые плиты и др.);
  - специальные машины (буровые установки, копры и др.).

# Классификация и основные строительные свойства грунтов

- По своему строению грунты можно подразделить на сцементированные (или скальные) и несцементированные.



- Скальные грунты состоят из каменных горных пород, с трудом поддающихся разработке взрыванием или дроблением.
- Скелет несцементированных грунтов обычно состоит из песчаных, пылеватых и глинистых частиц, в зависимости от содержания которых грунты называются: песок, супесь (супесок), суглинок, глина.

# Параметры и классификация грунтов

Параметр	Песок	Супесь	Суглинок	Глина
Угол естественного откоса при естественной влажности, °	25 ... 30	30 ... 40	40 ... 50	40 ... 45
Содержание частиц, %:				
глинистых	До 5	До 12	12 ... 33	Более 33
песчаных	Более 80	Более 50	—	—
Оптимальная влажность уплотнения, %	8 ... 12	9 ... 15	12 ... 20	19 ... 23

- К основным свойствам грунтов, влияющим на технологию и трудоемкость их разработки, относятся: плотность, влажность, сцепление, разрыхляемость, угол естественного откоса, удельное сопротивление резанию, водоудерживающая способность.

- Плотностью называется масса 1 м<sup>3</sup> грунта в естественном состоянии (в плотном теле).
- Плотность нецементированных грунтов 1,2 ... 2,1 т/м<sup>3</sup> , скальных - до 3,3 т/м<sup>3</sup> .

- Влажность характеризуется степенью насыщения грунта водой и определяется отношением массы воды в грунте к массе твердых частиц грунта, выражается в процентах.
- При влажности более 30% грунты считаются мокрыми, а при влажность до 5 % - сухими.

- Сцепление - сопротивление сдвигу, для песчаных грунтов составляет 3 ... 50 кПа,  
для глинистых - 50 ... 300 кПа.

- Некоторые процессы переработки грунта связаны с пропусканием через него электрического тока (оттаивание, осушение электротоком).
- В этих случаях принимается во внимание такая характеристика, как электропроводность грунта.

- Так как минеральные частицы, входящие в состав грунта, обычно не являются проводниками, электропроводность грунта зависит от степени насыщения его водой.
- От влажности грунта также зависят его теплотехнические характеристики.



- Водоудерживающая способность или сопротивляемость грунта проникновению воды очень высока у глинистых грунтов и низка у песчаных.
- По этой причине песчаные грунты называются дренирующими, т. е. хорошо пропускающими воду, а глинистые грунты - недренирующими.

# Основания

- Прочность и устойчивость любого сооружения прежде всего зависят от надежности основания и фундамента.
- Основанием считают слои грунта, залегающие ниже подошвы фундамента и в стороны от него, воспринимающие нагрузку от сооружения и влияющие на устойчивость фундамента и его перемещения.

- Проектирование оснований зданий и сооружений зависит от большого количества факторов, основными из которых являются: геологическое и гидрогеологическое строение грунта; климатические условия района строительства; конструкция сооружаемого здания и фундамента; характер нагрузок, действующих на грунт основания, и т.д.
- Основания под фундаменты зданий и сооружений бывают естественными и искусственными.

- Естественными основаниями называют грунты, которые в условиях природного залегания обладают достаточной несущей способностью, чтобы выдержать нагрузку от возводимого здания или сооружения.

- Естественные основания не требуют дополнительных инженерных мероприятий по упрочнению грунта; их устройство заключается в разработке котлована на расчетную глубину заложения фундамента здания или сооружения.

- Искусственными основаниями называют грунты, которые по механическим свойствам в своем природном состоянии не могут выдерживать нагрузки от зданий и сооружений.
- Поэтому для упрочнения слабых грунтов необходимо выполнять различные инженерные мероприятия.

- К слабым относятся грунты с органическими примесями и насыпные грунты.
- Грунты с органическими примесями включают: растительный грунт, ил, торф, болотный грунт. Насыпные грунты образуются искусственно при засыпке оврагов, прудов, мест свалки.

- Перечисленные грунты неоднородны по своему составу, рыхлые, обладают значительной и неравномерной сжимаемостью.
- Поэтому в качестве оснований их используют только после укрепления уплотнением, цементацией, силикатизацией, битумизацией или термическим способом.



- Расчет оснований по второй группе предельных состояний (по деформациям) ограничивает деформации надфундаментных конструкций сооружения такими пределами, при которых еще не нарушается нормальная эксплуатация сооружения.

- В связи с расчетом оснований сооружений по указанным выше предельным состояниям оценку грунтов производят по прочности (устойчивости) и по их способности деформироваться под нагрузкой (по сжимаемости).

- Для оценки прочности грунтов и расчета фундаментов по первой группе предельных состояний необходимо уметь определять расчетные сопротивления грунтов основания сжатию. Для оценки способности оснований деформироваться под нагрузками и определения осадок фундаментов необходимо знать характеристики сжимаемости грунтов.

# Фундаменты

- Основными требованиями, предъявляемыми к фундаментам, являются:






прочность,



устойчивость,



сопротивляемость влиянию атмосферных условий и отрицательных температур,

-  долговечность, соответствующая эксплуатационному сроку службы надземной части зданий и сооружений,
-  индустриальность устройства конструкций,
-  ЭКОНОМИЧНОСТЬ.

- По форме в плане фундаменты делятся на ленточные, столбчатые, сплошные и свайные.

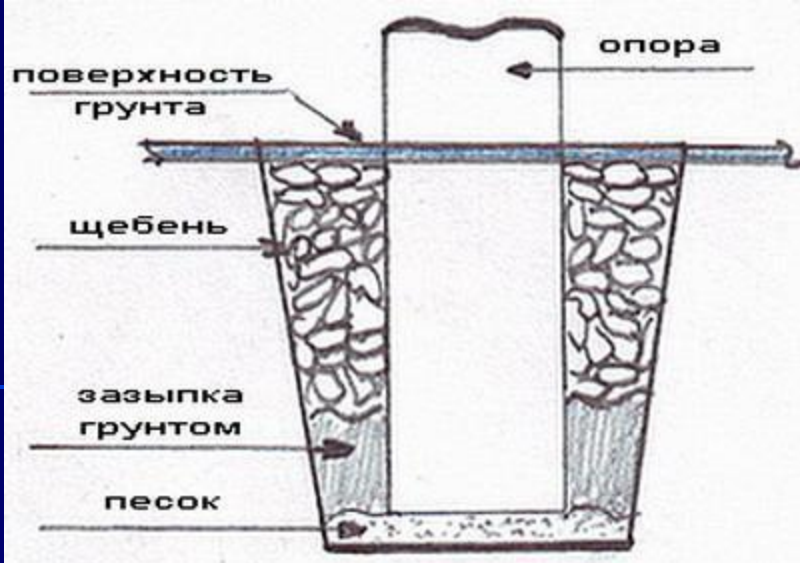
# Столбчатые фундаменты

- Наиболее распространенными и дешевыми являются столбчатые фундаменты.
- Особенно эффективны столбчатые фундаменты в пучинистых грунтах при их глубоком промерзании. Вместе с тем у столбчатых фундаментов есть особенности, мешающие в ряде случаев их успешному применению.









- Так, в горизонтально подвижных грунтах недостаточна их устойчивость к опрокидыванию и для погашения бокового сдвига требуется устройство жесткого железобетонного ростверка. Ограничено их применение на слабонесущих грунтах при строительстве домов с тяжелыми стенами.

- Кроме того, при столбчатых фундаментах возникают сложности с устройством цоколя: если при ленточных фундаментах цоколь образуется как бы сам собой, являясь их продолжением, то при столбчатых заполнение пространства между столбами, стеной и землей (забирка) - сложное и трудоемкое дело.

- Столбчатые фундаменты подводят под дома с легкими стенами (деревянные рубленые, каркасные, щитовые).
- Этот тип фундаментов по расходу материалов и трудозатратам в 1,5-2 раза экономичнее ленточных.

- Столбы возводятся во всех углах, местах пересечения стен, под простенками, под опорами тяжело нагруженных прогонов и других точках сосредоточения нагрузок. Расстояние между столбами принимается 1,2–2,5 м.

- По верху столбов должны быть уложены обвязочные балки для создания условий совместной их работы.
- При расстояниях между столбчатыми (отдельно стоящими) фундаментами больше 2,5–3 м по верху укладываются более мощные рандбалки (железобетонные, металлические).

- Минимальное сечение фундаментных столбов принимается в зависимости от того, из какого материала они изготовлены (бетон – 400 мм; бутобетон – 400 мм; кладка из натурального камня – 600 мм, из бута-плитняка – 400 мм, из кирпича выше уровня земли – 380 мм, а при перевязке с забиркой – 250 мм).



- ДОСТОИНСТВА:

- экономичны;
- не трудоемки.

- НЕДОСТАТКИ:

- недостаточная устойчивость в горизонтально подвижных грунтах;
- ограниченное применение на слабонесущих грунтах при строительстве зданий с тяжелыми стенами;
- сложность с устройством цоколя.<sup>49</sup>

# Ленточные фундаменты

- фундаменты, возводимые непосредственно под стены дома или под ряд отдельных опор. В первом случае они имеют форму непрерывных подземных стен, во втором – состоят из железобетонных перекрестных балок

- Ленточные фундаменты подводят под дома с тяжелыми стенами (бетонными, каменными, кирпичными и т. п.) или с тяжелыми перекрытиями.
- Их закладывают под все наружные и внутренние капитальные стены. Наличие под домом подвалов, теплых подполий, гаража или цокольного этажа делают просто необходимым выбор именно этого типа фундамента.









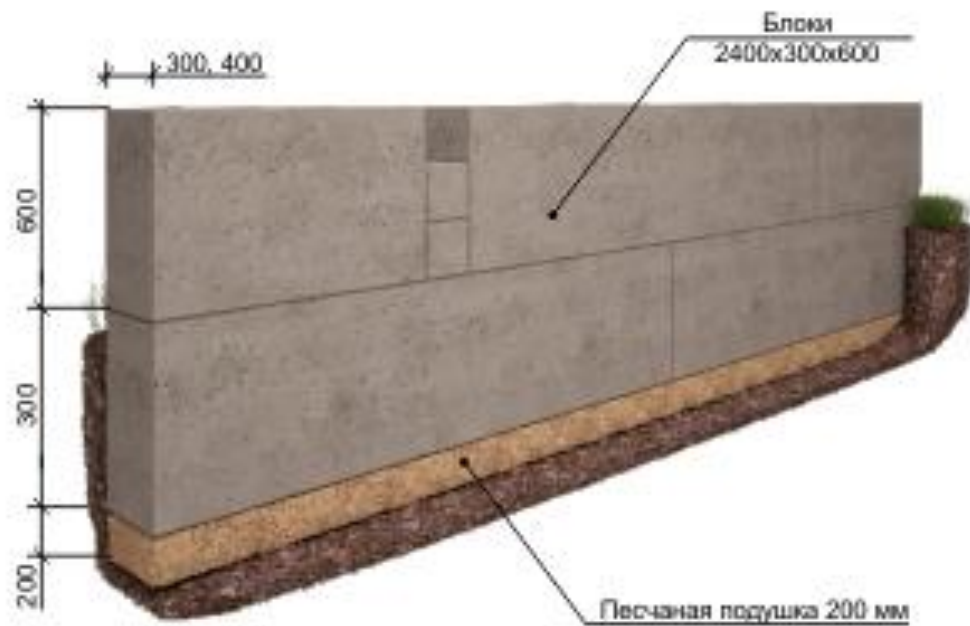


2007 1 5



- Для этого типа фундамента характерны большие объемы земляных работ и используемых материалов, значительный вес и трудоемкость возведения. Несмотря на это, ленточные фундаменты получили довольно широкое распространение, в основном благодаря простой технологии.

- Ленточные фундаменты бывают монолитными и сборными.



- Для сооружения ленточных монолитных фундаментов на дне котлована выставляется опалубка (деревянная), арматура, листы теплоизоляции и между стенками опалубки заливается бетон. Для снижения потери при обогреве дома в такие фундаменты закладывается утеплитель (керамзит, минераловатные плиты, пенопласт).

- Сборные ленточные фундаменты состоят из крупных фундаментных бетонных или железобетонных блоков.

- ДОСТОИНСТВА ленточных монолитных:
  - прочность;
  - надежность;
  - могут быть использованы для зданий любой формы;
- ДОСТОИНСТВА ленточных из железобетонных блоков:
  - значительное сокращение сроков возведения;
  - простота сооружения.

- НЕДОСТАТКИ всех ленточных:
  - увеличение срока строительства за счет производства земляных работ, заполнения бетоном опалубки;
  - массивны;
  - не экономичны;
  - трудоемки;
- НЕДОСТАТКИ ленточных из железобетонных блоков:
  - менее практичны (пропускают воду в местах своего соединения);
  - пригодны для зданий простых форм (при сложных архитектурных формах блоки, выпускаемые стандартных размеров, приходится обрезать).

# Плитные фундаменты

- фундаменты, сооружаемые под всей площадью здания.
- Представляют собой сплошную или решетчатую плиту, выполненную из монолитного железобетона либо из сборных перекрестных железобетонных балок с жесткой заделкой стыковых соединений.



- Фундаменты плитные и из перекрестных лент возводят из монолитного железобетона с целью придания фундаменту пространственной жесткости. Необходимость в этом возникает при строительстве на неравномерно и сильно сжимаемых грунтах, например, на насыпных (песчаных подушках, слежавшихся свалках, сильно пучинистых грунтах и т. п.).
- Иногда к таким фундаментам применяют термин "плавающий".



- Устройство плитного фундамента связано с довольно большим расходом материалов (бетона и металла) и может быть целесообразно при сооружении небольших и компактных в плане домов или других построек, когда не требуется устройство высокого цоколя, и сама плита используется в качестве пола (например, гаражи, бани и т. п.).
- Для домов более высокого класса чаще устраивают фундаменты в виде ребристых плит или армированных перекрестных лент

- Сооружают на тяжелых пучинистых и просадочных грунтах.

- Плитный фундамент наиболее приемлем при слабых неоднородных грунтах с высоким уровнем грунтовых вод, а также в случаях, когда нагрузка, приходящаяся на фундамент, велика, а грунт основания недостаточно прочен.
- Такие конструкции способны выравнивать вертикальные и горизонтальные перемещения грунта (плавающие фундаменты – их второе название).
- Сооружение плитного фундамента оправдано в малоэтажном строительстве при небольшой и простой форме здания.

## ■ ДОСТОИНСТВА

- простота сооружения;
- возможность их выполнения в тяжелых пучинистых, подвижных и просадочных грунтах.

## ■ НЕДОСТАТКИ

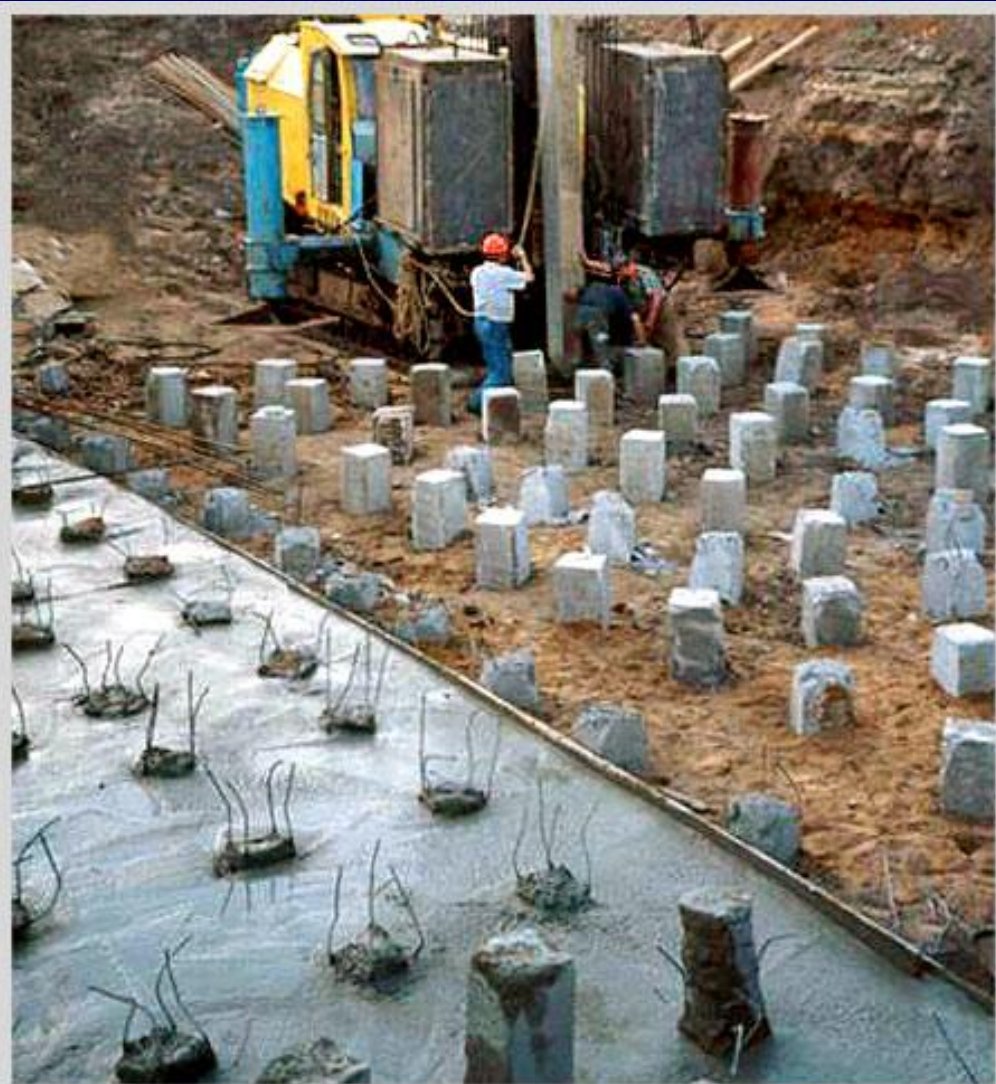
- достаточно дороги (из-за большого расхода бетона и металла на арматуру).

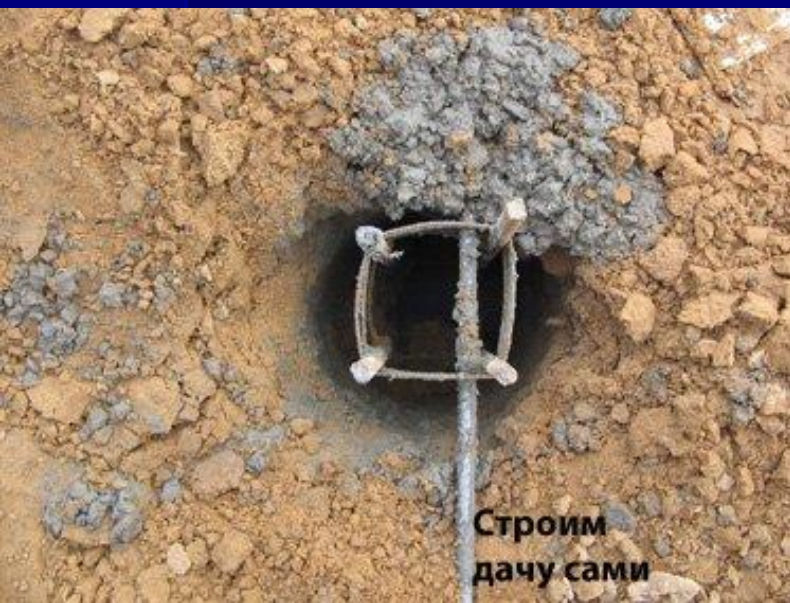
# Свайные фундаменты

- фундаменты, состоящие из отдельных свай, перекрытых сверху бетонной или железобетонной плитой или балкой (ростверком).

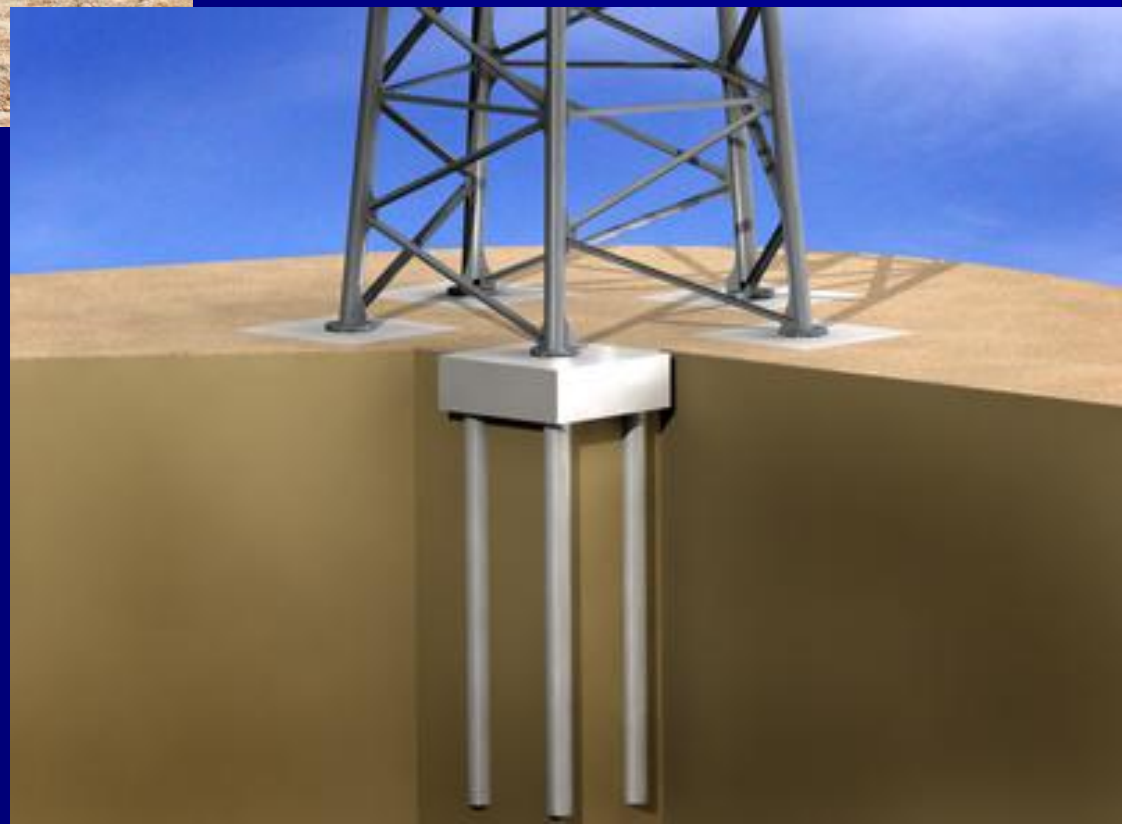
- Свайные фундаменты являются очень дорогими и трудоемкими в выполнении, поэтому в индивидуальном строительстве встречаются крайне редко.







Строим  
дачу сами



- Свайный фундамент используется в случаях, когда на слабый грунт необходимо передать большие нагрузки. При этом нагрузка от здания передается на более плотные грунты, залегающие на глубине.

- По типу материала сваи могут быть деревянными, бетонными, железобетонными, стальными и комбинированными.

- По методу изготовления и погружения в грунт сваи подразделяются на забивные (опускаемые в грунт в готовом виде) и набивные (изготавливаемые непосредственно в грунте, в пробуренных каналах).

- По типу поведения в грунте выделяют сваи-стойки, имеющие под собой прочный грунт и передающие на него давление, и висячие сваи, используемые в случаях, когда глубина залегания прочного грунта достаточно велика (несущая способность таких свай определяется суммой сопротивления сил трения по боковой поверхности и грунта под острием сваи).

- Деревянные сваи наиболее экономичны, но если они находятся во влажном грунте, они быстро гниют.
- Сваи из железобетона стоят дороже, но они более долговечны и способны выдерживать большие нагрузки.

## ■ ДОСТОИНСТВА

- дают меньшую усадку;
- экономичны (снижают расход материалов, например, бетона – на 40%25);
- менее трудоемки (при их сооружении значительно уменьшается объем земляных работ);
- возможность сооружения на грунтах, обладающих низкой несущей способностью.

## ■ НЕДОСТАТКИ

- необходимость использования специальной техники.



# Фундаменты на песчаных подушках

- Фундаменты на песчаных подушках могут быть самых разных типов. Чаще всего они применяются для экономии строительных материалов, для полной или частичной замены непригодных грунтов в основании, для подъема отметки пола над уровнем грунтовых вод и т. п.

- При их устройстве в котлованы засыпают средне- или крупнозернистые пески слоями 150–200 мм, тщательно трамбуя их и проливая водой. В обводненных грунтах, особенно пучиноопасных при промерзании, устройство песчаных подушек не рекомендуется без устройства дренажа. В противном случае возможно заиливание подушек и, как следствие, потеря ими первоначальных свойств.

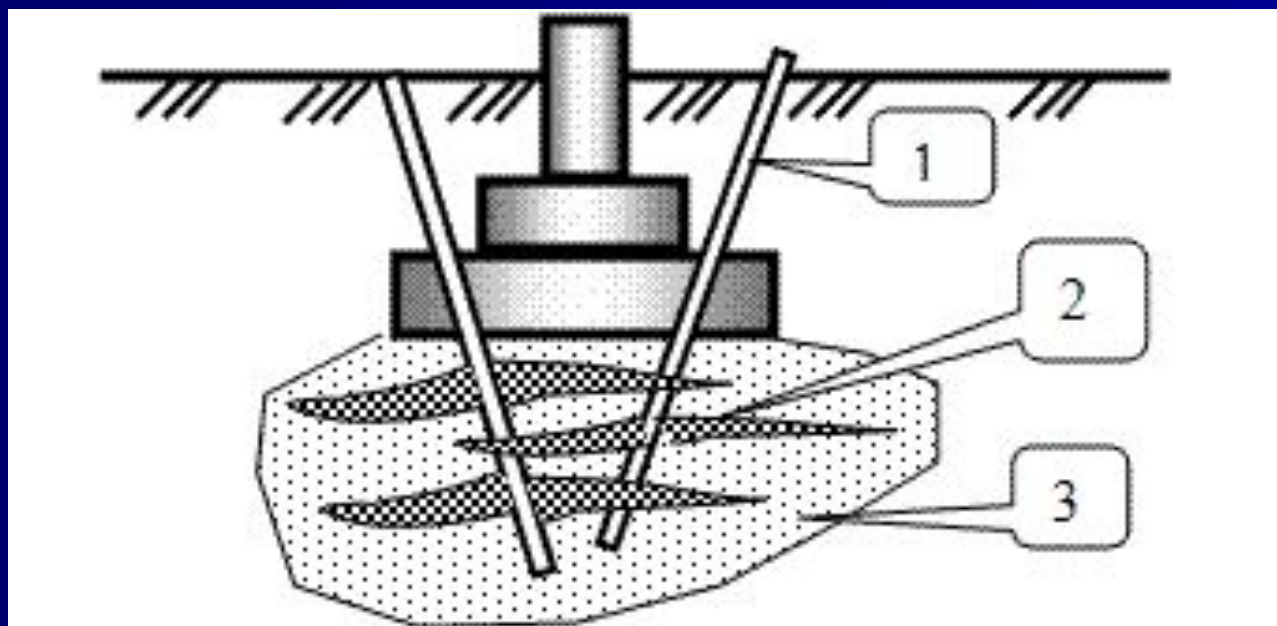
- Важное значение имеет предполагаемое время, на которое возводится строение. Например, срок службы различных фундаментов составляет:
  - ленточных бетонных и бутовых на цементном растворе – 150 лет;
  - бутовых или бетонных столбов – 30–50 лет;
  - деревянных ступьев – 10 лет.

- В зависимости от применяемых материалов фундаменты бывают:
- бутовые, бутобетонные, бетонные и кирпичные.

# УКРЕПЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

- 1) Цементация
- 2) Дренаж и  
противофльтрационные завесы
- 3) Повышение несущей способности  
(устойчивости) оснований
- 4) Защита оснований от влияния  
строящихся рядом зданий и  
сооружений.

- Схема цементации основания:
- 1 – инъектор: 2 – гидравлический разрыв, заполненный цементным раствором; 3 – закрепленный массив основания.

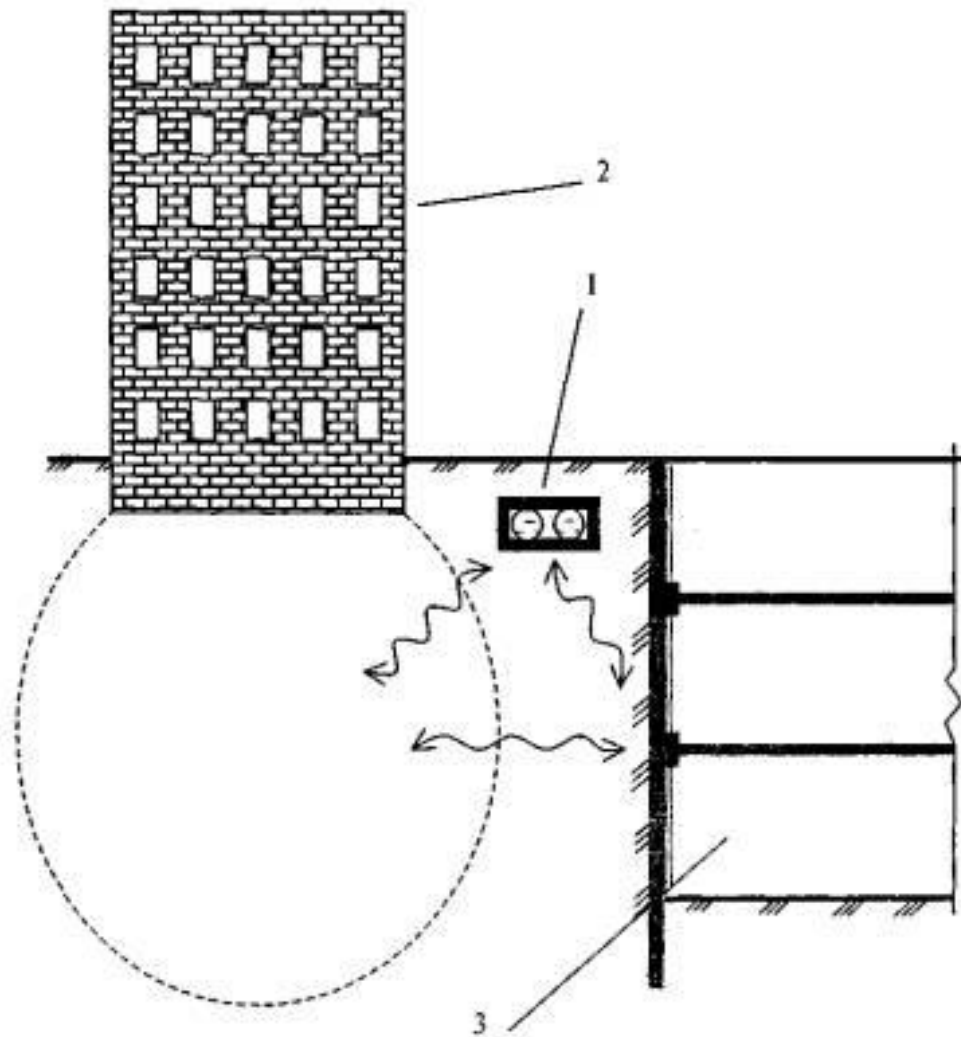
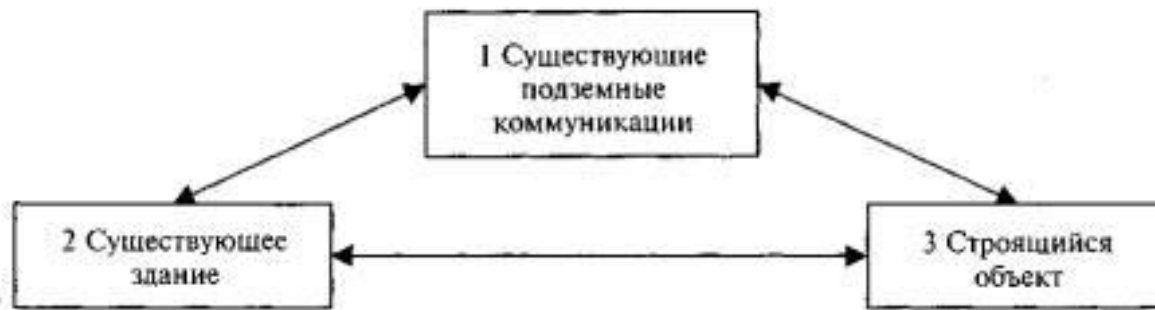




- **Повышение несущей способности (устойчивости) оснований**
- **(геотекстиль)**







Выработки, устраиваемые открытым способом  
(котлованы, шахты, траншеи)

Выработки, устраиваемые закрытым способом  
(тоннели, штольни, микротоннели)

**Уменьшение перебора грунта при устройстве ограждения:**

Применение бурозавинчиваемых или вдавливаемых свай, забуриваемых металлических труб с коронкой или перьевым наконечником.  
Замена грунтовых анкеров на распорки, раскосы и подкосы.

**Уменьшение горизонтальных перемещений ограждения:**

Увеличение изгибной жесткости элементов ограждения.  
Увеличение количества и сечения распорок, раскосов, подкосов.

**Предотвращение разуплотнения грунта за забиркой:**

Откопка котлована с опережающим погружением забирки.  
Своевременное заполнение пазух при устройстве забирки.  
Замена деревянной забирки на металлическую.

**Уменьшение и контроль вибродинамических воздействий:**

Недопущение использования гидромолота, клин-бабы и ударных методов при вскрытии дорожных покрытий и разработке насыпных грунтов.  
Недопущение использования сваебойного и вибропогружающего оборудования при погружении элементов шпунта.  
Контроль параметров колебаний грунта и подземных коммуникаций.

**Компенсация изменения напряженно-деформированного состояния грунта:**

Применение ограждений «активного типа», позволяющих выполнять закрепление грунта и компенсационное нагнетание с использованием ограждающих конструкций.

**Увеличение расстояния между выработкой и подземными коммуникациями:**

Перенос положения котлована (шахты, траншеи) в плане.

**Уменьшение перебора грунта при проходке:**

Уменьшение диаметра тоннеля.  
Замена одного тоннеля на два тоннеля (микротоннеля) меньшего диаметра.  
Замена щитового комплекса с открытым забоем на комплекс с закрытым забоем.  
Увеличение скорости проходки тоннеля.  
Недопущение остановки или замедления проходки щита при сохранении режима грунтоотбора.  
Пригруз забойной части щита.  
Уменьшение скорости забора грунта при проходке тоннеля.

**Увеличение расстояния между выработкой и подземными коммуникациями:**

Перенос трассы тоннеля в плане.  
Увеличение глубины заложения тоннеля.

**Компенсация изменения напряженно-деформированного состояния грунта:**




Нагнетание цементного или бентонитового раствора в заобделочное пространство.  
Применение монолитной пресс-бетонной обделки.

**Предотвращение необходимости водопонижения за пределами выработки:**







Применение сплошных противодиффузионных ограждающих конструкций (буресекущиеся сваи, «стена в грунте» и др.) с заглублением их в водоупор или устройством под дном котлована противодиффузионных пробок.

# Методика искусственного улучшения грунтов оснований

## 1. Механическое закрепление грунтов:

-  Уплотнение;
-  Замена грунта;
-  Замораживание;

## 2. Химическое закрепление грунтов:

-  Цементация;
-  Глинизация;
-  Битумизация;
-  Силикатизация;
-  Смолизация;
-  Электрохимическое закрепление;

3. Метод вертикального дренирования.