

*Инженерные методы  
улучшения свойств грунтов  
(искусственные основания)*

---

**Существуют три основных направления улучшения грунтов основания, представленные на схеме**

**Пути улучшения оснований**

```
graph TD; A[Пути улучшения оснований] --> B[Конструктивные мероприятия]; A --> C[Физико-химические методы (закрепление грунтов)]; A --> D[Механические методы (уплотнение грунтов)];
```

**Конструктивные мероприятия**

**Физико-химические методы  
(закрепление грунтов)**

**Механические методы  
(уплотнение грунтов)**

---

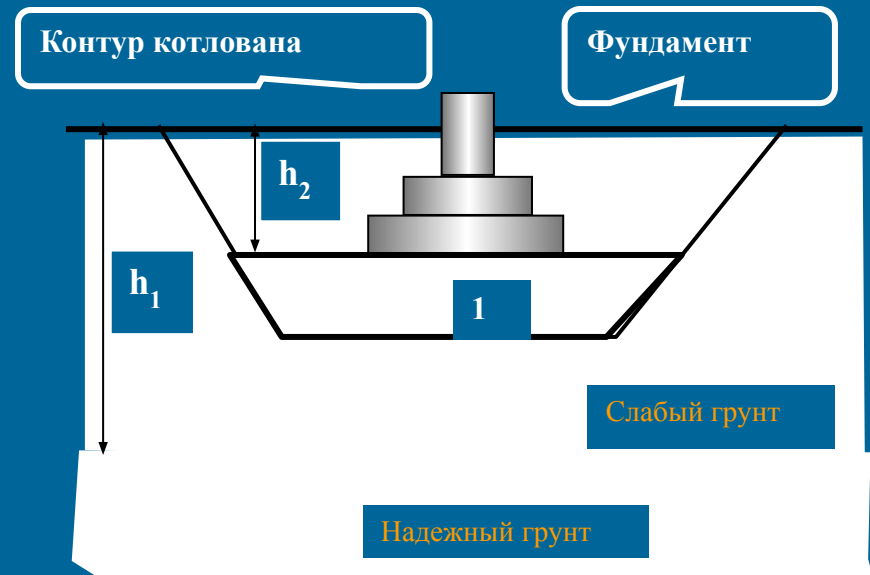
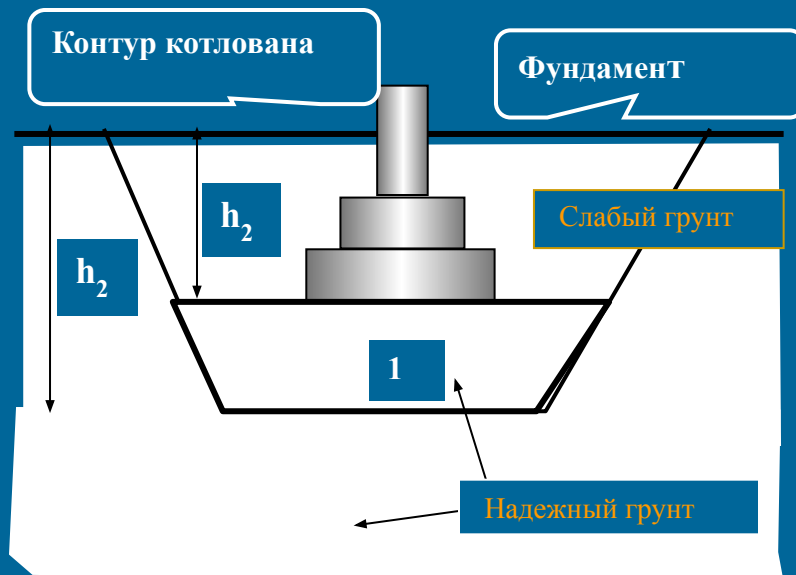
# **Конструктивные меры улучшения оснований**

- 1. устройство песчаных (грунтовых)  
подушек;**
- 2. шпунтовое ограждение;**
- 3. армирование грунта**

# Замена слабого слоя грунта основания (устройство песчаных подушек)

Основные цели устройства песчаных подушек:

- уменьшить глубину заложения фундаментов при прорезке слабого слоя грунта (рис. 1)
- уменьшить интенсивность давления от фундамента на слабый слой грунта (рис. 2).



■ Рис. 1. Песчаная подушка (1) (передающая) полностью прорезает слабый слой грунта

■ Рис. 2. Песчаная подушка (1) (распределяющая) частично прорезает слабый слой грунта

# Расчетная схема к определению размеров песчаной подушки

$$\sigma_{zg} + \sigma_{zp} \leq R_{сл}; (1)$$

где  $\sigma_{zg}$  — ордината эпюры природного давления грунта, приходящегося на кровлю слабого подстилающего слоя;

$\sigma_{zp}$  — ордината эпюры дополнительного (уплотняющего) давления грунта, приходящегося на кровлю слабого подстилающего слоя;

$R_{сл}$  — расчетное сопротивление слабого слоя грунта в уровне низа подушки от условного фундамента.

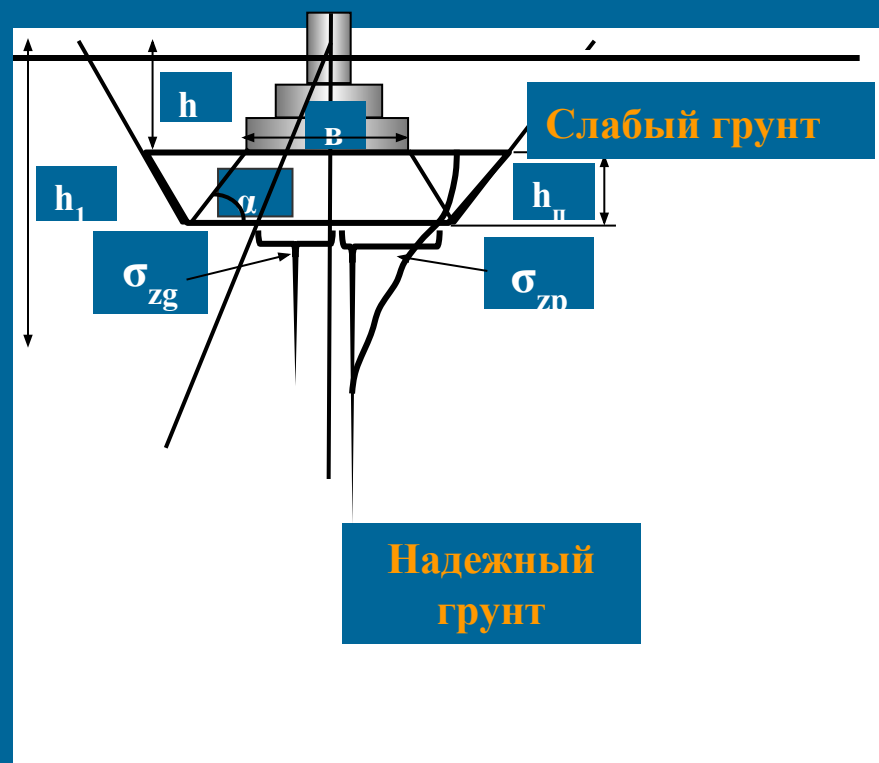


Рис. 3. Расчетная схема к определению размеров песчаной подушки

*Условие (1) позволяет запроектировать песчаную подушку, используя метод последовательных приближений:*

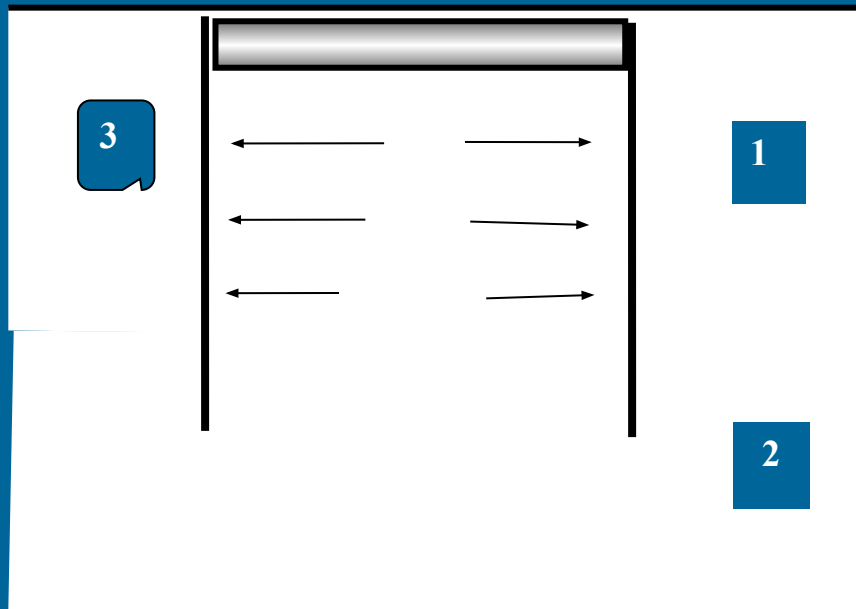
- Первоначально задаются высотой песчаной подушки ( $h_p$ ), исходя из геологических условий и планируемого производства работ.
- Строят эпюры природного и дополнительного (уплотняющего) давлений грунта.
- Вычисляют  $R_{сл.}$  – расчетное сопротивление слабого слоя грунта в уровне низа подушки от условного фундамента. Ширина подошвы условного фундамента определяется исходя из угла  $\alpha$  – рассеивания напряжений .
- Проверяется условие (1). В случае выполнения данного условия, проектирование песчаной подушки считается выполнено верно. В противном случае - производится перепроектирование песчаной подушки, которое заключается, прежде всего, в изменении ее высоты.



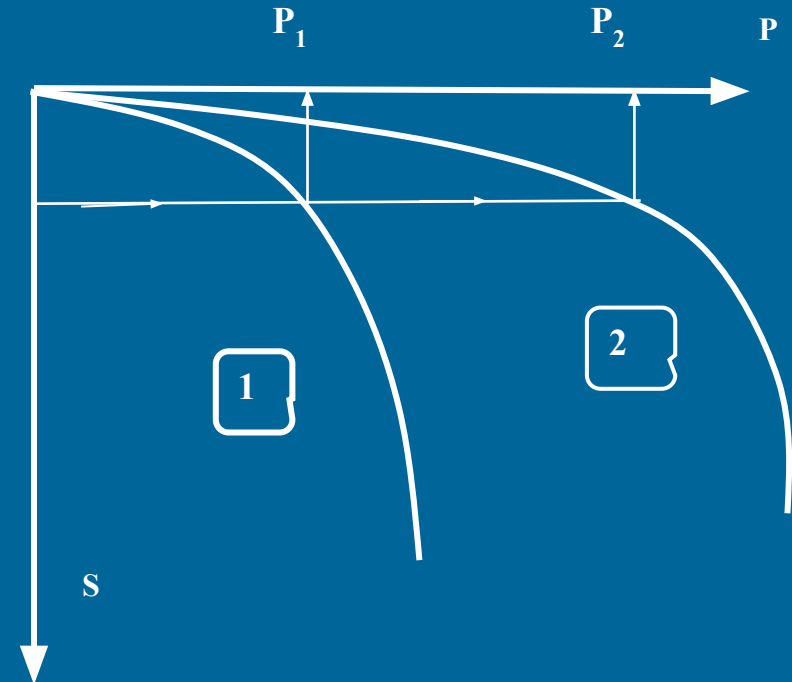


# Шпунтовое ограждение. Взятие грунта в обойму

мероприятие предназначено для исключения возможности выпора слабого слоя грунта из-под подошвы фундаментной плиты. В этом случае по периметру фундаментной плиты выполняется сплошная шпунтовая стенка, воспринимающая боковое давление грунта.



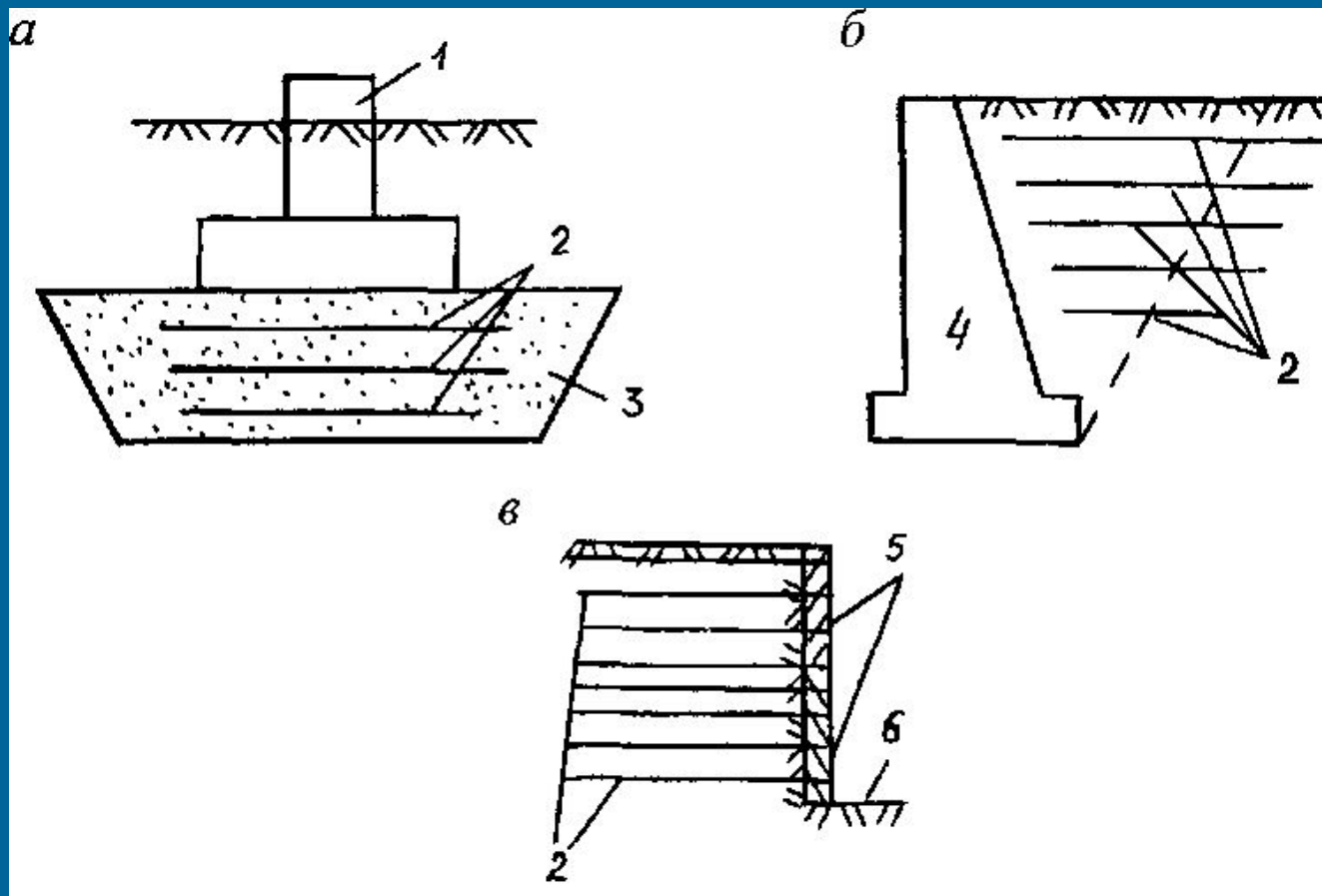
- Рис. 4. Схема конструктивного усиления основания с использованием шпунтовой обоймы
- 1 – Слабый грунт; 2 – Надежный грунт;
- 3 – Шпунт по периметру фундаментной плиты.



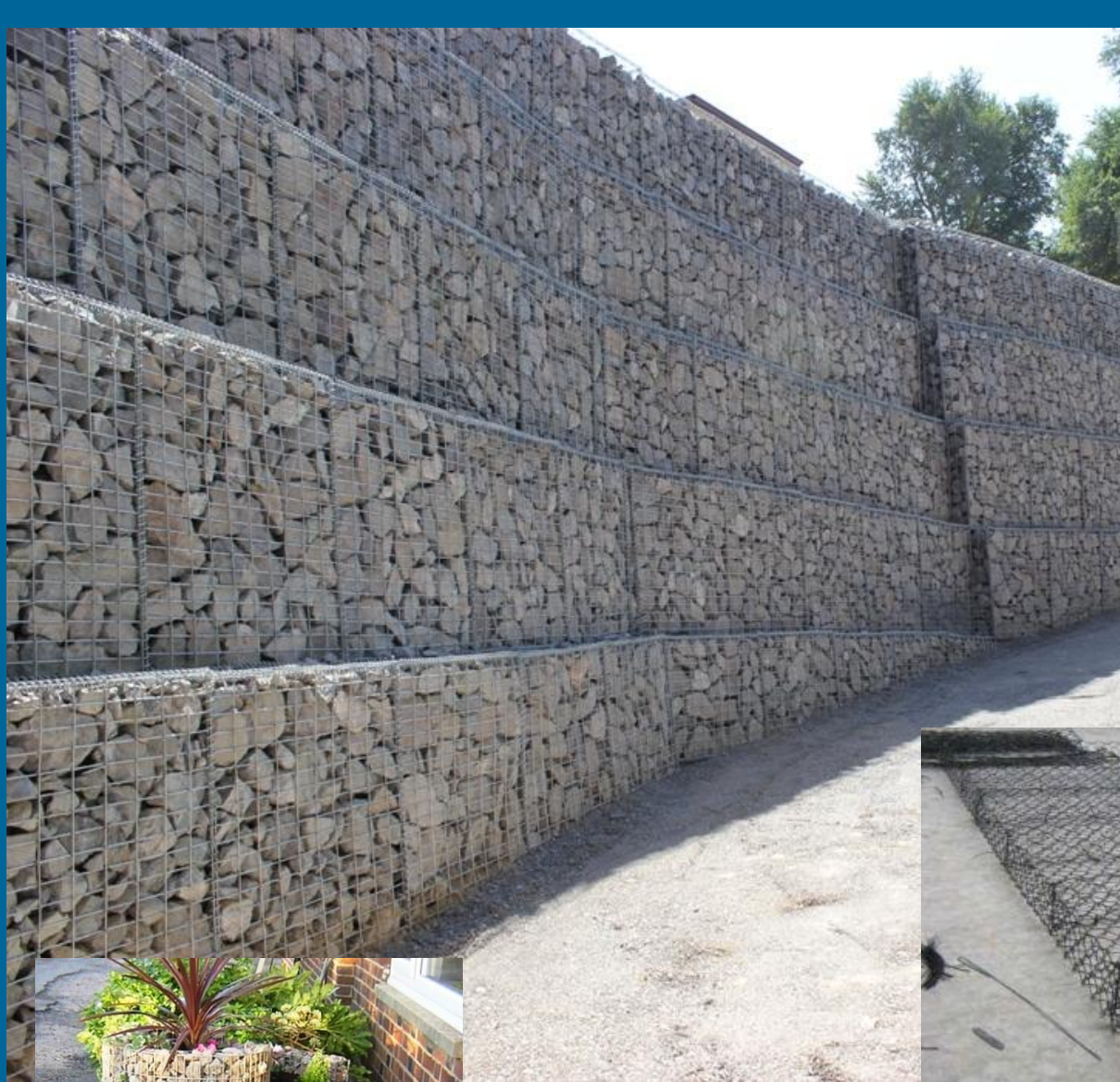
- Рис. 5. График изменения несущей способности основания в зависимости от условий его работы
- 1 –  $S = S(P)$  до усиления; 2 -  $S = S(P)$  после устройства шпунтового ограждения.



# Армирование грунта



а - в искусственном основании; б- в засыпке у подпорной стенки;  
в - в стене котлована; 1- фундамент; 2 - армирующие элементы;  
3 - песчаная подушка; 4 - подпорная стенка; 5 - сборная облицовка;  
6 - дно котлована



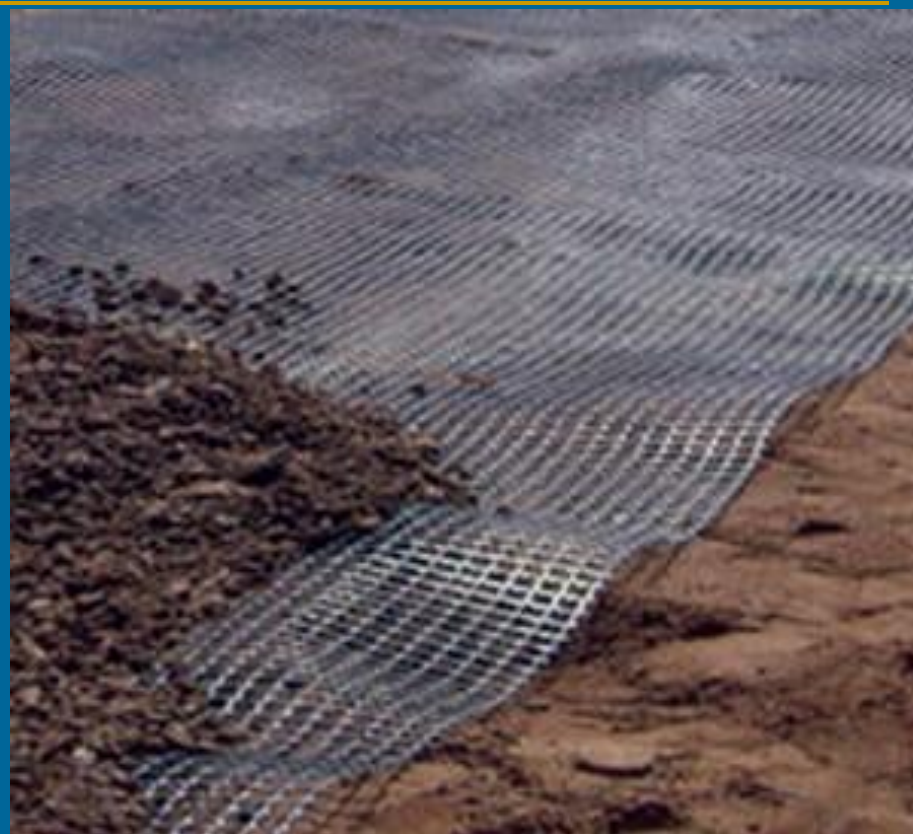
**Армирование грунтов  
габионными конструкциями**



# Армирование грунтов геомембраной (геосеткой)







***Армирование грунтов  
композитной стеклопластиковой арматурой***





**Армирование  
грунтов  
армогрунтовыми  
конструкциями**



# *Механические методы (уплотнение грунтов)*

**1. Поверхностное уплотнение грунтов – может производиться укаткой, трамбованием и вибрационным воздействием. Для этого используются катки, тяжелые трамбовки, сбрасываемые обычно с высоты 5...10 м, и виброплиты.**

**Уплотнение грунта реализуется вследствие уменьшения объема пор.**



# Поверхностное уплотнение грунта катками





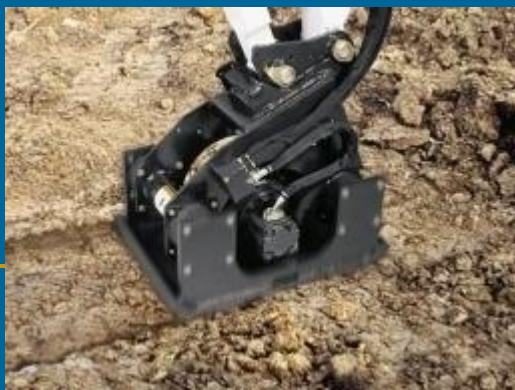


rtg-auto.ucoz.com





# Поверхностное уплотнение грунта легкими трамбовками

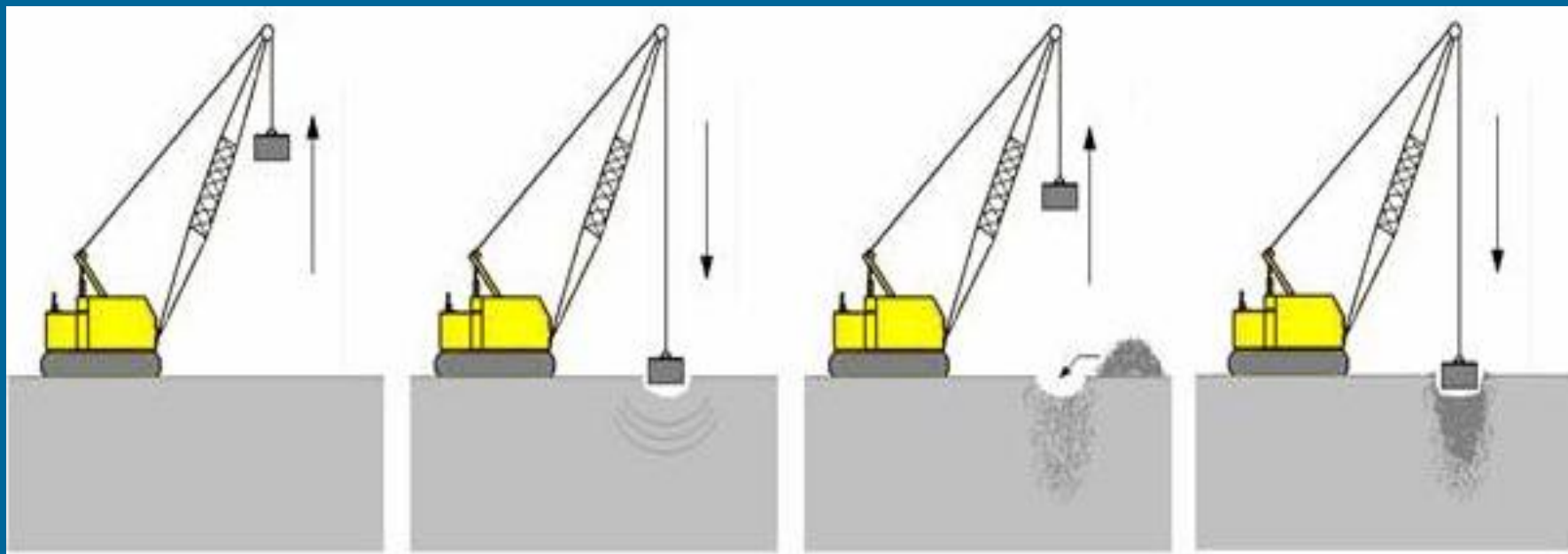




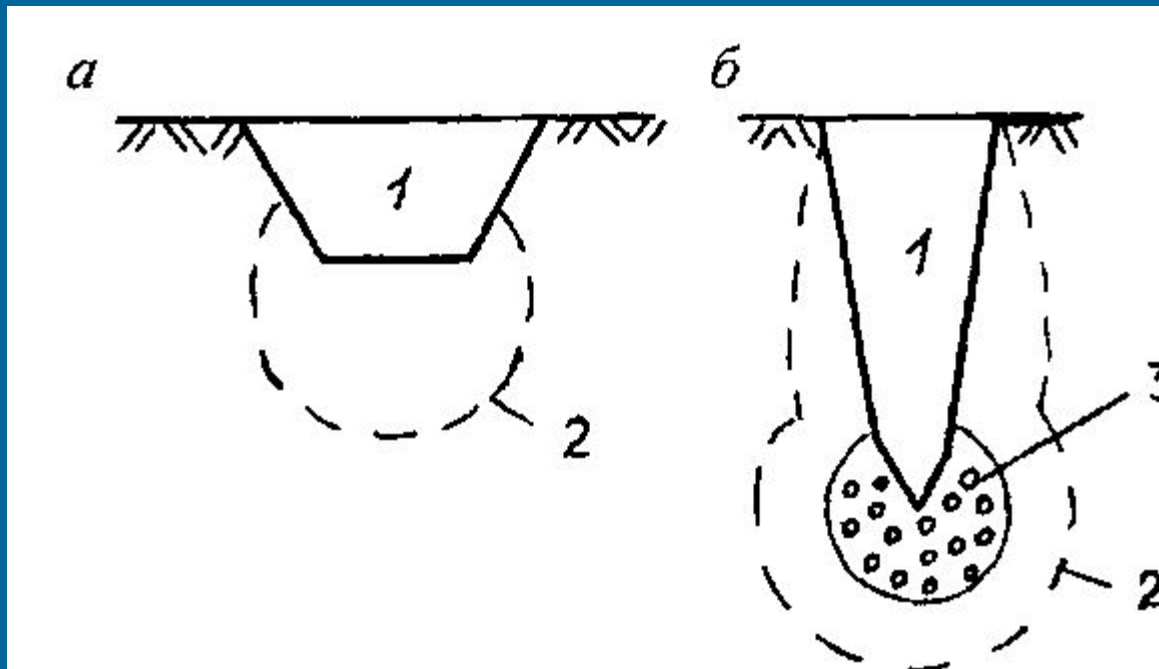
**Поверхностное уплотнение тяжелыми трамбовками применяется для сыпучих, а также лёссовых грунтов. Наибольший эффект уплотнения грунтов достигается при наличии в основании оптимальной влажности**



# *Вытрамбовывание котлованов под фундаменты*



*Уплотнение выполняется до снижения оседания грунта. Диаметр и форма котлованов в результате зависит от веса и размеров груза, а также от грунтовых условий.*



Фундаменты в вытрамбованных котлованах: а - с плоской подошвой;  
б - с конической подошвой и втрамбовыванием щебня в грунт:  
1 - фундамент;  
2 - зона уплотненного грунта; 3 - втрамбованный щебень



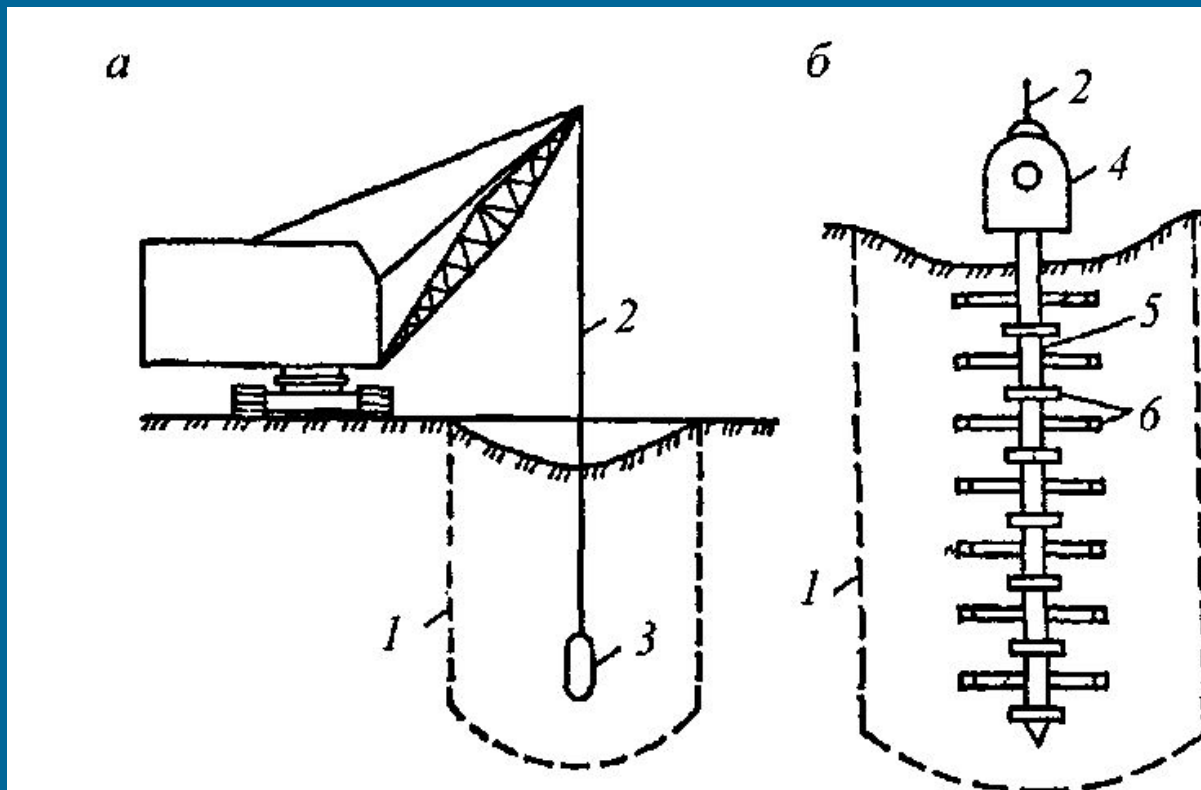


**Глубинное  
уплотнение грунта-**  
при надлежащем качестве  
работ глубинное уплотнение  
способно обеспечить высокую  
плотность и малую  
деформативность мощных  
толщ относительно слабых  
грунтов.



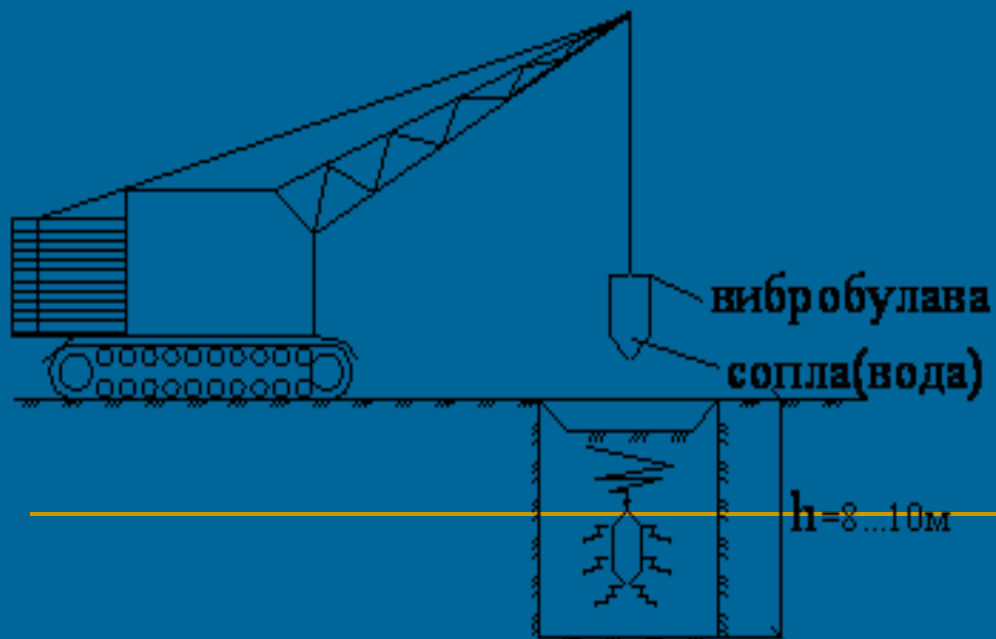
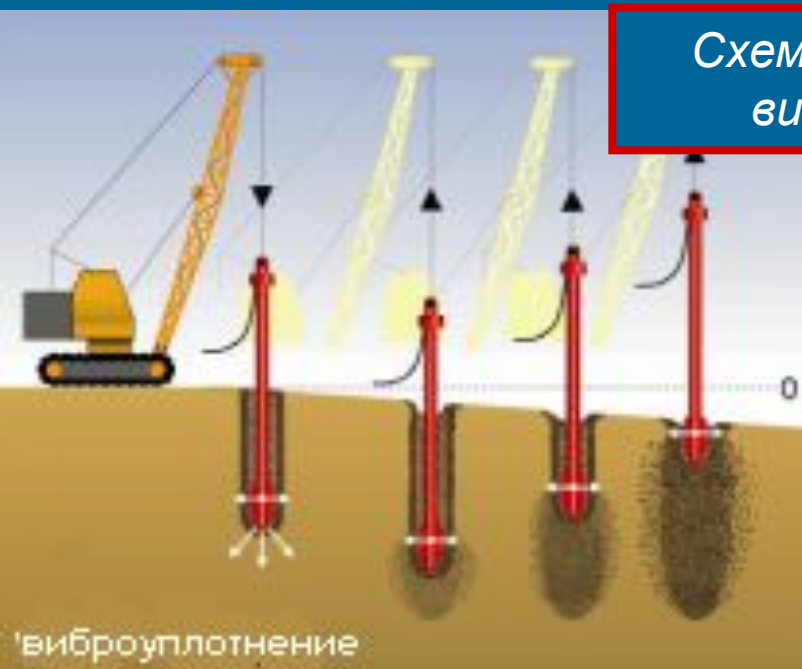


**Методы глубинного уплотнения для сыпучих и связных грунтов имеют отличия, обусловленные различной способностью реагировать на динамические воздействия.**

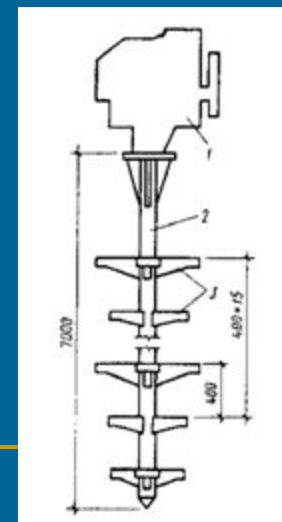


Уплотнение насыщенных водой песков вибрированием с помощью:  
а - глубинного вибратора; б - вибропогружателя с уплотнителем;  
1 - граница уплотнения; 2 - трос; 3 - вибратор; 4 - вибропогружатель;  
5 - стержень из трубы; 6 - приваренные планки Т-образной формы

# Схема уплотнения вибробулавой

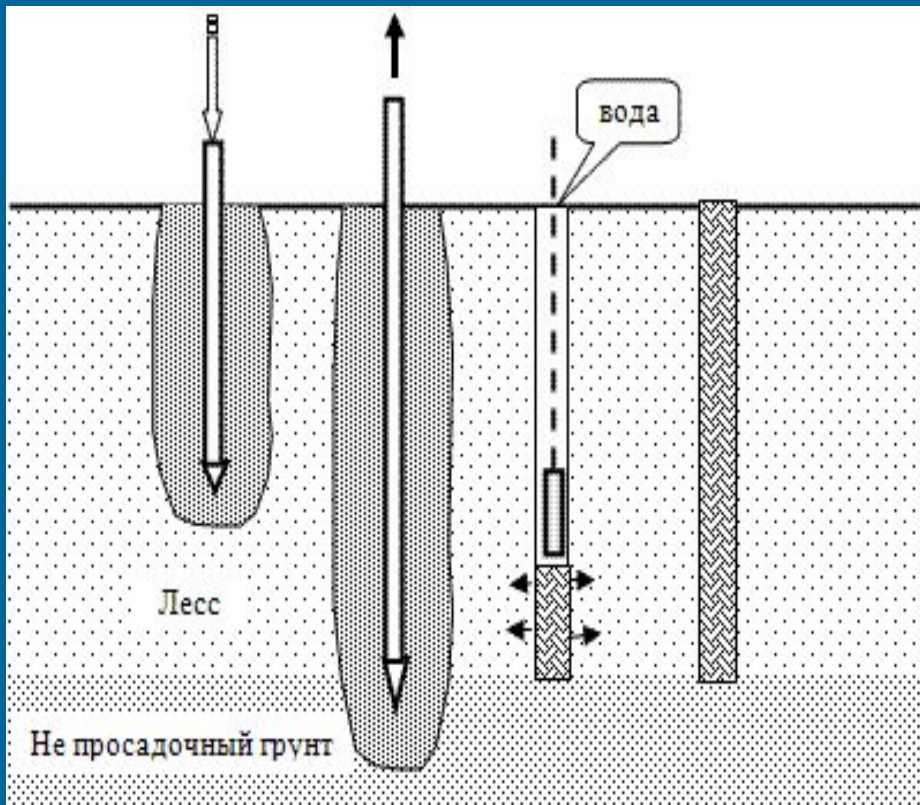


- Схема виброустановки  
ВУУП – 6:
- 1 – вибропогрузитель В – 401;
  - 2 – трубчатая штанга;
  - 3 – стальные ребра



# Глубинное уплотнение лёсса грунтовыми сваями

- **Технология изготовления грунтовых свай заключается в следующем :**

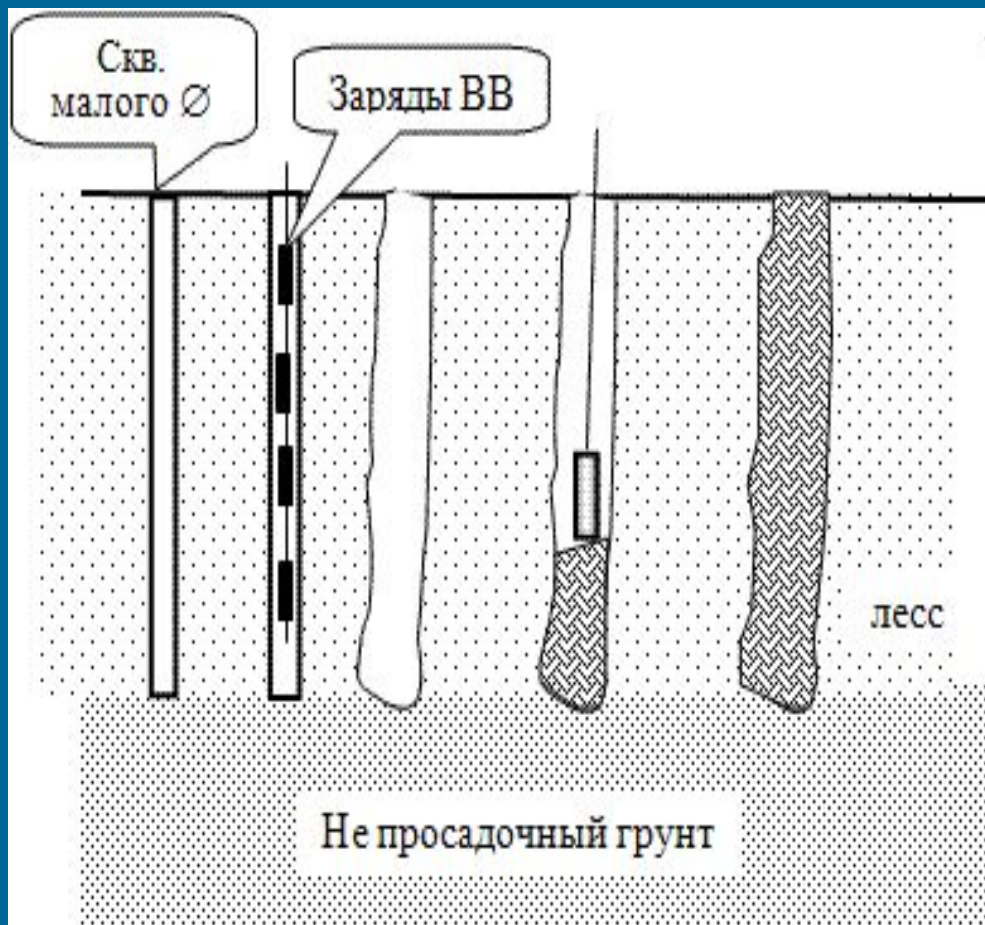


*Схема технологической последовательности выполнения грунтовых свай для уплотнения верхней толщи лёссового основания.*

- 1. С поверхности грунта забивают металлические сваи (трубы с закрытым концом) – происходит частичное уплотнение грунта и устранение просадочности лёсса, расположенного вдоль трубы.**
- 2. Трубы вынимают.**
- 3. В скважину трамбуется тот же (окружающий) грунт с небольшим количеством воды.**

*Поскольку длина трубы выбирается из условия проходки лёссовой просадочной толщи, то в результате мы получаем грунтовую свай, опирающуюся своим концом на непросадочный грунт.*

**Как вариант устройства грунтовых свай, может быть применён метод устройства полости в грунте с помощью взрывчатых веществ (ВВ)**



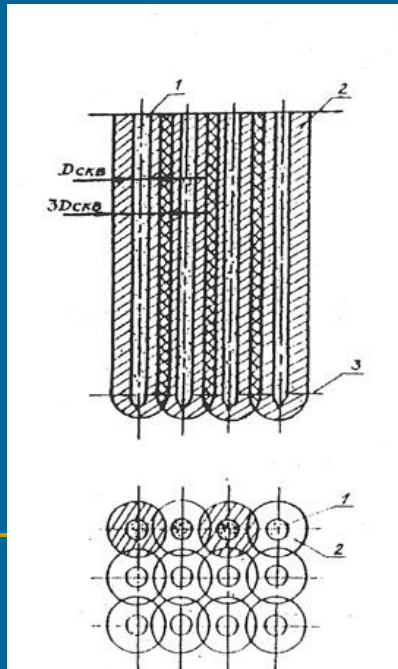
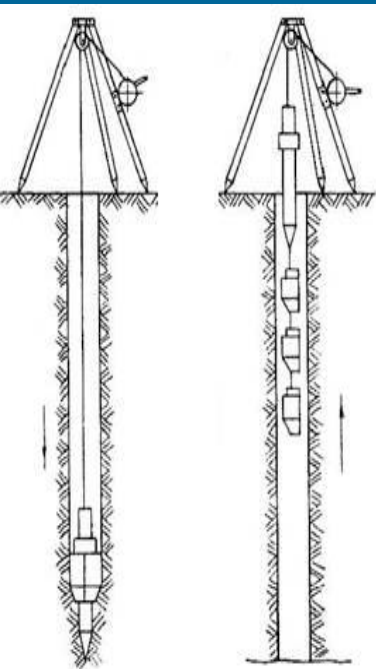
*Применение данного способа устройства свай (в целях снятия динамического воздействия от взрывов) возможно только на площадках удалённых от возведённых зданий.*

*Схема технологической последовательности выполнения грунтовых свай для уплотнения верхней толщи лёссового основания с использованием энергии взрыва.*

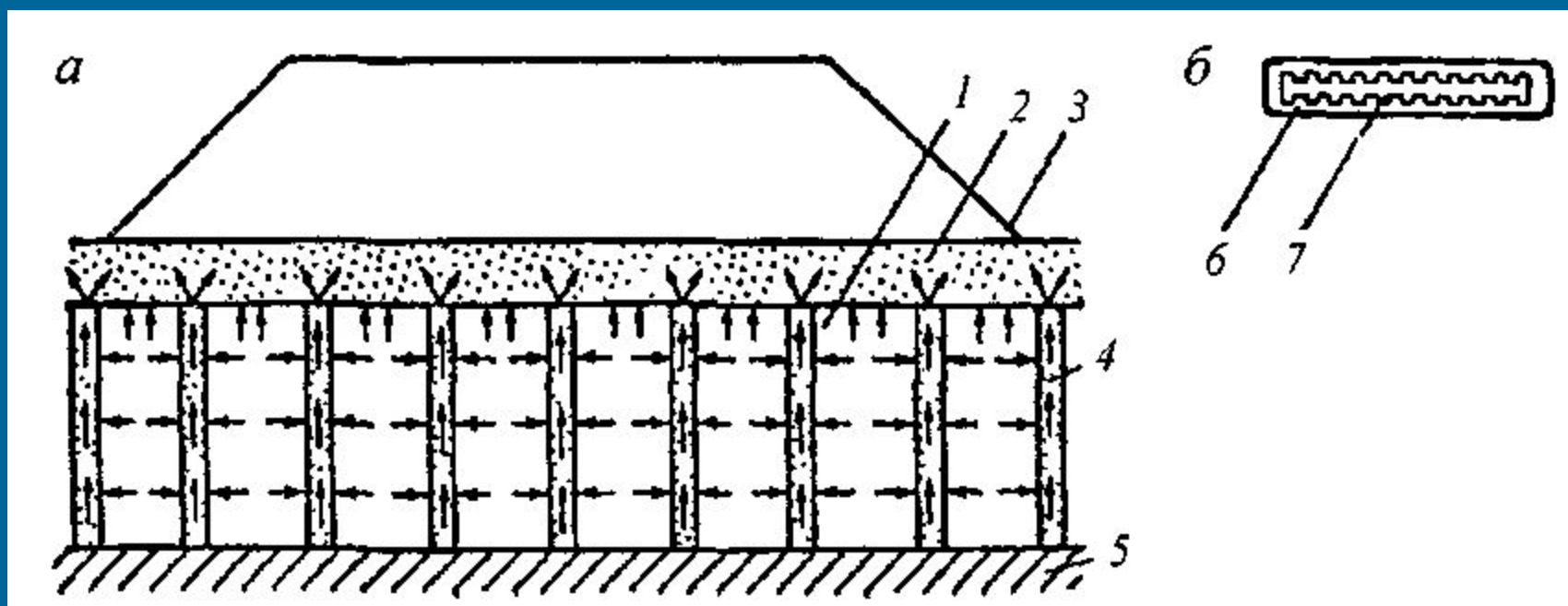




**Схема глубинного уплотнения грунтов пневмопробойниками: 1-скважина; 2-зона уплатнения; 3-нижняя граница слабого грунта; Дскв - диаметр скважины.**



# Уплотнение грунтов статической нагрузкой



- а) 1 - слабый грунт; 2 - пластовый дренаж; 3 - нагрузка в виде насыпи;  
4 - вертикальные дрены; 5 - плотный грунт;  
б) 6 - бумажный кожух;  
7 - пластмассовая лента (поперечное сечение)

*Физико-химические методы  
(закрепление грунтов)*

*Методы закрепления грунтов:  
силикатизация, цементация,  
закрепление карбомидными  
смолами, термическое и  
электрохимическое закрепление  
и т.д.*

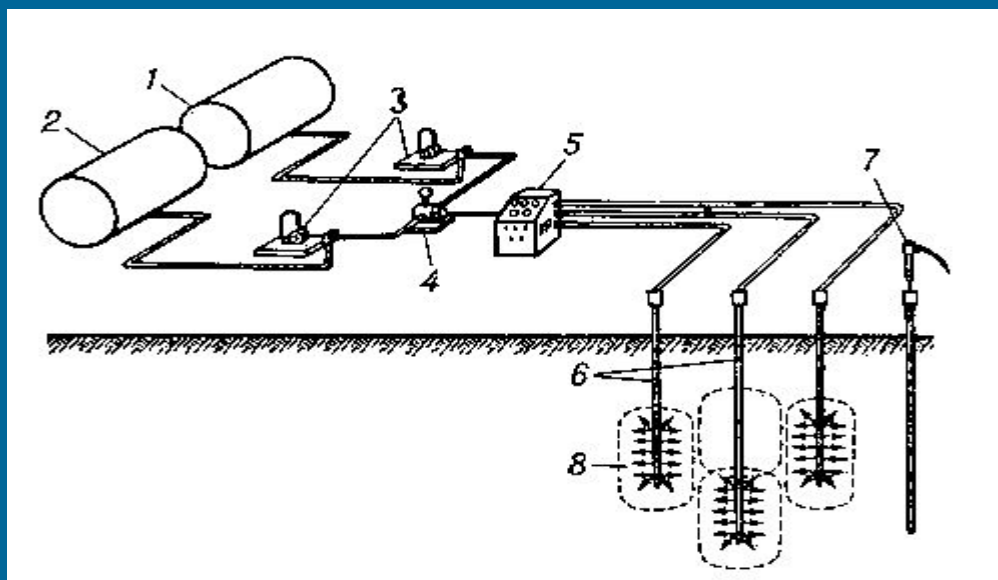


Схема установки для силикатизации грунтов: 1 — цистерна с крепителем; 2 — цистерна с кислотой; 3 — насос «НД»; 4 — смеситель; 5 — пульт управления с регистрирующей аппаратурой; 6 — иньектор; 7 — отбойный молоток для погружения иньектора в грунт; 8 — контур закрепления.

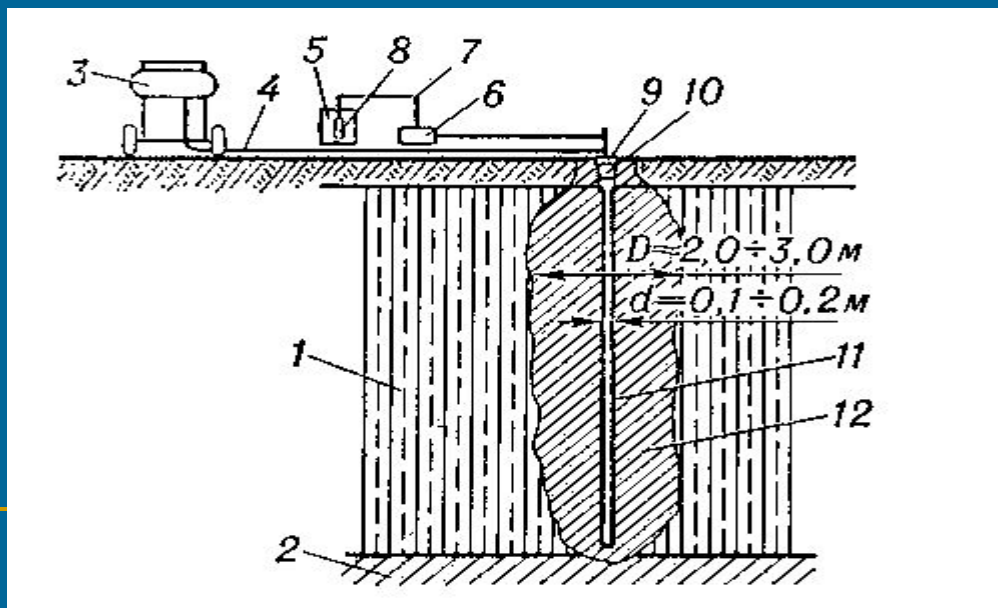
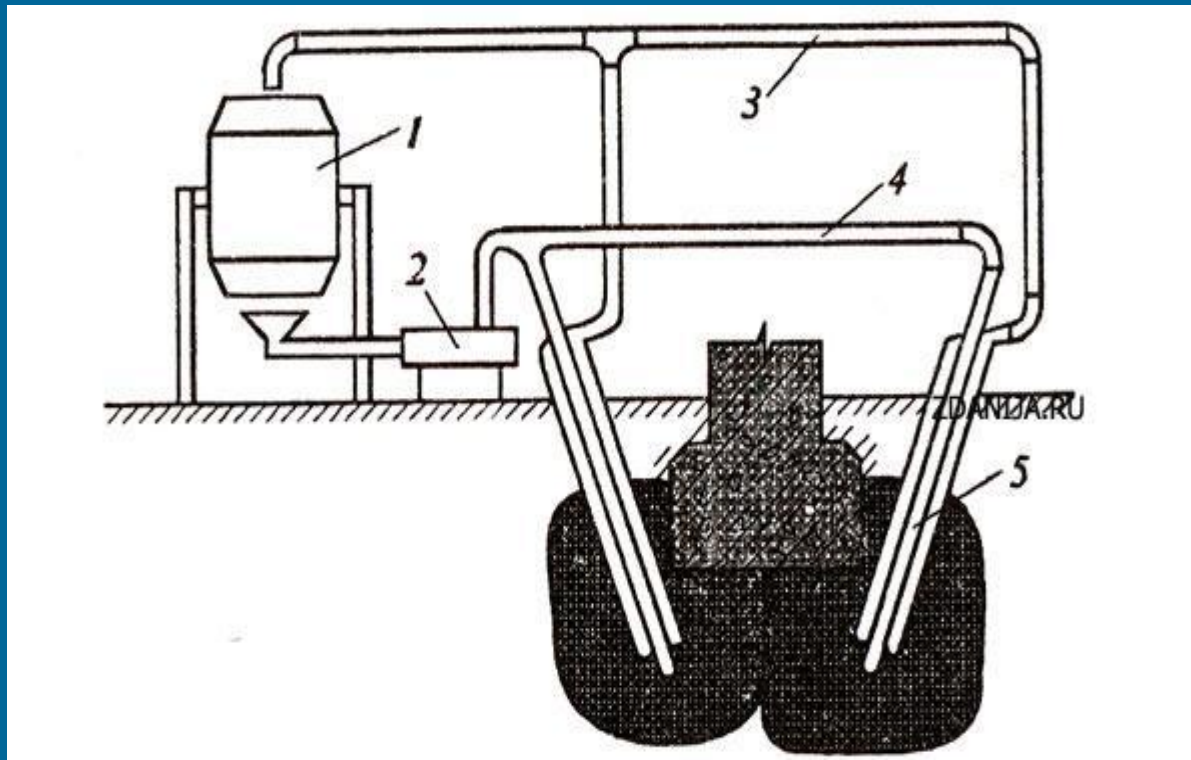


Схема установки для термического закрепления просадочных лёссовых грунтов сжиганием топлива непосредственно в скважине: 1 — просадочный грунт; 2 — непросадочный грунт; 3 — компрессор; 4 — трубопровод для холодного воздуха; 5 — ёмкость для жидкого горючего; 6 — насос для подачи горючего в скважину; 7 — трубопровод для горючего; 8 — фильтр; 9 — форсунка; 10 — затвор с камерой сгорания; 11 — скважина; 12 — зона термического закрепления грунта.



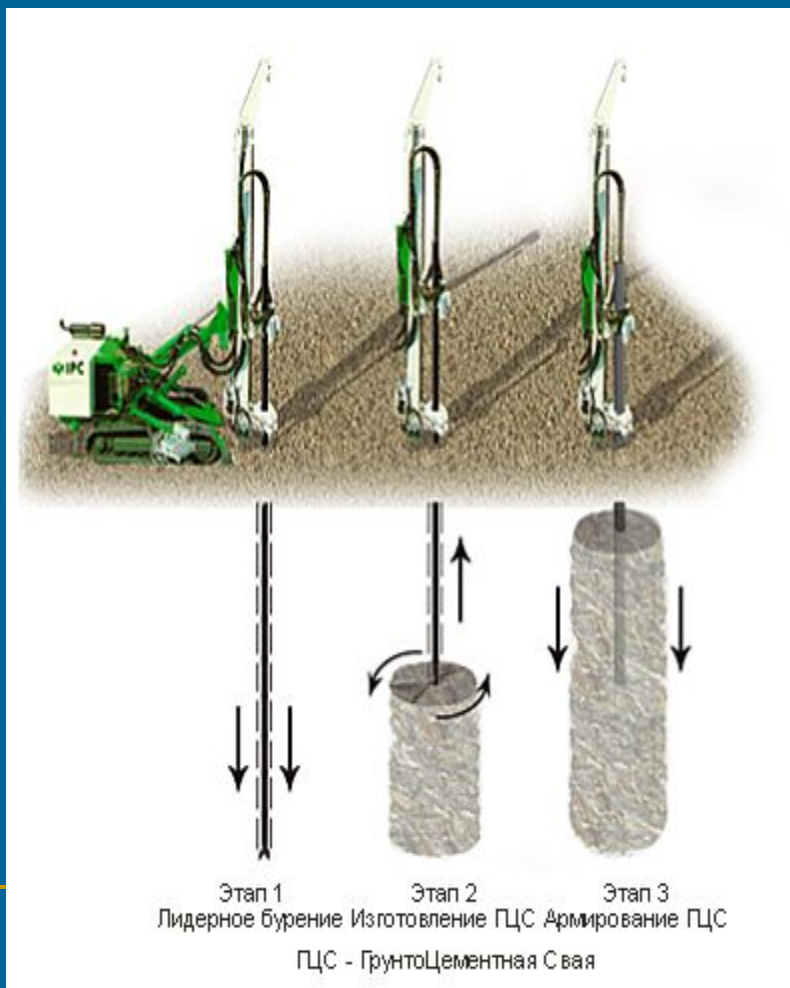
# Цементация грунта



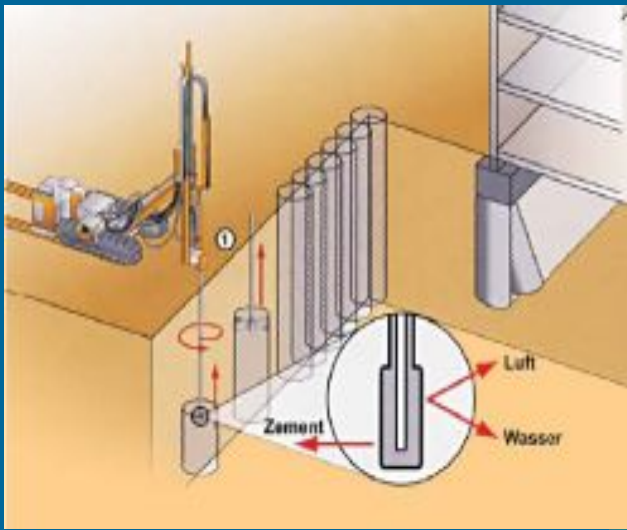
1 - растворомешалка; 2 - насос для подачи цемента; 3 - обратный трубопровод; 4 - напорный трубопровод; 5 - инъекторы  
Цементный раствор (В/Ц = 12:1... 6:1) нагнетают в грунт через инъекторы под давлением 0,3 ... 0,6 МН/м<sup>2</sup>.

# Струйная цементация

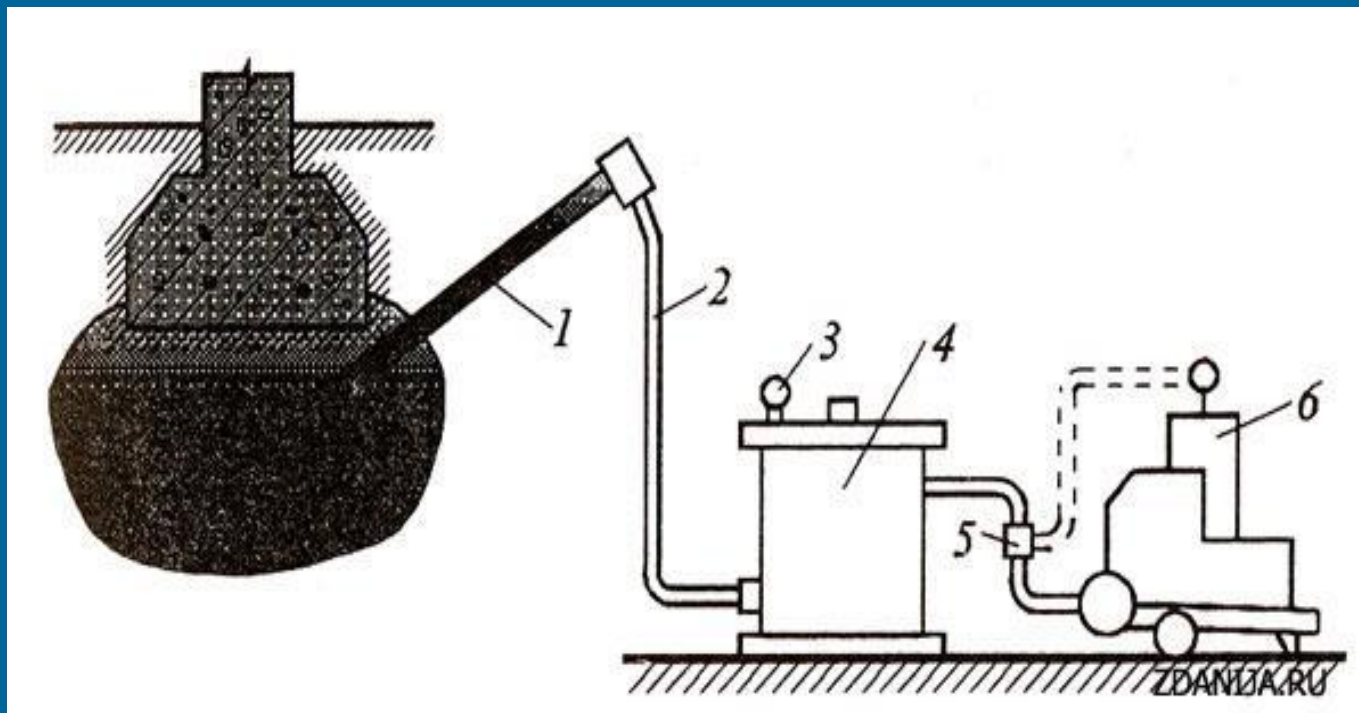
*технология, заключающаяся в использовании энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивания грунта с цементным раствором. После затвердевания раствора образуется новый материал — грунтобетон, обладающий высокими прочностными и деформационными характеристиками*







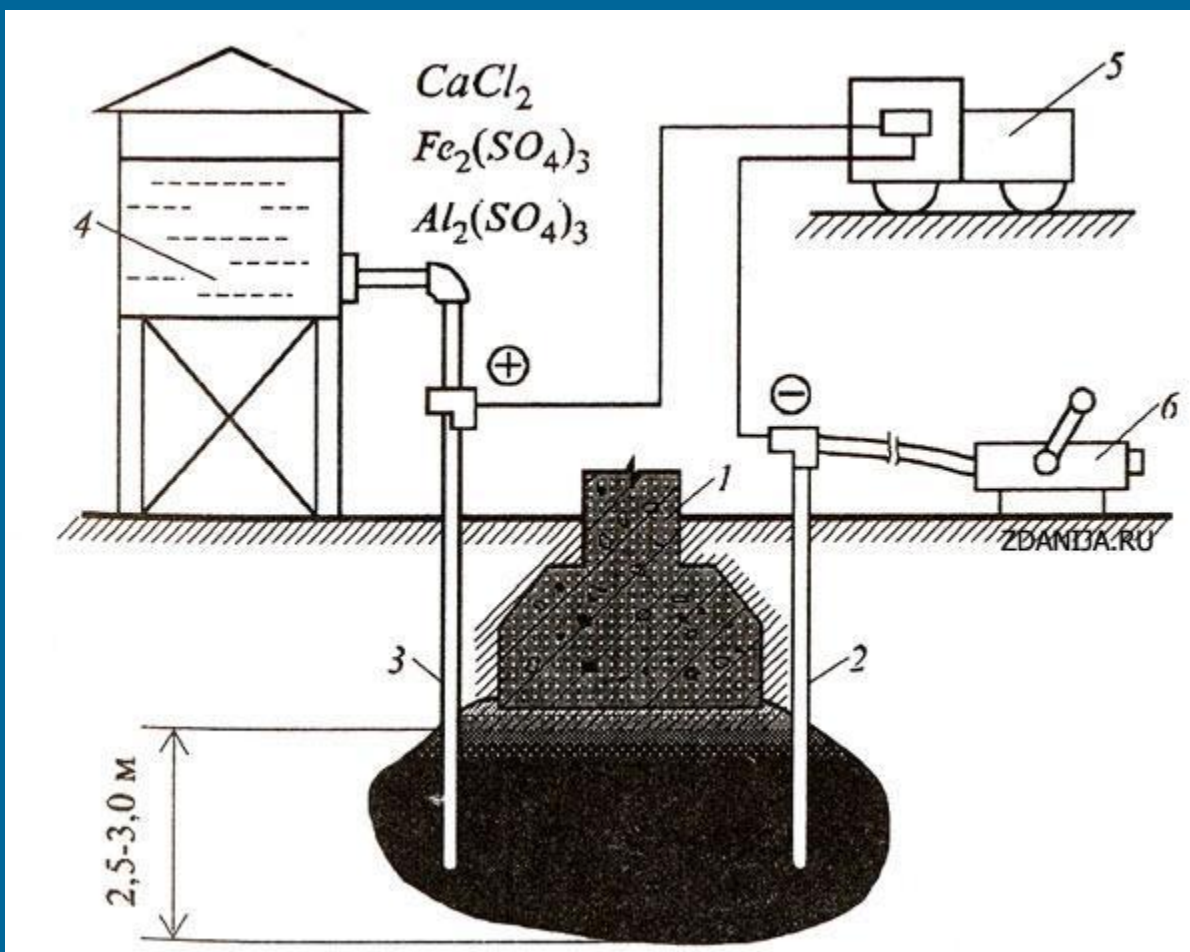
# Смолизация грунтов



1 — инъектор; 2-рабочий шланг; 3-манометр; 4-рабочий бачок; 5 - пробковый кран;  
6 - компрессор или баллон со сжатым воздухом



# Электрохимическое закрепление грунтов



1 - Фундамент; 2 - катод; 3 - анод; 4 - бак для раствора; 5 - генератор постоянного тока; 6 - насос для откачки воды из катода