

Укрепление грунтов оснований

Методы укрепления грунтов оснований

- Осушение
- Уплотнение
 - Поверхностное
 - Глубинное
- Закрепление
 - Инъектирование растворов
 - Физическое закрепление
(термическое, электроосмотическое)
- Армирование

- **Осушение**

- Защита от доступа воды с окружающей территории (канавы и кюветы, водоперехватывающие и отводящие лотки, дренажные траншеи или засыпки с отводящими дренажными трубами, противофильтрационные завесы и пр.)
- Отвод воды с территории объекта (кольцевые дренажи, дренажные завесы с самотечным отводом или принудительной откачкой, сеть откачных скважин и пр.)
- Понижение уровня грунтовых вод (пластовый дренаж с активной откачкой, водопонижающие скважины)

Поверхностное уплотнение грунтов

- Методы поверхностного уплотнения грунта
 - Укатка;
 - Вытрамбовывание;
 - Вибрирование
 - Комбинированное воздействие
 - виброукатка
 - виброуплотнение с пригрузом
- Оборудование
 - электрические трамбовки; самопередвигающиеся трамбовки; самопередвигающиеся виброплиты, подвешенные к крану; гидромолоты, навешенные на краны; пневмомолоты

Глубинное уплотнение грунтов

- **Сущность:**

- основан на погружении штампов, которые образуют скважины с вытеснением грунта радиально в стороны. При этом уплотняется грунт вокруг скважины. В отформованную скважину засыпают местный грунт или специальный грунт (песок, песчано-гравийную смесь, щебень) и скважину вновь отформовывают до тех пор, пока усредненная плотность грунтового массива не станет равной требуемой.

- **Методы**

- Забивка ударно-канатным способом;
- Вибрирование;
- Вдавливание свай грузом 30-68 т;
- Раскатывание скважин катками, эксцентрично установленными на штанге.

Оборудование для глубинного уплотнения грунтов



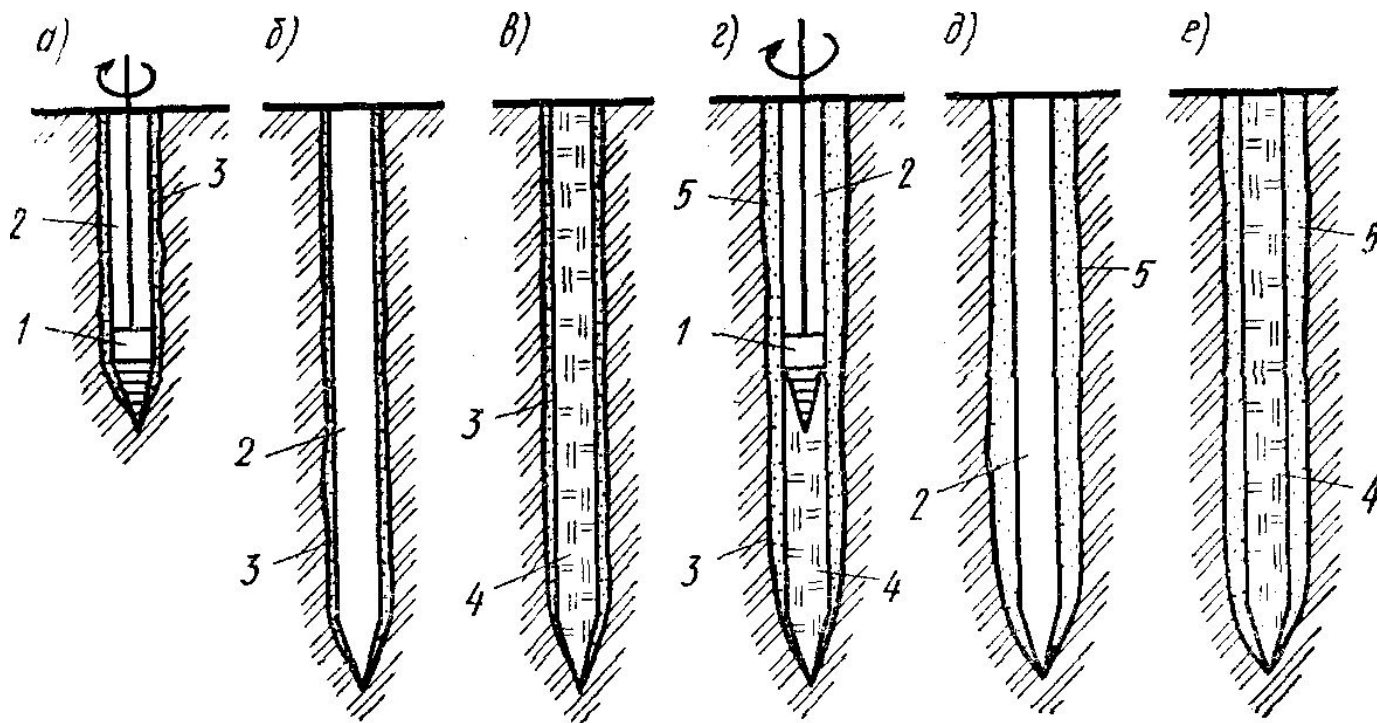
Показатели	Станок ударно-канатного бурения БС-1м	Навесное оборудование Б-8	Навесное оборудование ОН-15 с пневмопробойниками М-130, СО-134	Навесное оборудование СДГУ-1	Комплект оснастки с пневмопробойником ИП-46 4603А
Базовая машина	<u>Спец-шасси</u>	Трактор Т-100	Трактор Т-74	Экскаватор ЭО-3322Б	Тренога переносная
Рабочий орган: - диаметр, <u>см</u> - тип	до 60 Свободно падающий 18,0	60 Раскаты- вающего действия	23,5 Динамиче- ский	35,0 <u>Статико-Динами- ческий</u>	13...20 <u>Динами- ческий</u>
Глубина уплот- нения, <u>м</u>	18,0	3,5	8,0	4,6-6,0	8,0
<u>Произво- дительность</u> , <u>м³/ч</u>	35-40	12,0	4,5	24,0	2,5



Зависимость расстояния между скважинами от требуемого коэффициента уплотнения и диаметра оборудования

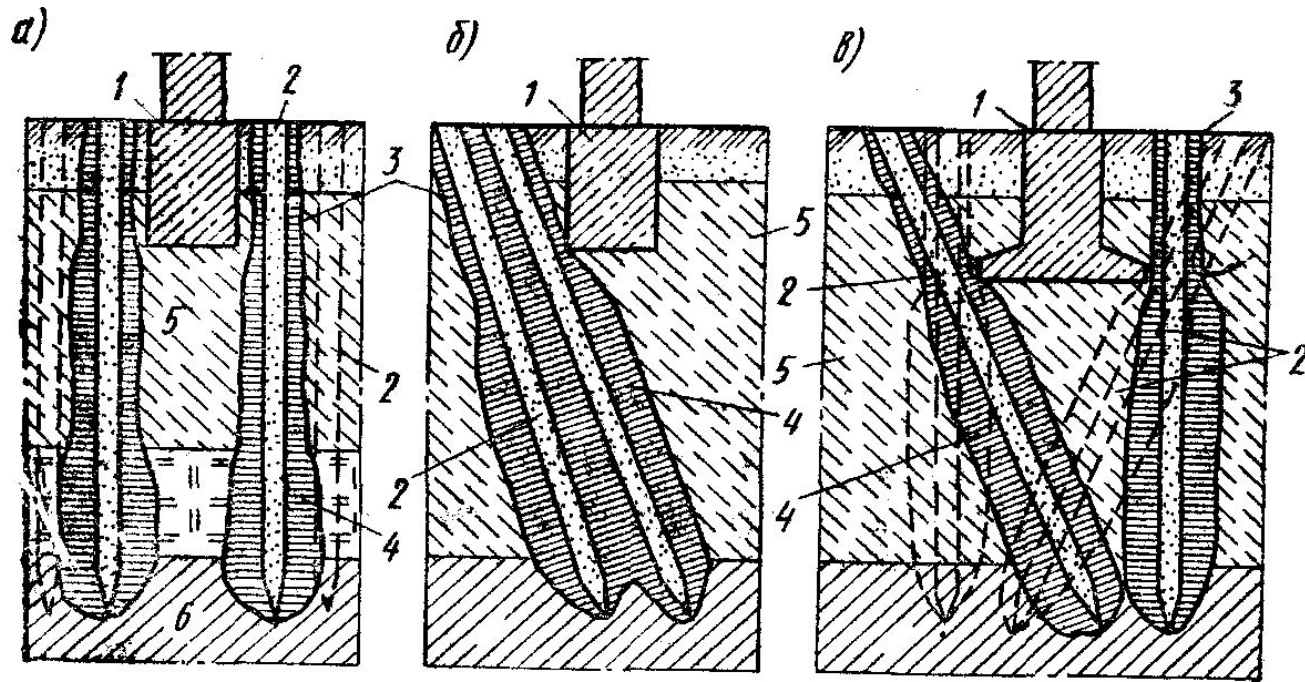
Тип и марка уплотняющих машин и механизмов	Диаметр уплотняющего рабочего органа, мм	Расстояние, мм, между осями скважин l при уплотнении глинистых грунтов при коэффициенте уплотнения K			
		0,98-0,97	0,96-0,95	0,94-0,93	0,92-0,91
<u>Пневмопробойник</u> ИП-4603	130	200	325	390	455
	170	340	340	510	595
	200	400	500	600	700
<u>Пневмопробойник</u> СО-134 (ПР-400)	152	305	280	455	530
	200	400	500	600	700
	240	480	600	720	840
Станки ударно- канатного бурения БС-1 м	270	540	625	810	945
	325	640	815	925	1135
	370	740	925	1100	1295

Глубинное упрочнение основания многократным проходом спиралевидного снаряда



- а и б - образование первичной скважины; в - заполнение первичной скважины засыпным материалом; г — вторичное прохождение снарядом скважины с засыпанным материалом; д - скважина после повторного прохождения снаряда; е - окончательное заполнение скважины засыпным материалом; 1 - спиралевидный снаряд; 2 - скважина; 3 — первичное уплотнение стенок; 4 - материал заполнения скважины; 5 — вторичное уплотнение стенок

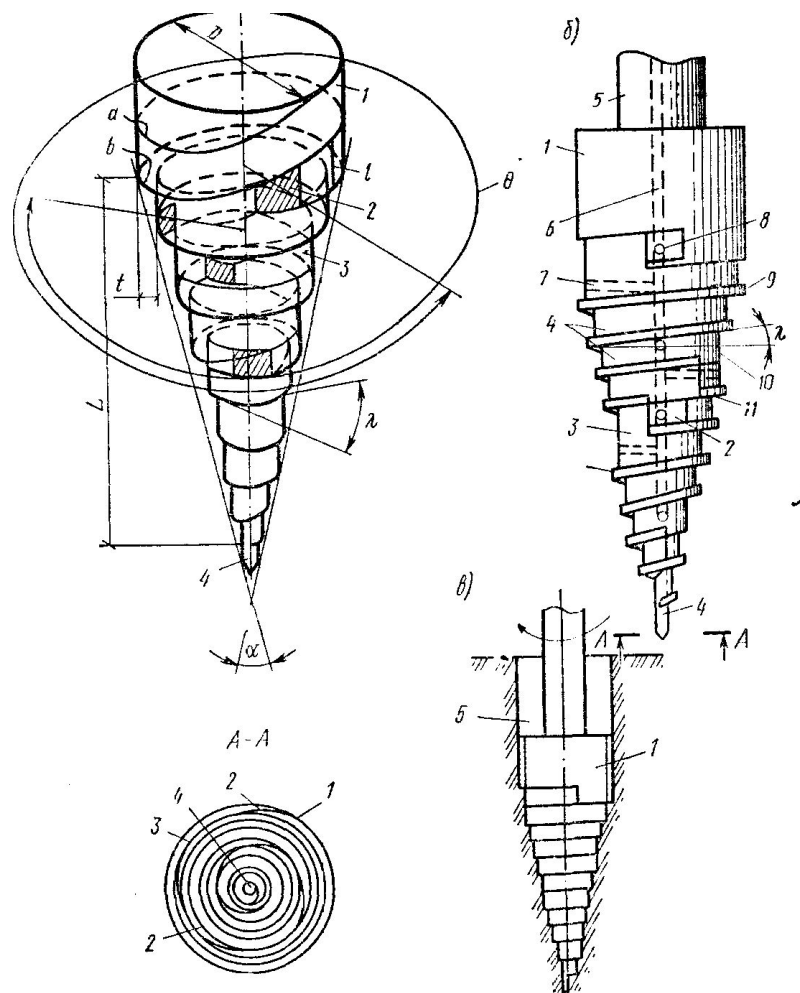
Глубинное уплотнение основания методом винтового продавливания скважин



а - с вертикальным расположением скважин; **б** — с наклонным расположением скважин; **в** - с комбинированным расположением скважин; **1** - существующий фундамент; **2** - грунтовая свая; **3** - уплотненная зона при одноразовом продавливании; **4** - то же, при многократном продавливании; **5** - слабый грунт; **6** - прочный грунт

Спиралевидный снаряд для устройства скважин винтовым продавливанием

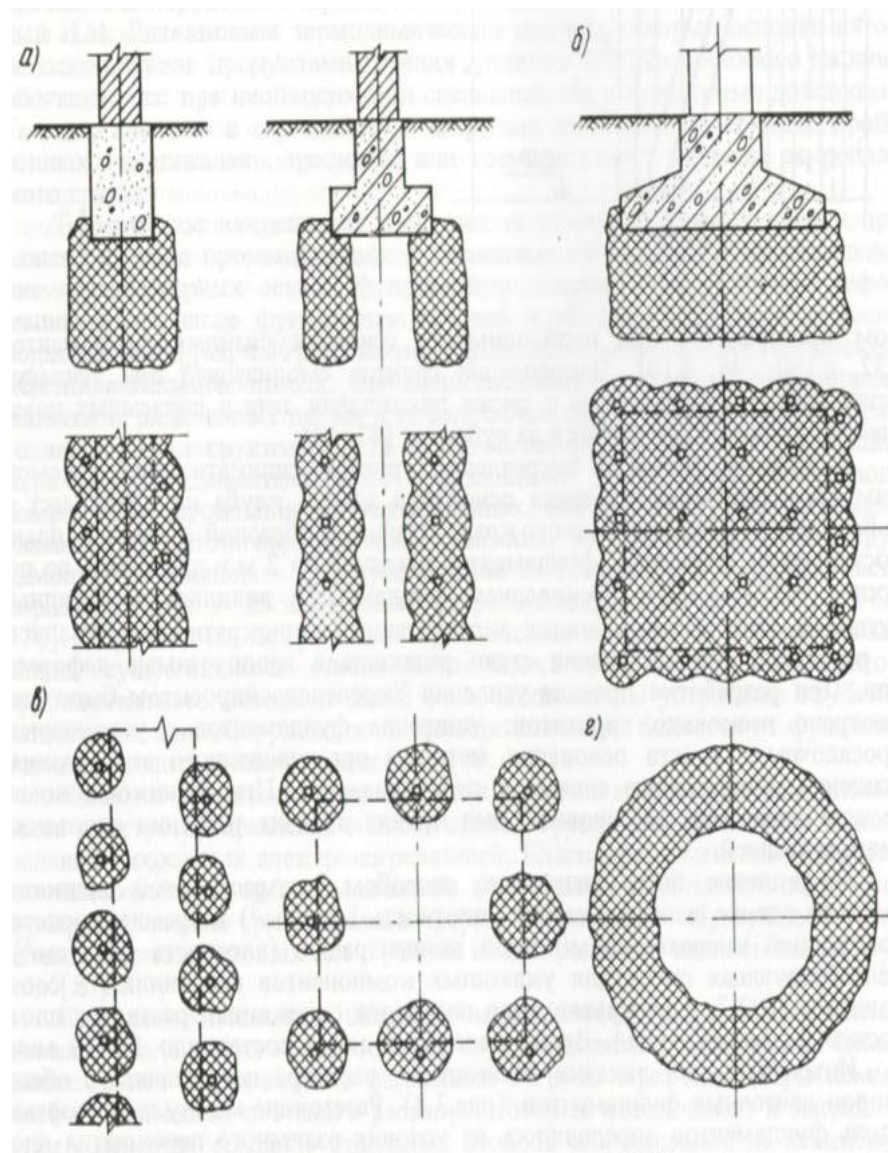
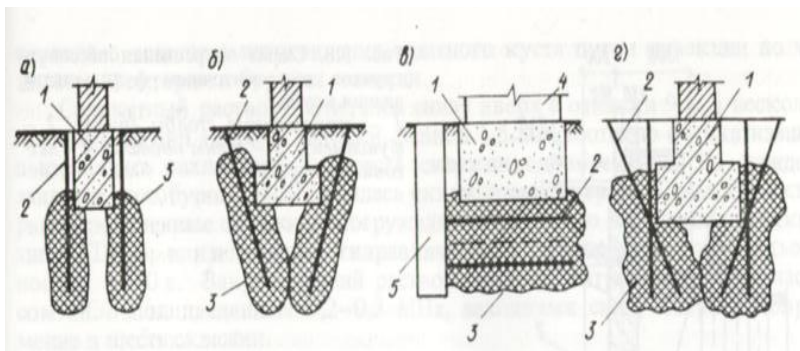
а - геометрия снаряда;
б - общий вид снаряда;
в - схема процесса устройства скважины;
1 - калибрующая часть;
2 - переходный рабочий участок;
3 - цилиндрические соосные участки;
4 - наконечник;
5 - штанга;
6, 7 - каналы;
8 - отверстие;
9 - лопасть;
10 - корпус; **11** - уступ



Инъекционные способы укрепления грунтов

- **Сущность:** через предварительно погруженные перфорированные трубы (инъекторы) в грунт под давлением нагнетаются маловязкие растворы, при смешивании которых с грунтом улучшаются механические свойства основания.
- **Химические способы** – растворы вступают в химическую реакцию с грунтом:
 - с использованием неорганических соединений на основе силикатных растворов – *силикатизация*;
 - с использованием органических полимеров (акриловых, карбамидных, резорцино-формальдегидных, фурановых смол) – *смолизация*.
- **Механические способы** – растворы перемешиваются с грунтом не вступая в химическую реакцию – *цементация, глинизация, битумизация*.

- Схемы закрепления оснований: а – ленточная; б – сплошная; в – прерывистая (столбчатая); г – кольцевая
- Схемы возможного расположения инъекторов при закреплении оснований:
1 – фундамент; 2 – инъектор; 3 – зона закрепления; 4 – сооружение; 5 – шахта



Состав подготовительных работ

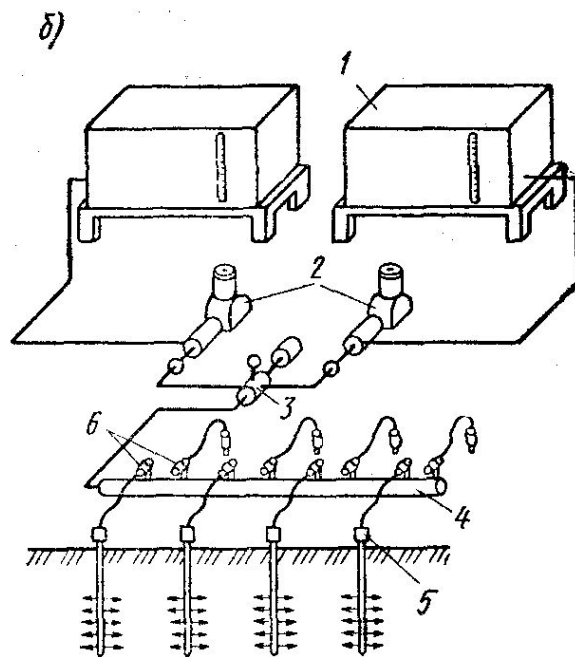
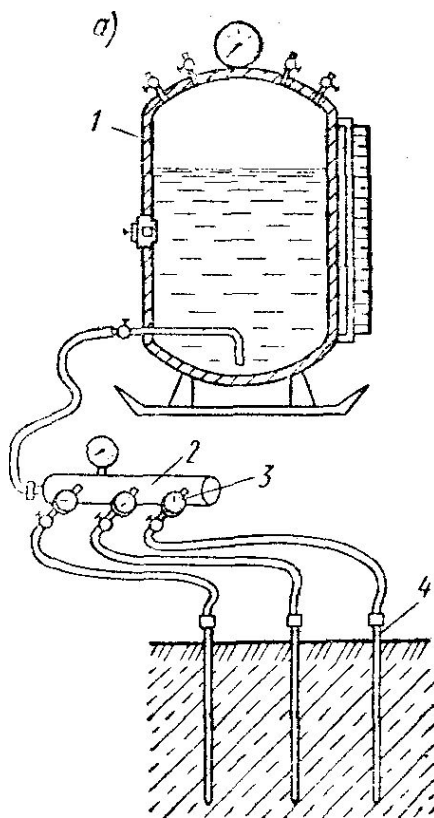
- Прокладка водоводов и сетей электроснабжения.
- Расчистка территории и планировочные работы.
- Устройство мест складирования материалов и (в случае необходимости) тепляков.
- Доставка оборудования.
- Монтаж коммуникаций и оборудования, включая оборудование для приготовления растворов.
- Разметка точек размещения инъекторов.

Работы начинают при наличии ППР и результатов опытного закрепления грунтов. В зимнее время в зоне закрепления должна поддерживаться температура не ниже 5 °С

Последовательность выполнения работ

1. Погружение в грунт иньекторов или проходка и оборудование специальных инъекционных скважин.
 2. Приготовление растворов для нагнетания.
 3. Нагнетание раствора (а в случае необходимости и газа) в грунт.
 4. Извлечение иньекторов из грунта.
 5. Тампонирование скважин.
 6. Промывка использованного оборудования.
- Погружение иньекторов производят забивкой или задавливанием. В отдельных случаях бурят лидирующие скважины. При закреплении грунтов под зданием или сооружением погружению иньекторов предшествует устройство буровых скважин в теле фундамента.
 - Погружение иньекторов с наклоном производят с применением направляющих кондукторов (шаблонов), что облегчает выдерживание необходимого угла наклона иньектора.

Схемы нагнетания раствора в грунт



а - с использованием бака: **1** - бак; **2** - распределитель; **3** - счетчик;
4 - иньектор;

б - с использованием дозирующих насосов: **1** - баки для раствора и отвердителя; **2** - дозирующие насосы; **3** - смеситель; **4** - распределительная колонка; **5** — иньектор; **6** — расходомер.

Электрохимическое закрепление грунтов

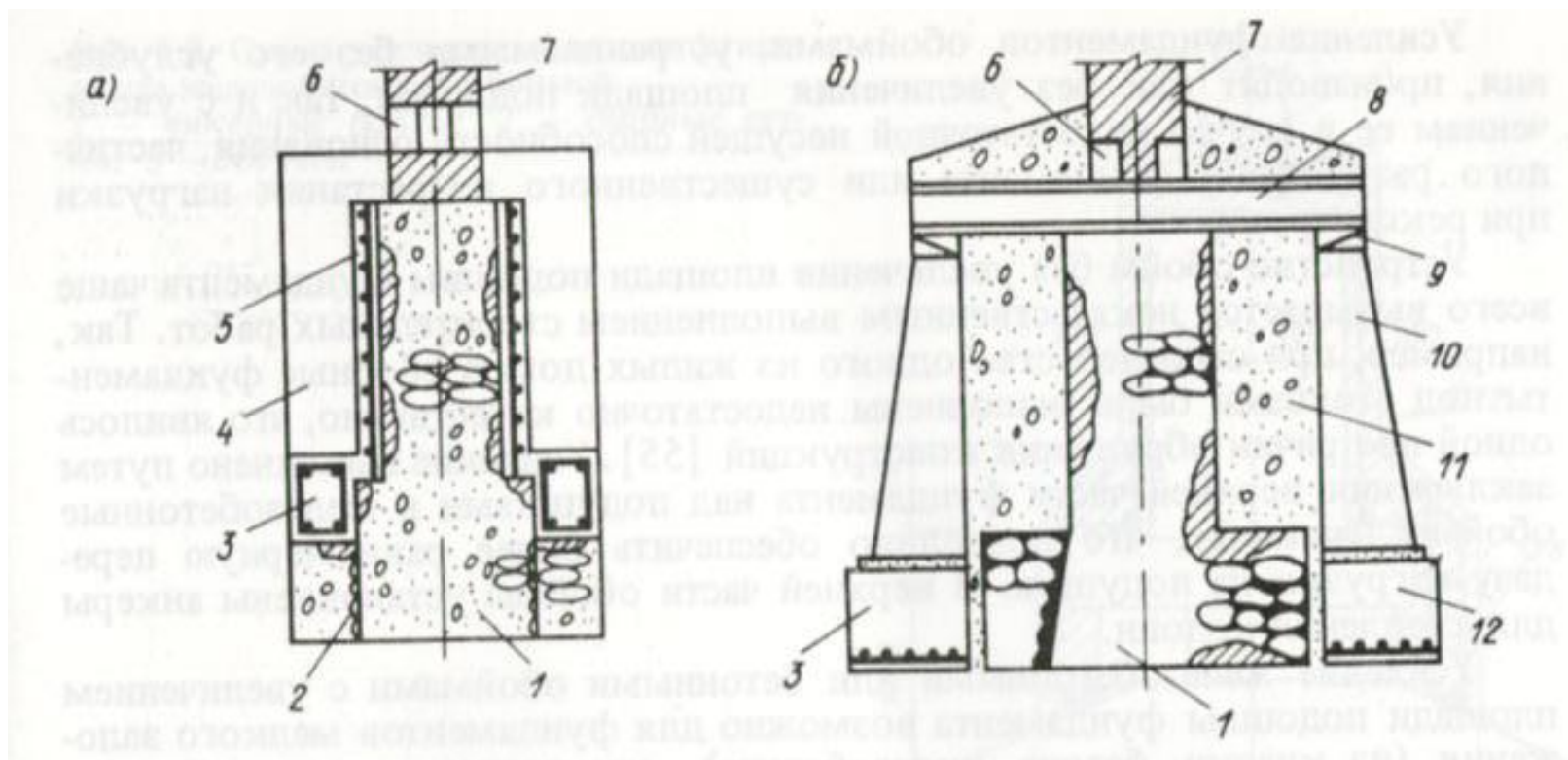
- Способ предусматривает комбинированное применение тока и химических растворов. Рекомендуется для закрепления в основном лессовых грунтов .
- Применение постоянного электрического тока путем размещения в закрепляемом массиве электродов позволяет закрепить лессовые грунты, в которые жидкое стекло проникает с трудом (коэффициент фильтрации менее 0,1 м/сут). Способ дает наилучшие результаты при влажности грунта свыше 18%.
- Для закрепления малопроницаемых грунтов (мелких песков, супесей) расход энергии составляет 40-100 кВт·ч на 1 м³ закрепляемого грунта. Напряжение тока 50-100 В; расстояние между электродами 0,5-1 м.

Усиление фундаментов мелкого заложения

Методы усиление фундаментов

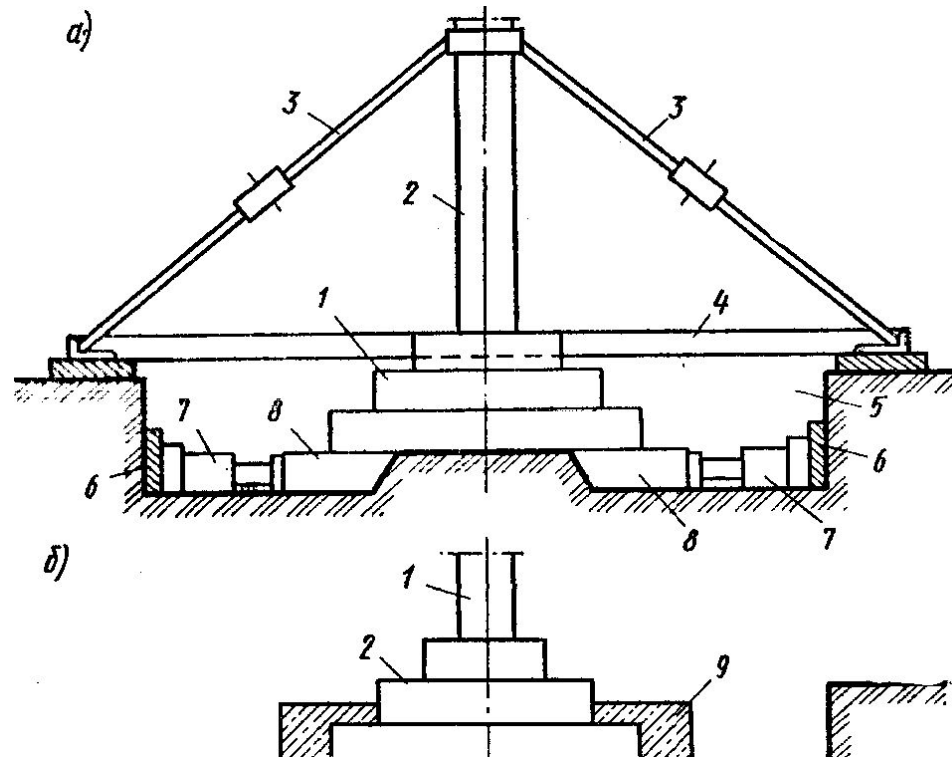
- Цементация пустот
- Частичная замена
- Устройство обойм
- Уширение подошвы
- Подведение дополнительных элементов (плит, стен)
- Подведение свай
- Устройство «стены в грунте»
- Изменение расчетной схемы (переустройство столбчатых фундаментов в ленточные, ленточных в плитные).
- Возвращение просевшего фундамента в первоначальное положение

Схема усиления кладки ленточного фундамента без уширения подошвы (а) и с уширением подошвы (б)



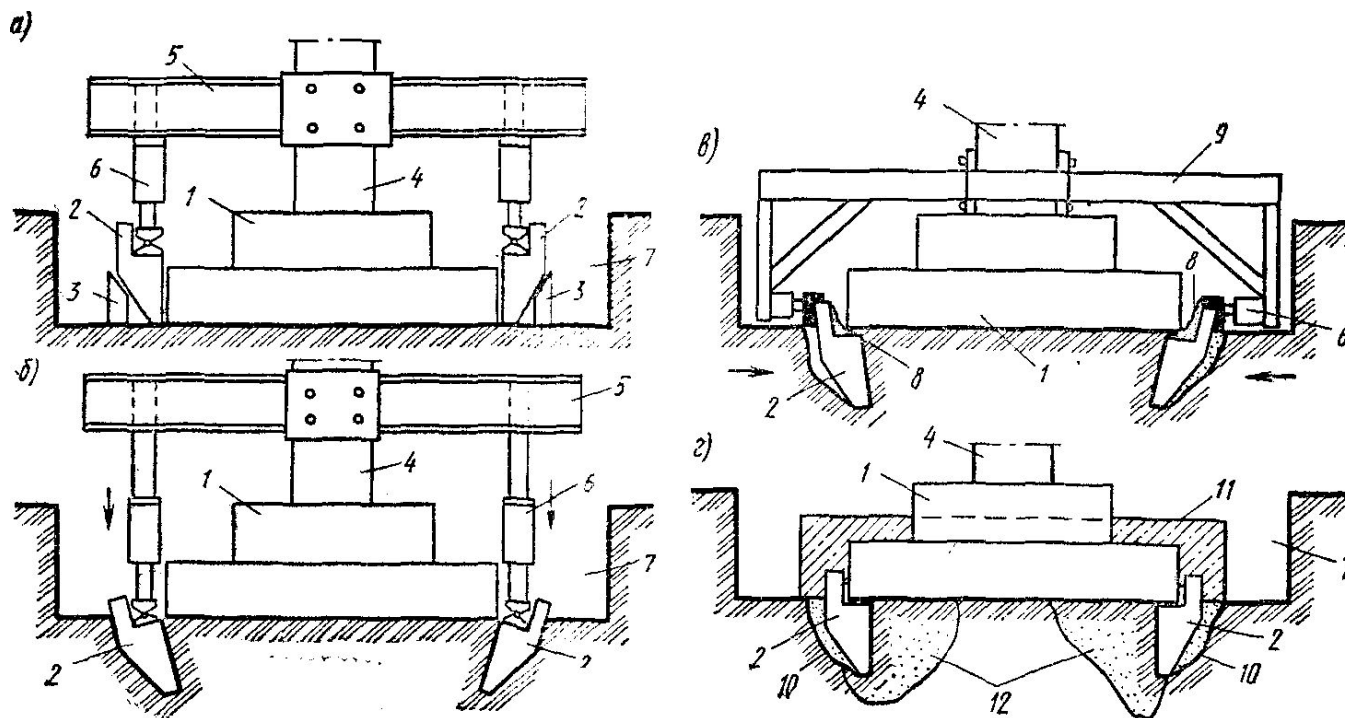
- 1 – фундамент; 2 – трещины в ступенях; 3 – продольная балка; 4 – контрфорс; 5 – рубашка; 6 – рандбалка; 7 – стена здания; 8 – стальной ригель; 9 – клин; 10 – стойка; 11 – монолитный бетон; 12 – плита

Усиление фундамента с обжатием основания элементами уширения



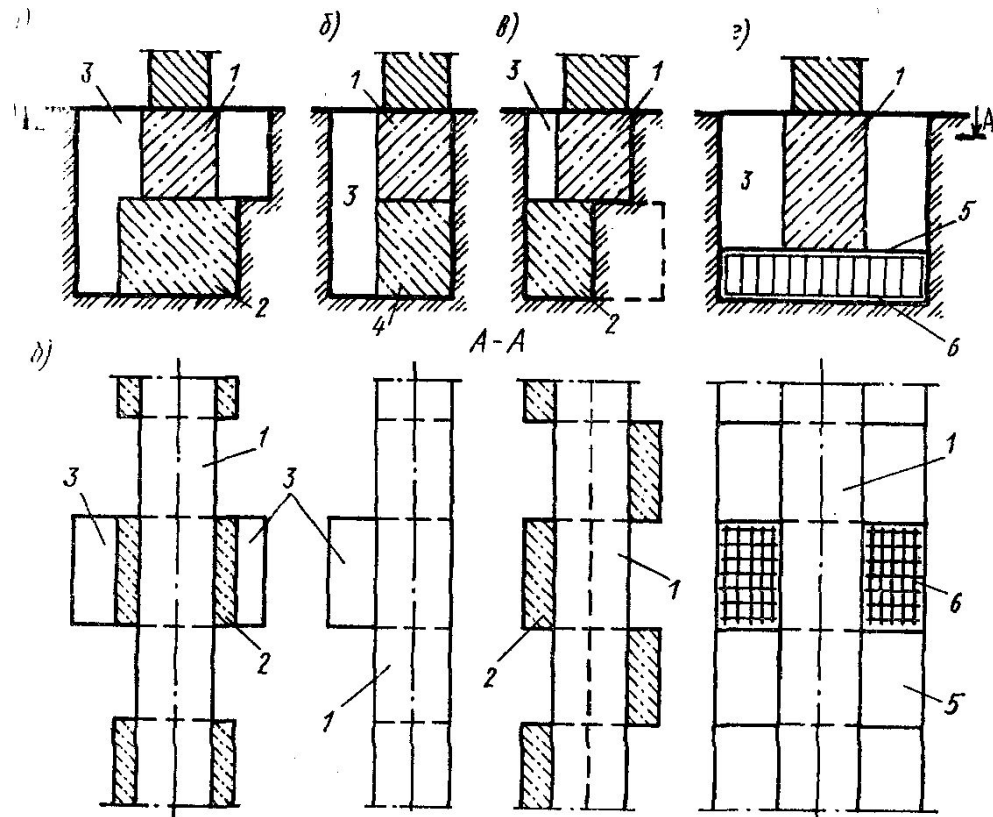
а - вдавливание элементов уширения под подошву фундамента; б - фундамент после уширения: 1 - существующий фундамент; 2 - колонна; 3 - подкосы; 4 - рама; 5 - котлован; 6 - упорная конструкция; 7 - домкрат; 8 - элементы уширения; 9 — железобетонная обойма; 10 — обжатое основание.

Усиление фундамента вдавливанием блоков с односторонним скосом



- а** - подготовка блоков к вдавливанию; **б** - вдавливание блоков с односторонним скосом в основание фундамента; **в** - заводка блоков с односторонним скосом под подошву фундамента; **г** - фундамент после усиления; **1** - существующий фундамент; **2** - блок с односторонним скосом; **3** - клинья; **4** - колонна; **5** - упорная конструкция; **6** - гидравлический домкрат; **7** - котлован; **8** - раствор; **9** - приспособление для горизонтального стягивания блоков; **10** – бетон; **11** - железобетонная обойма; **12** - обжатое основание

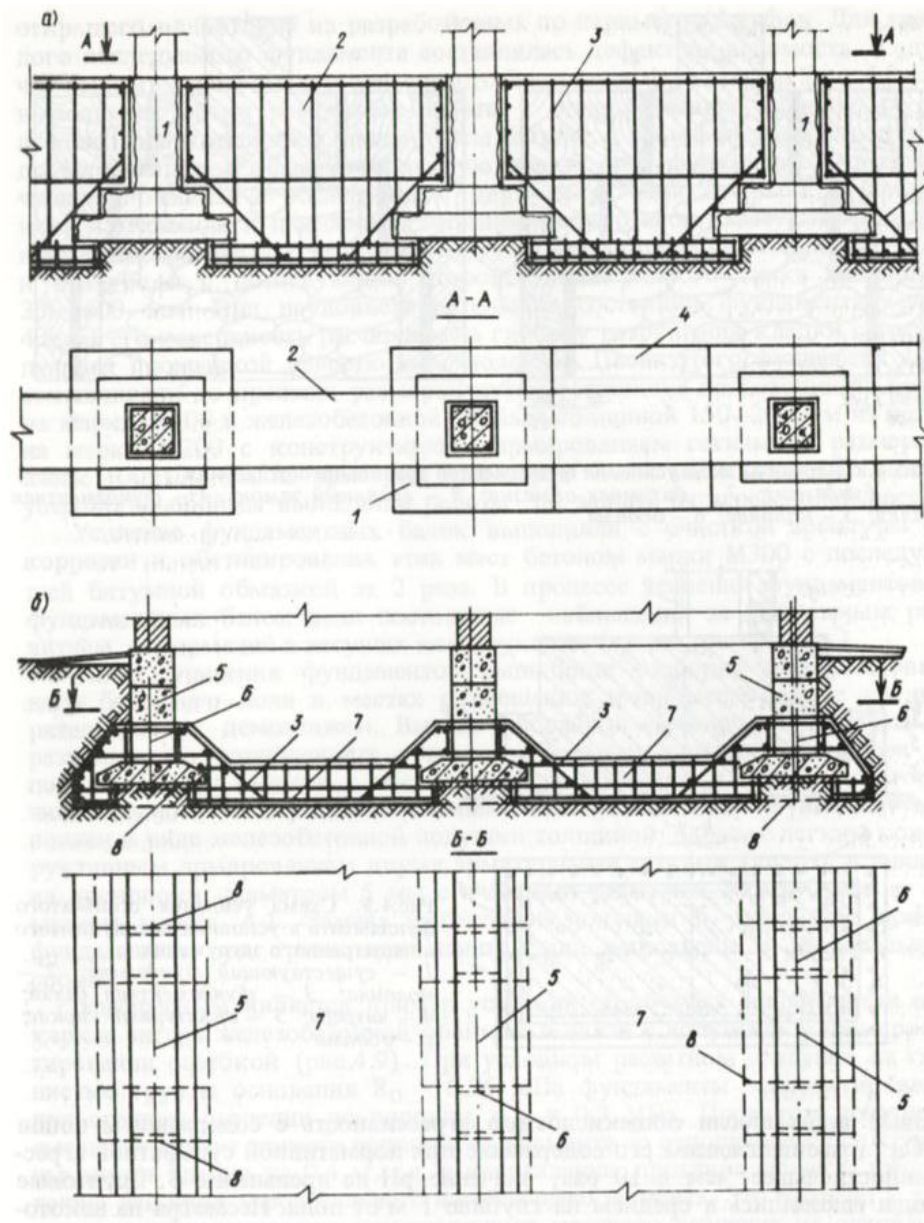
Способы подведения конструкций под фундаменты



а -отдельные столбы; **б** -сплошные стены; **в** - столбы с шахматным расположением; **г** - железобетонные плиты; **1** - фундамент; **2** - столб; **3** - шурф; **4** - сплошная стена; **5** - плита; **6** - арматурный каркас

Схемы переустройства столбчатых фундаментов в ленточные (а) и ленточных - в плитные (б)

- 1 – столбчатый фундамент;
 2 – железобетонная перемычка; 3 – арматурные каркасы; 4 – уширенная часть железобетонной перемычки;
 5 – ленточный фундамент; 6 – отверстия в ленточном фундаменте; 7 – подводимая плита; 8 – пропуски плиты под ленточным фундаментом

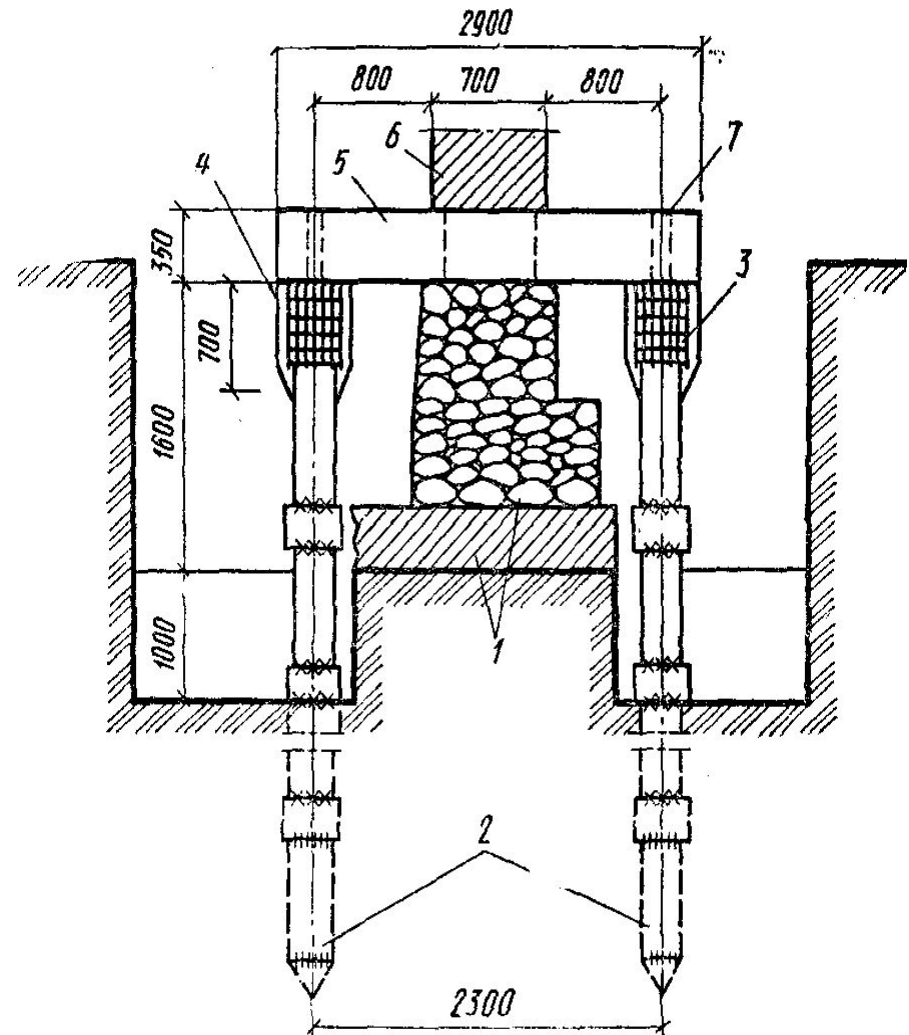


Способы усиления устройством свай

- Подведение свай под подошву фундамента
- Усиление вдавливаемыми сваями
- Пересадка на выносные сваи
- Усиление буронабивными сваями
- Усиление корневидными
буринъекционными сваями

Усиление ленточного фундамента с помощью выносных задавливаемых свай

- 1-существующий фундамент;
- 2 - металлические трубчатые сваи;
- 3 - арматурный каркас оголовка сваи;
- 4 - оголовок;
- 5 - железобетонная балка;
- 6 - стена;
- 7 - отверстия

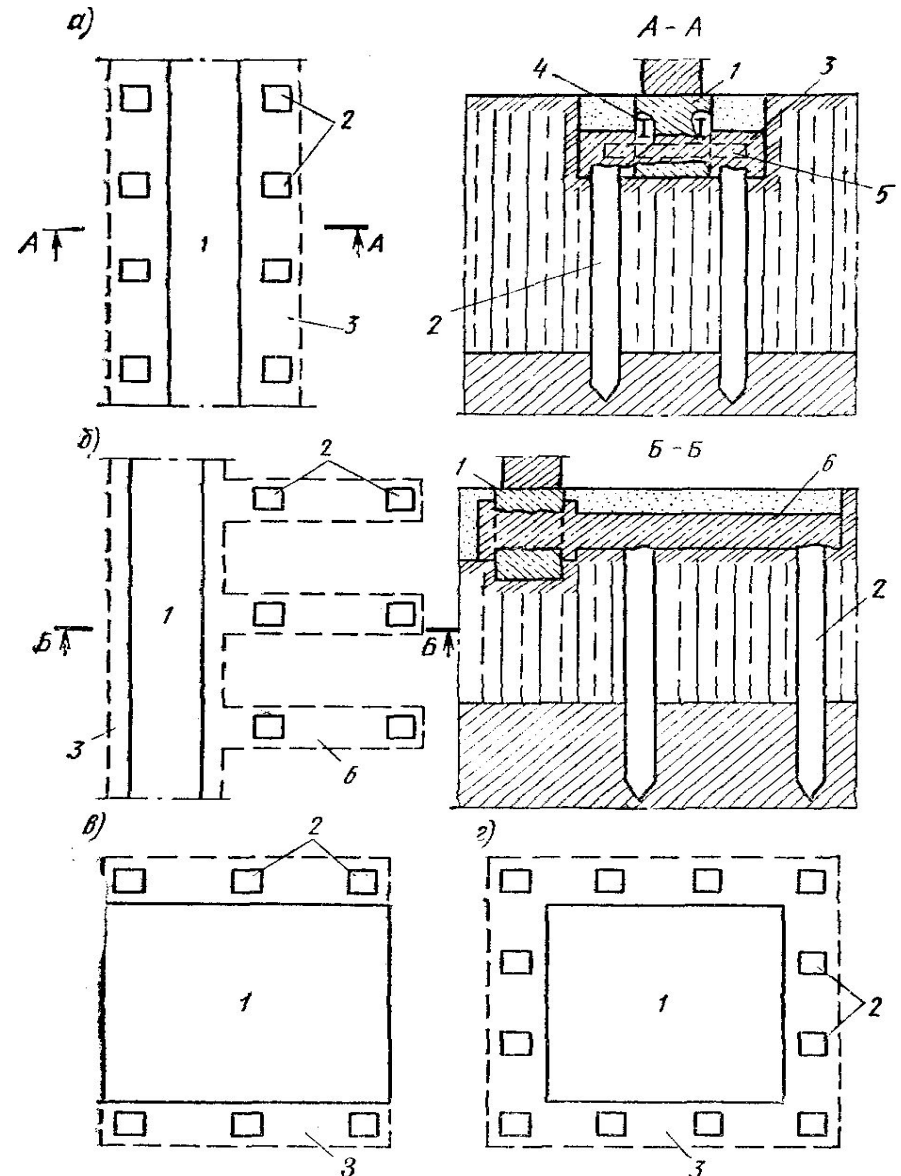


Последовательность работ при расположении свай под фундаментом:

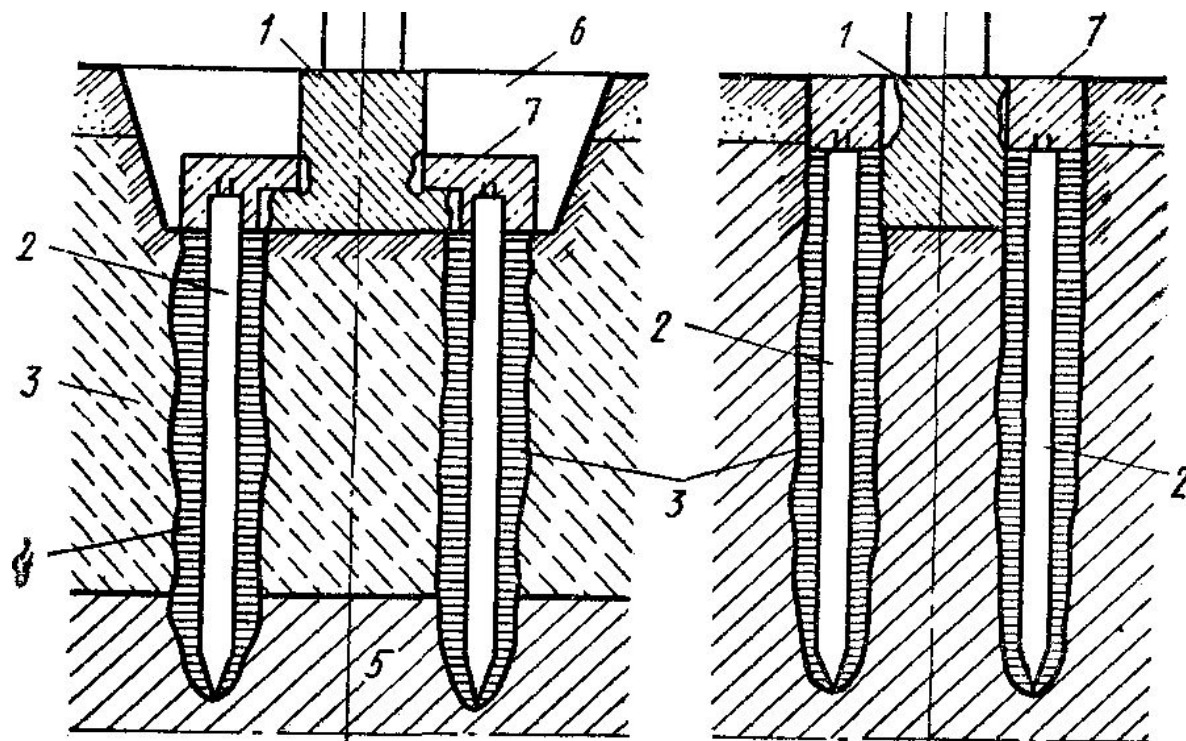
- отрывка и закрепление откосов шурфов по фронту фундамента в местах расположения свай;
- удаление грунта из-под фундамента (с использованием шурфов);
- усиление фундамента наддомкратными балками, в которые будут упираться домкраты;
- монтаж оборудования (гидравлической установки с домкратами и насосами);
- размещение под штоком домкрата головной секции сваи и задавливание ее в грунт;
- наращивание сваи очередной секцией сваи;
- задавливание всех последующих секций;
- заполнение полости сваи бетоном;
- удлинение сваи двумя швеллерами до упора их в низ наддомкратной балки (швеллеры соединяют со сваей сваркой);
- ввод сваи в работу с предварительным напряжением (нагруженным домкратом);
- установка клиньев в зазоре, образовавшемся между удлиняющим сваю швеллерами и наддомкратной балкой;
- фиксирование клиньев в зазоре сваркой;

Усиление фундаментов выносными сваями

- **а** - усиление ленточного фундамента сваями, расположенными с двух сторон фундамента;
- **б** - то же, с расположением свай с одной стороны;
- **г**-варианты усиления столбчатых фундаментов;
- **1** - усиливаемый фундамент; **2** – сваи; **3** - ростверк; **4** - рандбалок; **5** - поперечная балка; **6** - рычажный ростверк



Усиление фундаментов набивными сваями, выполненными методом винтового продавливания



а – с отрывкой котлована; **б** - без отрывки котлована; **1** - существующий фундамент; **2** - сваи; **3** - слабый грунт; **4** - зона уплотненного грунта; **5** - слой прочного грунта; **6** - котлован; **7** - железобетонная обойма

- **Этапы работ по усилению ленточных фундаментов набивными сваями**
- 1 – фундамент; 2 – шурф; 3 – крепление шурфа; 4 – разгружающая балка; 5 – стена; 6 – слабый грунт; 7 – прочный грунт; 8 – скважина для сваи; 9 – буронабивная свая; 10 – продольная балка; 11 – поперечная балка; 12 – отверстия в усиливаемом фундаменте; 13 – домкрат; 14 – железобетонный ростверк

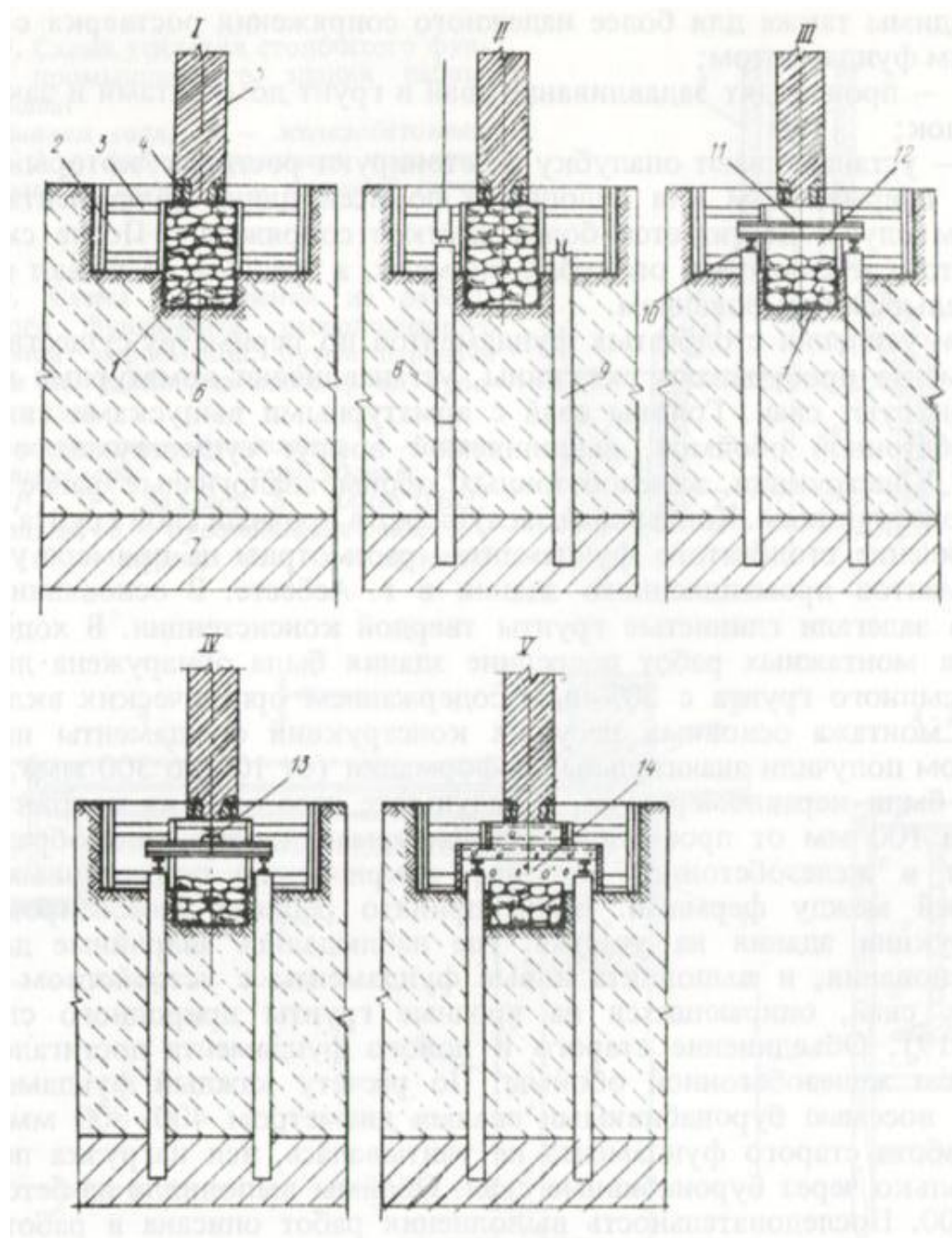
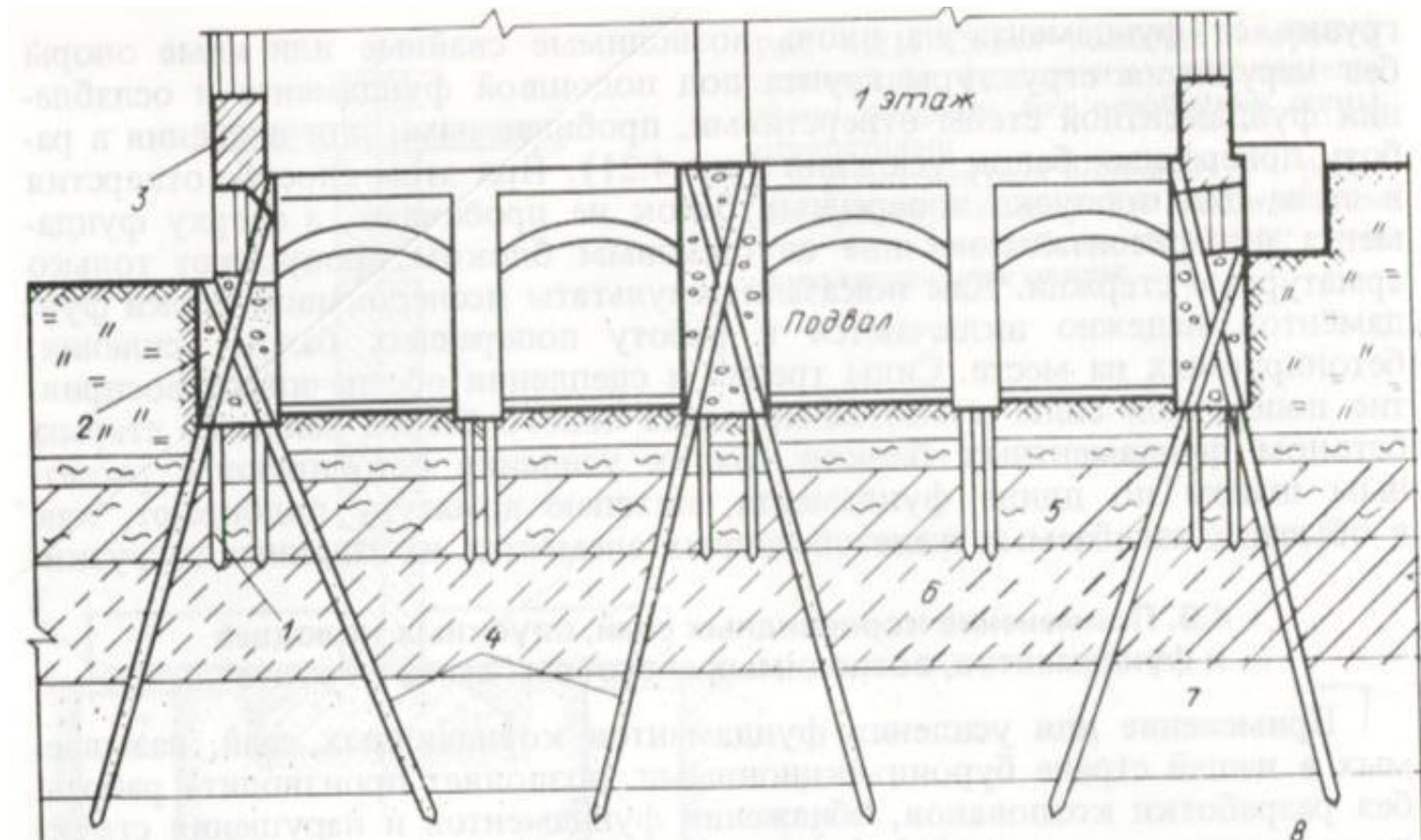
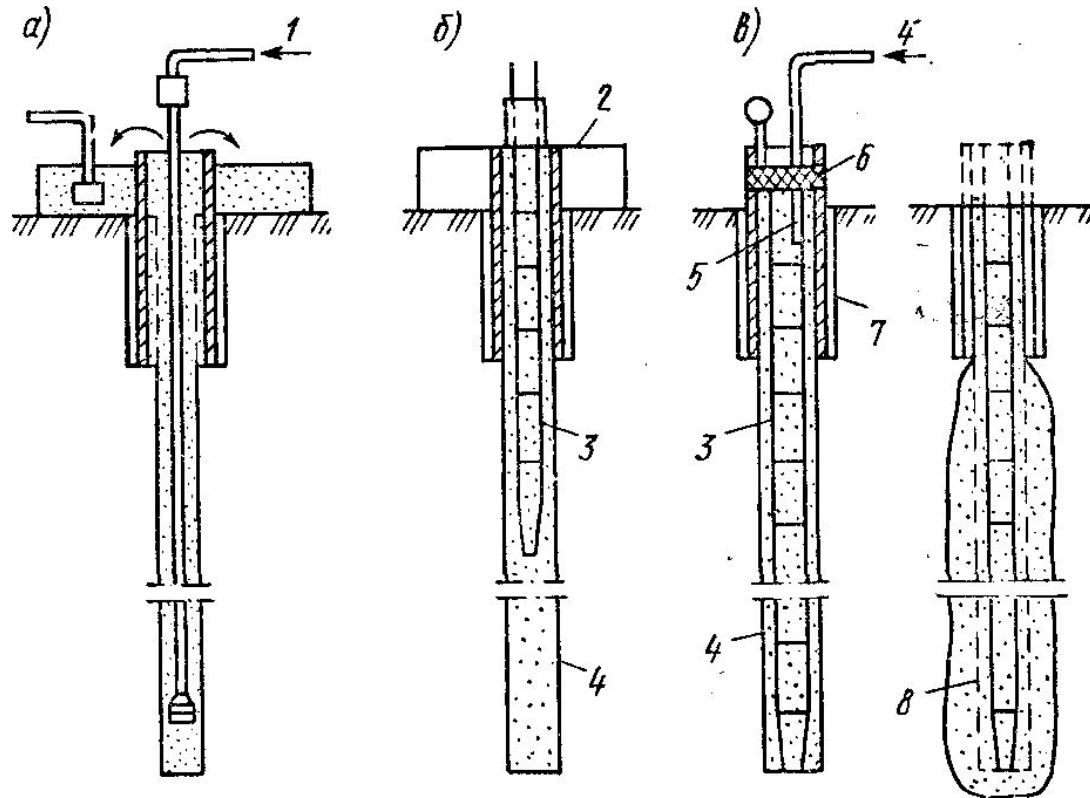


Схема усиления фундаментов буринъекционными сваями



- 1 – деревянные сваи; 2 – стены подвала; 3 – стены здания; 4 – буринъекционные сваи; 5 – торф и заторфованные суглинки; 6 – супесь пластичная; 7 – песок средней плотности; 8 – известняки

Технология изготовления буринъекционных свай



- **а** - бурение; **б** - заполнение скважины раствором, **в** - установка армокаркаса; опрессовка; **г** - готовая свая; **1** - глинистый раствор; **2** - емкость для раствора; **3** - арматурный каркас; **4** - цементный раствор; **5** - иньектор; **6** - тампон; **7** - кондуктор; **8** - цементный камень

Технологический цикл устройства буройнъекционных свай включает :

- бурение кладки фундаментов и, в случае необходимости, стен и других конструктивных элементов усиливаемых зданий и сооружений,
- установку трубы-кондуктора,
- бурение скважины в грунте до проектной отметки,
- заполнение скважины твердеющим раствором,
- установку в скважину арматурного каркаса и опрессовку.

- Скважины бурят станками колонкового бурения с продувкой сжатым воздухом. При проходке неустойчивых, обводненных грунтов бурение ведут под защитой обсадных труб. Диаметр бурения должен позволять устанавливать в них трубы-кондукторы, внутренний диаметр которых больше или равен расчетному диаметру буроинъекционных свай. Скважины под кондуктор заполняют раствором до излива его из устья скважины. Раствор подается через рабочий орган бурового станка или трубу-инъектор, опущенную до забоя скважины. При понижении уровня раствора в скважине более чем на 1 м скважина выдерживается в течение суток и затем доливается до устья цементным раствором с меньшим В/Ц. После заполнения скважины раствором до начала его схватывания в скважину устанавливают трубу-кондуктор. Разбуривание цементного камня в трубе-кондукторе следует начинать не ранее чем после двухсуточной выдержки трубы-кондуктора в скважине. Бурение ведут с продувкой сжатым воздухом. По окончании разбуривания цементного камня бурение скважины ведут до проектной отметки нижнего конца свай. Отклонение от заданного угла бурения не должно превышать $\pm 2^\circ$, по длине свай ± 30 см.

- По окончании бурения скважину через буровой став промывают от шлама свежим буровым раствором в течение 3-5 мин.
- Скважины заполняют твердеющим (цементным или другим) раствором через буровой став или трубу-инъектор от забоя скважины снизу вверх до полного вытеснения глинистого раствора и появления в устье скважины чистого цементного раствора. Непосредственно после заполнения скважины твердеющим раствором в нее устанавливают арматурный каркас. Армокаркас опускают в скважину отдельными секциями, длина которых зависит от условий изготовления буроинъекционных свай. Отдельные секции армокаркаса стыкуют сваркой. После установки армокаркаса в проектное положение и при отсутствии утечек раствора из скважин (снижение уровня раствора не более чем на 0,5 м) опрессовывают сваю.

Для опрессовки в верхней части трубы-кондуктора устанавливают тампон (обтюратор) с манометром и через инъектор нагнетают под давлением в 0,2-0,3 МПа в течение 3-4 мин. Опрессовка может быть прекращена, если расход раствора в процессе ее не превышает 200 л. При большем расходе раствора проводят выстойку свай в течение 1 сут, после чего опрессовку повторяют.

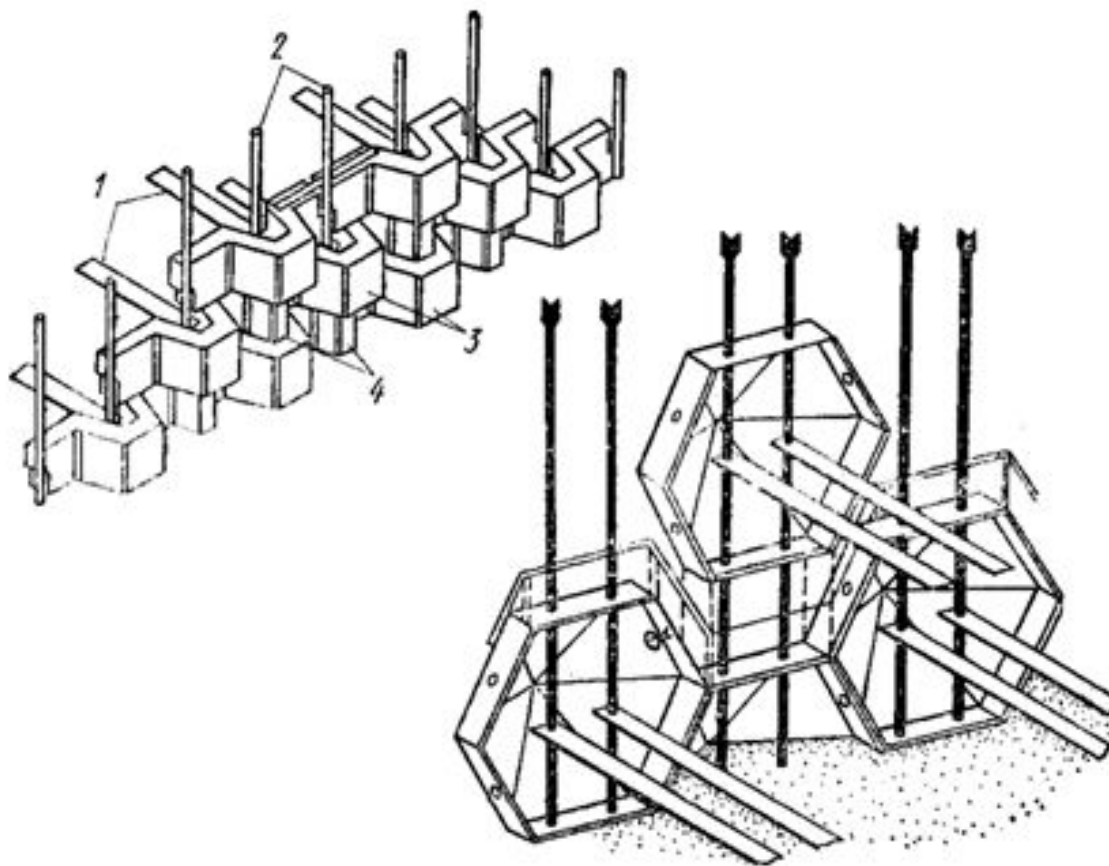
- Вид и состав твердеющих растворов, применяемых при изготовлении буроинъекционных свай, зависят от условий их применения, в каждом случае параметры растворов подбирает лаборатория.

- **АРМИРОВАНИЕ ГРУНТА**

- Армированный грунт (армогрунт) состоит из чередующихся слоев и грунта и арматуры. В качестве арматуры используют стержни, полосы, сетки или листовой материал из синтетических веществ, бумаги или металла. В последние годы расширилось использование геотекстиля с высокими пределами прочности при растяжении и модулем упругости. Армируемый грунт обычно не имеет органических включений; он сочетает прочность при сжатии и сопротивление сдвигу грунта с прочностью арматуры при ее растяжении.

Подпорная стенка с армированием по методу Йорка (два варианта)

1 - армирующие полосы; 2 - вертикальные стержневые опоры; 3, 4 - элементы ограждения



При армировании по методу Йорка арматурные полосы соединяются с лицевыми элементами при помощи вертикальных стержней.

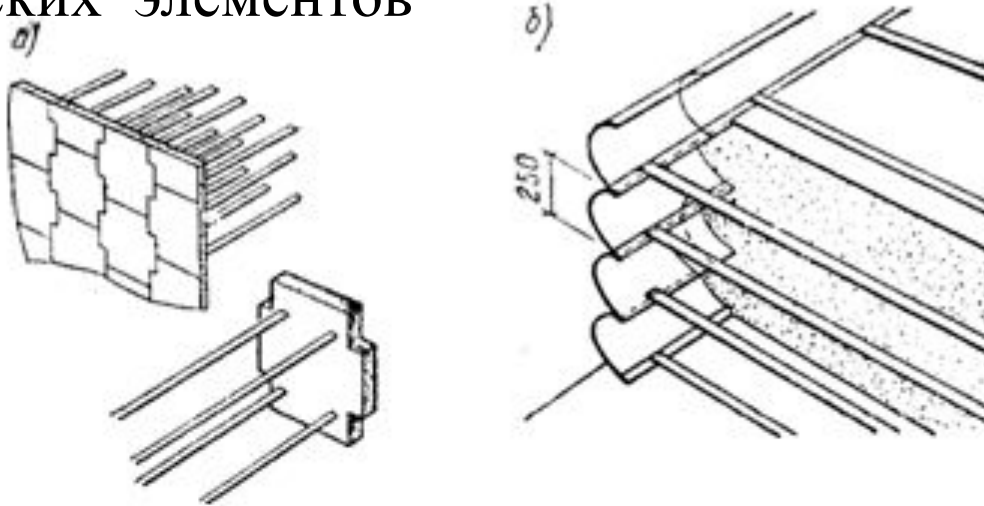
К грунтовому материалу, используемому в конструкциях из армигрунта, предъявляются определенные требования:

- грунт должен содержать части мельче 0,05 мм меньше 15%, крупнее 100 мм - меньше 25%;
- в грунте не должно быть органических или химических примесей, вызывающих коррозию бетона и металла;
- при использовании оцинкованных металлических полос кислотность грунта должна находиться в пределах $6 < \text{pH} < 10$;
- грунт должен хорошо уплотняться и обеспечивать высокую прочность на срез.

В практике при строительстве стен с использованием стальных облицовочных элементов грунт укладывают слоями толщиной по 300-350 мм, а при использовании железобетонных элементов- слоями толщиной 375 мм.

Подпорные стенки из армогрунта с использованием

а - железобетонных элементов; б - корытообразных металлических элементов



Горизонтальные полосы арматуры располагают на расстоянии 250-1000 мм одна от другой. Между полосами арматуры по вертикали при металлической лицевой части шаг составляет 250 мм, при железобетонной лицевой части - 750 мм. Для изготовления этих элементов используют тонколистовую сталь толщиной 3 мм с гальваническим покрытием. Стальные листы длиной 10 м соединяются между собой в фальц. Для крепления арматурных полос в листах при помощи штамповки вырубают специальные отверстия.