

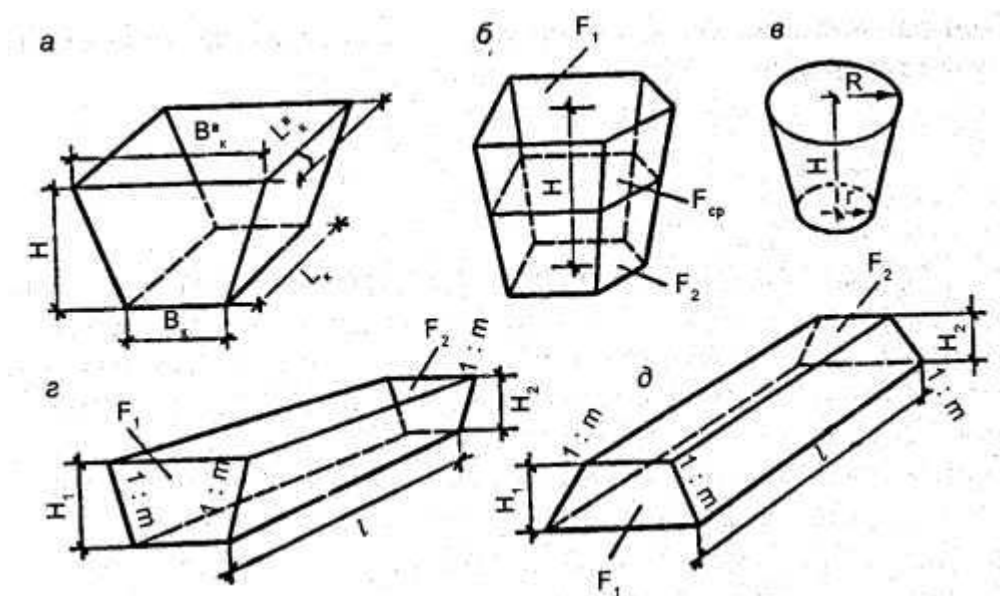
## ПОДСЧЁТ ОБЪЁМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

**Подсчёт объёмов земляных работ** по устройству выемок (котлованов, траншей) и насыпей при известных размерах достаточно прост.

При сложных формах выемок и насыпей их разбивают на ряд более простых геометрических тел, которые затем суммируют.

Подсчёт объёмов земляных работ необходим для того, чтобы обоснованно выбрать методы и средства их выполнения, установить необходимость отвозки или возможность распределения вынутого из котлованов или траншей грунта на прилегающей территории и последующего его использования для устройства обратных засыпок, определить стоимость и продолжительность производства земляных работ.

*Определение объёмов котлованов.* Уточнив по приведённым выше формулам размеры котлована понизу  $B_k$  и  $L_k$ , назначив крутизну откосов  $m$  и зная глубину котлована  $H$ , определяют размеры котлована поверху  $B_{kv}$ ,  $L_{kv}$  и затем вычисляют объём грунта, подлежащего разработке при устройстве котлована.



**Схема для определения объёмов земляных работ при устройстве котлованов различной формы, траншей, насыпей:**

а, б, в - котлованы прямоугольные, многоугольные, круглые;

г - траншея с откосами;

д - насыпь

Объём котлована  $V_k$  прямоугольной формы с откосами (рис., а) определяют по формуле опрокинутой усечённой пирамиды (призматоида):

$$V_k = H/6 \{ B_k L_k + B_{kv} L_{kv} + (B_k + B_{kv}) (L_k + L_{kv}) \},$$

где  $B_k$  и  $L_k$  - ширина и длина котлована по дну, м;

$B_{kv}$  и  $L_{kv}$  - то же, поверху;

$H$  - глубина котлована, м.

**Объём котлована, имеющего форму многоугольника с откосами (рис., б),**

$$V_k = H/6 (F_1 + F_2 + 4F_{cp}),$$

где  $F_1$  и  $F_2$  - площади дна и верха котлована, м<sup>2</sup>;

$F_{cp}$  - площадь сечения по середине его высоты, м<sup>2</sup>

**Объём квадратного котлована с откосами определяют по формуле опрокинутого призматоида:**

$$V_k = H/3 (F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 F_2})$$

Объём круглого в плане котлована с откосами (рис., в) определяют по формуле опрокинутого усечённого конуса:

$$V_k = \pi H/3 (R^2 + r^2 + Rr)$$

где  $R$  и  $r$  - радиусы верхнего и нижнего оснований котлована.

Котлованы для сооружений, состоящих из цилиндрической и конической частей (радиальные отстойники, метантенки и др.), которые обычно возводятся группами, т.е. по несколько в одном котловане, отрывают в два этапа: вначале устраивают общий прямоугольный котлован с размерами  $B_k$ ,  $L_k$  понизу и  $B_{kv}$ ,  $L_{kv}$  поверху от отметки заложения их цилиндрической частей, а затем делают углубления для конических частей сооружения. Соответственно и объёмы земляных работ определяют в два этапа: вначале рассчитывают объём общего прямоугольного котлована по приведённым выше формулам, а затем объём конических углублений с использованием приведённой формулы усечённого конуса.

При расчётах объёмов земляных работ следует также учитывать объёмы въездных и выездных траншей:

$$V_{с.тр} = H^2/6 \left( 3b + 2mH \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m)$$

где  $H$  - глубина котлована в местах устройства траншей, м;

$b$  - ширина их понизу, принимаемая равной при одностороннем движении 4,5 м и

при двухстороннем - 6 м;

m - коэффициент откоса (уклона) въездной или выездной траншеи (от 1: 10 до 1 : 15).

Общий объём котлована с учётом въездных и выездных траншей:

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{к}} + nV_{\text{в.тр.}},$$

где  $V_{\text{к}}$  - объём собственно котлована, м<sup>3</sup>;

n - количество въездных и выездных траншей;

$V_{\text{в.тр.}}$  - их объём, м<sup>3</sup>.

Из общего объёма котлована следует выделить объём работ по срезке растительного слоя, которую обычно производят бульдозером или скрепером, а также объём работ по срезке недобора, который оставляют у дна котлована, разрабатываемого экскаватором, чтобы не нарушить целостность и прочность грунта у основания, на которое опирается сооружение.

Объём срезки растительного слоя можно определить по формуле:

$$V_{\text{с}} = V_{\text{ск}} + V_{\text{ср}},$$

где  $V_{\text{ск}}$  - объём срезки грунта в пределах котлована, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{ср}}$  - то же, в пределах рабочей зоны, м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{ск}} = B_{\text{кв}}L_{\text{кв}}t_{\text{с}},$$

где  $B_{\text{кв}}$ ,  $L_{\text{кв}}$  - ширина и длина котлована поверху, м;  $t_{\text{с}}$  - толщина срезаемого слоя, принимаемая равной 0,15-0,20 м.

$$V_{\text{ср}} = B \cdot l,$$

где B - ширина рабочей зоны на берме котлована, необходимая для складирования материалов, конструкций и движения строительных машин, принимаемая равной 15-20 м;

l - протяженность рабочей зоны, м.

Объём работ по зачистке недобора по дну котлована равен:

$$V_{\text{з.к}} = B_{\text{к}}L_{\text{к}}h_{\text{н}},$$

где  $B_{\text{к}}$ ,  $L_{\text{к}}$  - ширина и длина котлована понизу, м;  $h_{\text{н}}$  - толщина недобора, м.

Толщина недобора при отрывке котлованов одноковшовыми экскаваторами определяют в зависимости от вида рабочего оборудования экскаватора и

вместимости его ковша по табл..

**Таблица ДОПУСТИМЫЕ НЕДОБОРЫ ГРУНТА ПО ДНУ КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ**

Рабочее оборудование экскаватора	Допустимые недоборы грунта (hн), см при отрывке одноковшовым экскаватором с ёмкостью ковша, м3				
	0,25-0,40	0,5-0,65	0,8-1,25	1,5-2,5	3-5
Прямая лопата	5	10	10	15	20
Обратная лопата	10	15	20	---	---
Драглайн	15	20	25	30	30

Для определения объёмов траншей продольный профиль траншеи делят на участки с одинаковыми уклонами, подсчитывают объёмы грунта для каждого из них и затем суммируют.

Объём траншеи с вертикальными стенками

$$V_{тр} = V_{тр}(H_1 + H_2)L/2 \text{ или } V_{тр} = (F_1 + F_2)L/2,$$

где  $V_{тр}$  - ширина траншеи;

$H_1$  и  $H_2$  - глубина её в двух крайних поперечных сечениях;

$F_1$  и  $F_2$  - площади этих сечений;  $L$  - расстояние между сечениями.

Объём траншеи с откосами (рис., д) можно определить по вышеприведённой формуле, при этом площади поперечных сечений

$$F_{1,2} = (V_{тр} + mH_{1,2})H_{1,2}.$$

Более точно объём траншеи с откосами можно определить по формуле Винклера:

$$V_{тр} = \left[ \frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{m(H_1 - H_2)^2}{6} \right] L$$

Для определения объёма траншей, предназначенных для совмещённой прокладки сетей (см. рис., е), площадь их поперечного сечения вычисляют как сумму площадей траншеи полного сечения для трубопровода глубокого заложения и дополнительной траншеи для трубопроводов меньшего заложения с основанием  $V_{тр1}$ , равным  $V_{тр1} = D_n + 2 \cdot 0,2$  м (где  $D_n$  - наружный диаметр трубопровода).

Для удобства подсчёта объёма земляных работ трассу трубопровода разбивают через определённые расстояния (через 100-200 м) на участки (пикеты) и вначале определяют объёмы работ на участках, а затем, суммируя их, определяют объём земляных работ. При этом целесообразно использовать так называемый табличный метод подсчёта земляных работ. С этой целью, определив ширину траншеи по дну ( $V_{тр}$ ), разбив трассу на пикеты через 1 м и определив глубины траншей ( $H$ ) на каждом пикете (путём построения продольного профиля трубопровода) и определив коэффициенты крутизны откосов (поперечных сечений на каждом из них ( $m$ ), зная вид залегающих грунтов и глубины выемки, данные записывают в таблицу (табл. 11.6).

**ТАБЛИЦА ПОДСЧЁТА ОБЪЁМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРАНШЕИ С НАКЛОННЫМИ ОТКОСАМИ**

Пикеты	$V_{тр1},$ м	$H, м$	$m$	$F, м^2$	$(F1+F2)/2$	$l, м$	$V_{тр}, м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	1	2,0	1	6	7,7	100	770
1	1	2,6	1	9,4	14,6	100	1460
2	1	3,6	1,25	19,8	14,6	100	1460
3	1	2,6	1	9,4	7,7	100	770
4	1	2,0	1	6	-	Сумма = 400	Сумма = 4360

Объём земляных работ на каждом участке в графе 8 определяют путём умножения данных графы 6 на данные графы 7 и затем их суммируют.

При отрывке траншей экскаваторами у дна их также оставляют необходимый недобор грунта, который в основном зачищают вручную. Кроме этого на дне траншей устраивают прямки, облегчающие работы по заделке стыков труб. Прямки также чаще всего отрывают вручную.

Объём земляных работ по зачистке дна траншеи определяют по формуле:

$$V_{з.т.} = V_{тр} L h_n,$$

где  $V_{тр}$  - ширина траншеи по дну, м;

$L$  - общая длина траншеи, м;

$h_n$  - толщина недобора (см. табл.).

Объём работ по устройству прямков на дне траншеи

$$V_{\Pi} = abcL/l,$$

где a, b, c - размеры, м (принимается по СНиПу);

L - протяжённость трубопровода, м;

l - длина трубы или трубной секции, м.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основание. Так, на пример, трубы, уложенные в грунтовое ложе с углом охвата 120 град., выдерживают нагрузку на 30-40% большую, чем трубы, уложенные на плоское основание. Поэтому на дне траншеи перед укладкой труб целесообразно вручную или механизированным способом устраивать, т.е. нарезать специальное овальное углубление (ложе) с углом охвата труб до 120 градусов.

Объём земляных работ по устройству ложа или выкружки на дне траншеи для укладки труб может быть определён по формуле:

$$V_{\text{л}} = F_{\text{л}}L,$$

где -  $F_{\text{л}}$  - площадь поперечного сечения ложа (выкружки), м<sup>2</sup>;

L - длина траншеи, м.

Площадь сечения ложа (выкружки) можно определить по геометрической формуле площади сегмента, каковым фактически и является грунтовое ложе.

Исходя из этого,

$$F_{\text{л}} = \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi\varphi}{180} - \sin \varphi \right)$$

где r - радиус трубопровода, т.е. D/2, м;  $\varphi$  - угол охвата трубы, град.

Объём грунта по срезке растительного слоя на трассе трубопровода определяется по формуле:

$$V_{\text{с}} = V_{\text{ст}} + V_{\text{ср}},$$

где -  $V_{\text{ст}}$  - объём работ по срезке растительного слоя в пределах траншеи, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{ср}}$  - то же, в пределах рабочей зоны, м<sup>3</sup>.

$$V_c^m = \left( \sum_1^h F_c^i \right) H_c$$

где  $F_c^i$  - площадь срезки растительного слоя в пределах контура траншеи между пикетами, м<sup>2</sup>;  $H_c$  - толщина растительного слоя, м (принимается равной 0,15-0,2 м).

$$F_c^i = [B_{тр} + m(H_1 + H_2)] l_i$$

где  $B_{тр}$ ,  $m$  - то же, что и в предыдущих формулах;  $H_1$ ,  $H_2$  - глубины траншеи на смежных пикетах, м;  $l_i$  - расстояние между пикетами, м.

$$V_{ср} = B H_c L,$$

где  $B$  - ширина рабочей зоны, м (принимается равной 15-25 м);

$H_c$  - толщина растительного слоя, м;  $L$  - общая длина трубопровода, м.

Объём грунта, разрабатываемого экскаватором, определяется по формуле

$$V_{э} = V_{тр} - (V_{ст} + V_3)$$

Объём грунта, необходимый для частичной засыпки труб и обратной засыпки траншей ( $V_o$ ) с учётом коэффициента остаточного разрыхления ( $K_{ор}$ ), определяется по формуле

$$V_o = \frac{(V_{тр} - V_m) 100}{100 + K_{ор}}$$

где  $K_{ор}$  определяется по ЕНиР Сб.Е2, прил. 2;

$V_t$  - объём грунта, вытесняемый трубопроводом и вывозимый за пределы площадки,

$$V_m = 1,05 \frac{\pi D_n^2}{4} L$$

где  $D_n$ ,  $L$  - наружный диаметр трубы и общая длина трубопровода, м;

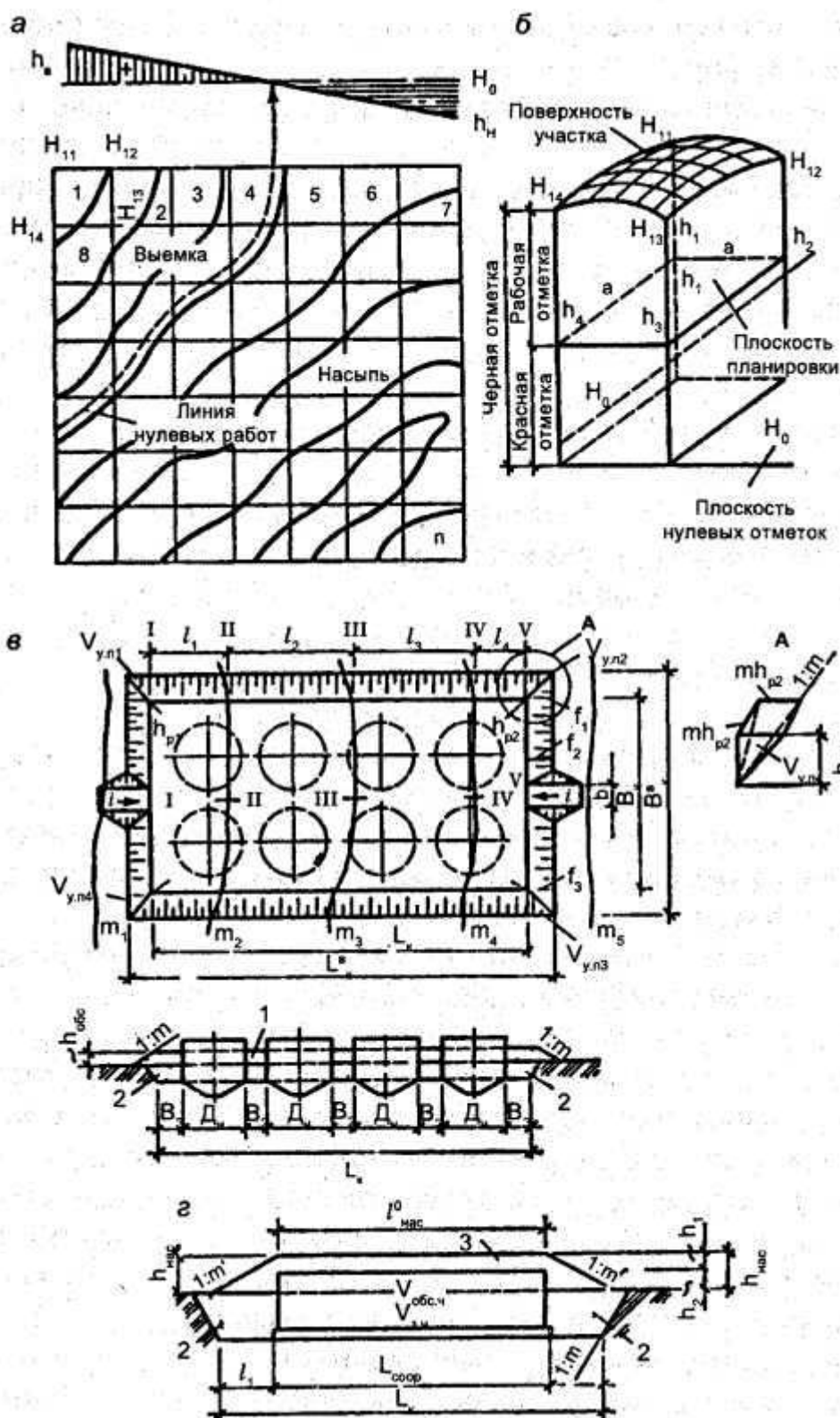
1,05 - коэффициент увеличения объёма вытесняемого грунта за счёт раструбов (учитывается при прокладке раструбных труб).

Объём насыпей (см. рис., д) можно вычислять по тем же формулам, что и выемок, учитывая форму насыпи (призматок, усечённый конус и т.п.). Потребное количество грунта для возведения насыпи в плотном теле определяют

с учётом коэффициента остаточного разрыхления. При больших уклонах, значительной неровности рельефа и особенно при устройстве насыпей на косогорах объёмы земляных работ подсчитывают, разбивая насыпи на участки более простой геометрической формы.

Для подсчёта объёмов работ при вертикальной планировке применяют методы поперечных сечений, четырёхгранных и трёхгранных призм. Площадку, подлежащую планировке, на плане с горизонталями с горизонталями разбивают на элементарные участки, объёмы работ по которым суммируются. Метод поперечных сечений (поперечников) используют при ровном рельефе и для ориентировочных подсчётов. В характерных сечениях рельефа вычерчивают поперечные профили (на расстоянии друг от друга не более 100 м) и затем определяют площади каждого из них, а также объёмы грунта между ними.





**Схемы к подсчёту объёмов вертикальной планировки, засыпки и обсыпки сооружений:**

а - разбивка площадки на квадраты;

б - положение плоскостей при планировке;

в - план котлована и его продольное сечение для определения объёма засыпки и обсыпки после возведения сооружений без покрытий;

г - то же, для сооружений с покрытиями.

Метод четырёхгранных призм предусматривает разбивку площадки на прямоугольники или квадраты (рис., а,б) со сторонами а (20-100 м). Объёмы выемок или насыпей, заключённые в отдельных прямоугольных призмах,

$$V = \pm (a^2 / 4) (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

где а - сторона квадрата;

h1, h2, h3, h4 - отметки в углах квадратов.

Отметки со знаком "-" указывают на необходимость устройства насыпи, а со знаком "+" - выемки. Общий объём насыпи (выемки) определяют как сумму частных объёмов призм и их частей, лежащих в пределах участка насыпи (выемки).

Метод трёхгранных призм применяют при неровном рельефе (с замкнутыми горизонталями). Объём работ подсчитывают путём разбивки прямоугольников или квадратов диагоналями на треугольники. При этом методе достигается наибольшая точность подсчётов.

После возведения в котловане сооружения пустоты с боков его (пазухи), включая въездные и выездные траншеи, подлежат засыпке грунтом.

Объём засыпки пазух котлована  $V_{зас.к}$  определяют разностью общего объёма котлована  $V_{общ}$  и объёмом заглублённой части сооружения  $V_{з.ч}$  т.е.

$$V_{зас.к} = V_{общ} - V_{з.ч}$$

Если сооружения выступает над поверхностью земли на 0,8...1 м, вокруг них делают обсыпку грунтом.

Объём обсыпки  $V_{обс}$  вычисляют как объём усечённой пирамиды  $V_{у.п}$  за вычетом объёма обсыпаемой части сооружения  $V_{обс.ч}$  в пределах высоты  $h_{обс}$  (рис. 11.5, в), т.е.  $V_{обс} = V_{у.п.} - V_{обс.ч}$ .

Над сооружениями с перекрытиями (резервуарами, горизонтальными отстойниками и др.) сверху устраиваются насыпи. Объём насыпи над сооружениями подсчитывают как объём усечённой пирамиды насыпи за вычетом объёма части сооружения, попадающей в тело насыпи (рис. 11.5, г). Общий объём грунта, укладываемого в резерв на барме котлована, должен включать объём грунта для обратной засыпки пазух, обсыпки сооружений и

устройства насыпи над ними. Излишек грунта подлежит вывозке.

**Распределение грунта на основе баланса земляных масс.** Сравнение объёмов земляных работ по устройству выемок и насыпей на строительной площадке представляет собой *баланс земляных масс*, который может быть *активным*, если объём выемок превышает объём насыпей, и *пассивным*, если объём выемок меньше объёма насыпей. В первом случае излишний грунт вывозят со строительной площадки в отвалы, во втором - недостающий для устройства насыпей грунт завозят со стороны.

Поскольку вывозка грунта за пределы площадки нежелательна, так как она повышает сроки и стоимость строительства, следует стремиться к тому, чтобы весь грунт из выемок укладывался без остатка в насыпи, т.е. чтобы на площадке соблюдался *нулевой баланс*. Для получения такого равенства нужно определить оптимальную отметку планировки площадки, при которой будет достигнут нулевой баланс земляных масс.

Оптимальная отметка планировки, по обе стороны которой (сверху и снизу) будут находиться равные объёмы выемки и насыпи при подсчете объемов по квадратам (см. рис., а,б), определяется по формуле

$$H_{\text{опт}} = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) / 4n$$

где  $H_1, H_2, H_3, H_4$  - отметки естественной поверхности площадки в вершинах, общих соответственно для одного, двух, трех и четырех квадратов, м;

$n$  - количество квадратов в пределах площадки.

При планировке площадки комплекса сооружений оптимальную отметку планировки необходимо скорректировать с учетом дополнительных объёмов грунта, необходимого для устройства постоянных сооружений, и объёмов грунта, вытесняемого подземными частями возводимых сооружений и коммуникаций. Поправка к этой отметке может быть определена по формуле:

$$\Delta H_{\text{опт}} = \pm V_i / F$$

где  $V_i$  - дополнительный объём грунта (принимается с плюсом, когда имеется излишек, и с минусом - при недостатке грунта), м<sup>3</sup>;

$F$  - площадь планируемого участка, м<sup>2</sup>.

После окончания подсчёта все объёмы земляных работ сводят в специальную ведомость, называемую сводным балансом земляных масс и состоящую из двух частей: левой - приход грунта ( $\Pi$ ) и правой - расход грунта ( $P$ ). При  $\Pi > P$  баланс положительный, т.е. активный, при  $\Pi < P$  баланс отрицательный, т.е. пассивный, и при  $\Pi = P$  баланс нулевой. Определив баланс земляных масс, составляют схемы потоков перемещения грунта из выемок в насыпи или в резервы.

Земляные работы и устройство фундаментов на нулевом цикле

После выполнения подготовительных работ приступают к работам "нулевого цикла", в состав которых входят:

- разработка траншей и котлованов;
- строительство подземной части зданий и сооружений, включая устройство фундаментов, стены перекрытий подвалов, кладку фундаментов под оборудование, монтаж подвальных лестниц, прямиков, гидроизоляцию и т. д.;
- прокладка подземных коммуникаций: водопровода, канализации, теплосети, электроснабжения, телефонных линий, газопровода с устройством выпусков из зданий.

Отделочные, санитарно-технические и электромонтажные работы в подвалах зданий выполняются вместе с аналогичными работами при возведении надземной части здания.

Строительный "нулевой цикл" начинается с выполнения земляных работ: разбивки и рытья траншей и котлованов для устройства фундаментов, прокладки трубопроводов и кабельной сети, транспортирования грунта (погрузка, перемещение, выгрузка), обратной засыпки и устройства насыпи с уплотнением.

Земляные работы трудоемки, как правило, должны выполняться механизированным способом. Ручная разработка грунта допускается при наличии особых условий (рытье в местах с наличием проложенных подземных коммуникаций, ограниченной маневренности машин и т. п.). В зависимости от вида строительства удельный вес земляных работ в общей трудоемкости строительных работ на объекте составляет от 5 до 15%.

### **Разработка траншей и котлованов**

На обноске здания от осей стен откладывают ширину фундаментов и по забитым в этих местах гвоздям натягивают проволоку, которая будет определять положение внутренней и внешней поверхности фундамента. Оси и размеры траншей и ям под фундаменты с натянутых проволок переносят с помощью отвеса на землю, забивая колышки. Разбивка трасс и траншей подземных коммуникаций состоит в установке временных реперов и обозначении на местности оси трассы вешками, располагаемыми через каждые 10 м на прямых участках и через 5 м - на кривых и местах расположения колодцев. Все точки оси и бровок траншеи обозначаются колышками на местности и после рытья траншеи экскаватором или вручную в местах расположения колодцев и на углах поворота трассы устанавливают обноски (рис.1).

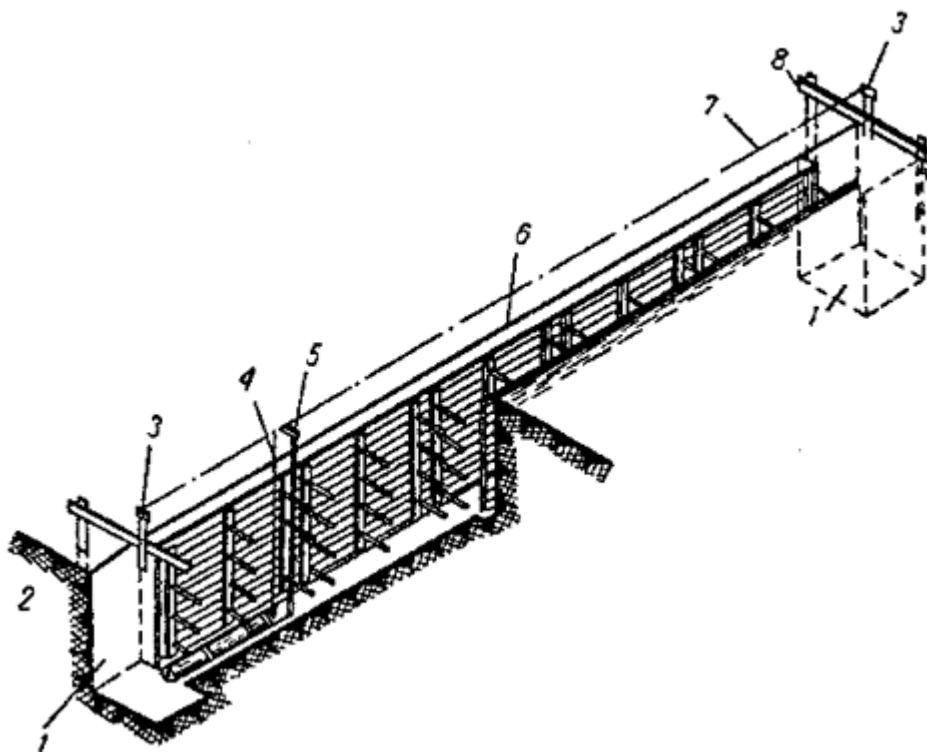


Рис.1. Устройство обноски на трассе трубопровода

1 - колодцы, 2 - полка, 3 - неподвижные визирки, 4 - отвес, 5 - подвижная визирка, 6 - причалка, 7 - линия визирования, 8 - обноска

На обноске над центром колодца забивают гвоздь, а к середине обноски прибивают горизонтальную планку-полку и рядом с ней постоянную визирку. Положение верхних граней полки и визирки определяют по нивелиру, руководствуясь продольным профилем трассы трубопровода. Для придания дну траншеи проектных уклонов производят визирование, пользуясь неподвижной и перемещаемой визирками. Длина подвижной визирки равна расстоянию от верхнего ребра неподвижной визирки до проектной отметки дна траншеи и принимается кратной 0,5 м (2; 2,5; 3; 3,5 м и т. д.). Подвижная визирка перемещается по проволоке, натянутой на обноске по оси трубопровода между двумя колодцами, при этом линия визирования проходит через верхние грани неподвижной и подвижной визирок. Руководствуясь положением нижней части подвижной визирки, производят окончательную зачистку и контроль уклонов дна отрытой траншеи.

Разбивка выемок и насыпей обозначается на местности вехами и кольями оси сооружения, ширины выемки поверху и насыпи понизу, высоты насыпи, глубины выемки и откосов. Все разбивочные знаки (створные вехи, сторожки) закрепляют кольями, которые забивают с одной стороны сооружения на определенном расстоянии от основных разбивочных знаков (рис.2). Для обозначения откосов выемок и насыпей применяют переносные шаблоны, высоту насыпи обозначают высотниками.

На производство земляных работ большое влияние оказывают физико-механические свойства грунтов: средняя плотность, влажность, сила внутреннего сцепления частиц, разрыхляемость.

Различают следующие виды фунтов.

Пески - сыпучая смесь зерен кварца и других минералов крупностью 0,25...2 мм, образовавшаяся в результате выветривания горных пород.

Супески - пески с примесью 5... 10% глины.

Гравий - горные породы, состоящие из отдельных скатанных зерен диаметром 2...40 мм, иногда с некоторой примесью глинистых частиц.

Глины - горные породы, состоящие из чрезвычайно мелких частиц (менее 0,005 мм), с небольшой примесью мелких песчаных частиц.

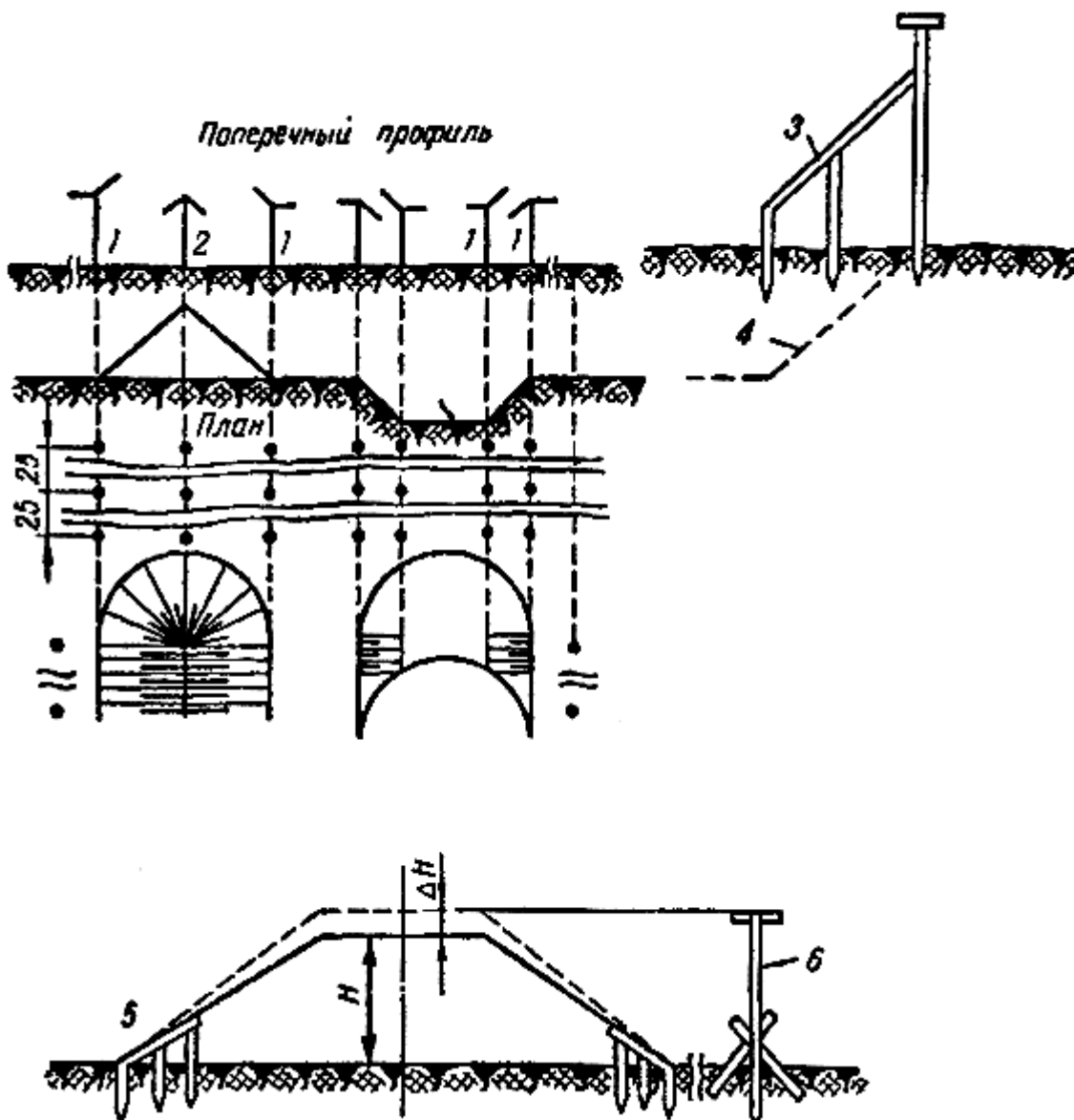


Рис.2. Разбивочные знаки земляных сооружений большой протяженности

1 - вехи с планками для обозначения размеров в плане выемки и отвала, 2- веха для обозначения оси отвала, 3 - шаблон, 4 - проектный откос, 5 - откосники, 6 - высотник (установлен в стороне от насыпи)

Суглинки - пески, содержащие 10...30% глины. Суглинки делятся на легкие, средние и тяжелые.

Лёссовидные грунты - содержат более 50% пылевидных частиц при незначительном содержании глинистых и известковых частиц. Лёссовидные грунты при наличии воды размокают и теряют устойчивость.

Плывуны - песчано-глинистые грунты, сильно насыщенные водой.

Растительные грунты - различные почвы с примесью 1...20% перегноя.

Скальные грунты - состоят из твердых горных пород.

Грунты в зависимости от трудности и способа их разработки делятся на категории (табл.1).

Таблица 1

Категории и способы разработки грунтов

Категория грунтов	Виды грунтов	Плотность, кг/м	Способ разработки
I	Песок, супесок, растительный грунт, торф	600...1600	Ручной (лопаты), машинами
II	Легкий суглинок, лёсс, гравий, песок со щебнем, супесок со строительным мусором	1600... 1900	Ручной (лопаты, кирки), машинами
III	Жирная глина, тяжелый суглинок, гравий крупный, растительная земля с корнями, суглинок со щебнем или галькой	1750... 1900	Ручной (лопаты, кирки, ломы), машинами
IV	Тяжелая глина, жирная глина со щебнем, сланцевая глина	1900...2000	Ручной (лопаты, кирки, ломы, клинья и молоты), машинами
V...VII	Плотный отвердевший лёсс, дресва, меловые	1200...2800	Ручной (ломы и кирки, отбойные



	породы, сланцы, туф, известняк и ракушечник		молотки), взрывным способом
VIII...XI	Граниты, известняки, песчаники, базальты, диабазы, конгломерат с галькой	2200...3000	Взрывным способом

При разработке грунт разрыхляется и увеличивается в объеме. Объем насыпи будет больше объема выемки, из которой грунт взят. Грунт в насыпи под действием собственного веса или механического воздействия уплотняется постепенно, поэтому различны значения первоначального процента увеличения объема (разрыхления) и процента остаточного разрыхления после осадки грунта (табл.2).

Таблица 2

#### Увеличение объема грунта при разрыхлении

Категория грунта	Процент разрыхления грунта	
	первоначальный	остаточный
I	8...17	1...2,5
I (торф и растительный грунт)	20...30	3...4
II	14...28	1,5...5
III	24...30	4...7
IV	26...32	6...9
V...XI	30...50	10...30

При разработке и усадке разрыхленного грунта выемки и насыпи образуют естественные откосы различной крутизны. Наибольшую крутизну откосов траншей и котлованов, устраиваемых без креплений, следует принимать согласно табл.3. При обеспечении естественной крутизны откосов обеспечивается устойчивость земляных насыпей и выемок.

Рытье котлованов, траншей, дорожных выемок, каналов, устройство насыпей состоит из рабочих процессов:

- копание и выгрузка грунта на бровку выемки и транспортные средства;
- транспортирование грунта в отвал или насыпь;
- разравнивание и уплотнение грунта на месте выгрузки;

- отделка откосов, подчистка и планировка дна.

Выполняют эти работы комплекты машин - экскаваторы, скреперы, бульдозеры, тракторы с прицепами, автомобили-самосвалы и др.

При ручной разработке траншеи землекоп может выбрасывать грунт на бровку с глубины до 1,5 м. Для подъема грунта с большей глубины при ручной разработке применяют средства малой механизации - краны, подъемники-транспортеры различного типа.

Рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления может выполняться в песчаных и крупнообломочных грунтах на глубину 1 м, в супесях - 1,25 м, в суглинках и глинах - 1,5 м и очень прочных суглинках и глинах - 2 м.

При необходимости работы людей в траншее с вертикальными стенками наименьшее расстояние в свету между боковыми поверхностями или щитами крепления должно быть не менее 0,7 м.

При обратной засыпке траншей и котлованов крепления должны быть разобраны. Разработка грунта в траншеях и котлованах в случае пересечения ими любых подземных коммуникаций допускается лишь при наличии письменного разрешения эксплуатирующей организации, при этом в непосредственной близости коммуникаций грунт должен разрабатываться вручную (1 м над трубой, кабелем и т. п.). При неожиданном (не обозначенном в проекте) обнаружении подземных коммуникаций земляные работы необходимо приостановить и вызвать на место представителей соответствующих эксплуатирующих организаций.

### **Укрепление грунтов**

Для повышения несущей способности оснований зданий и сооружений применяют различные способы укрепления грунтов: цементацию, силикатизацию, битумизацию, электрохимическую и термическую обработку. Временное искусственное замораживание применяется при разработке водонасыщенных фунтов в гидротехническом строительстве и метростроении.

Наиболее простыми и надежными способами укрепления грунтов являются цементация, силикатизация и электросиликатизация.

Силикатизация фунтов выполняется однорастворным (силикат натрия - жидкое стекло, алюминат натрия) или двухрастворным (жидкое стекло и хлористый кальций) составами, нагнетаемыми через инъекторы (перфорированные трубы диаметром 19...38 мм и длиной 1 м) под давлением 0,3...0,6 МПа (3...6 атм). Силикатизацией закрепляют мелкие и пылеватые пески, плывуны и лёсс. Радиус закрепления фунтов вокруг одного инъектора примерно 0,3... 1 м.

При электросиликатизации - пропускании через иньекторы (как электроды) постоянного тока - ускоряются в 4...20 раз темпы работ и повышается их качество. Особенно эффективен метод электросиликатизации для закрепления грунтов с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут.

Однорастворную силикатизацию применяют для грунтов при содержании солей кальция и магния более 0,6 мг-экв, при меньшем содержании этих солей в грунте необходимо использовать двухрастворный состав. При двухрастворном закреплении грунтов каждый из растворов последовательно нагнетается отдельным насосом (типа НС-3 или ручным ГН-200 и т. п.). Иньекторы забивают в фонт с помощью пневматических молотков или механических копров, а извлекают из грунта лебедкой, копром или домкратом грузоподъемностью 5... 10 т.

Цементация грунтов (преимущественно песчано-гравийных) производится иньекторами из стальных труб диаметром 25...75 мм, при этом изготавливают звенья длиной 1...1,5 м, которые соединяют муфтами по мере погружения труб в грунт. Обычно раствор готовят на цементах марки 400 при соотношении 0,8 (вода): 1 (цемент). Расход раствора составляет 0,2...0,4 м на 1 м укрепляемого грунта. После извлечения иньекторов из грунта скважину заливают цементным раствором. Возможно также использование цементно-глинопесчаных растворов: 1 (цемент): 1 (глина): 1 (песок): 4 (вода).

### **Свайные работы**

Сваи применяют для передачи нагрузки от возводимых зданий и сооружений нижележащим слоям грунта или для уплотнения грунта и увеличения его несущей способности как основания. К свайным работам также относят устройство шпунтовых ограждений при постройке водонепроницаемых перемычек, для защиты котлованов от грунтовых вод и удержания грунта от выпирания. По характеру работы сваи подразделяют на сваи-стойки, которые передают давление от зданий и сооружений на прочный грунт, расположенный под толщей слабого грунта, и висячие сваи, передающие нагрузку на окружающий грунт через трение о боковые стенки.

В плане сваи располагают полями - в несколько рядов или в шахматном порядке, кустами - группами из нескольких свай, рядами, сплошными шпунтовыми рядами. В грунт сваи забиваются вертикально (вертикальные сваи) и наклонно под некоторым углом (наклонные сваи). Верх свай срезают под один уровень и соединяют между собой ростверком, принимающим на себя нагрузку от зданий и сооружений, равномерно распределяя ее на сваи.

Размещение, тип, размер, глубина и способы погружения свай указываются в проектах. Сваи различают по способу изготовления, материалу, форме поперечного и продольного сечений и способу погружения (рис.3).

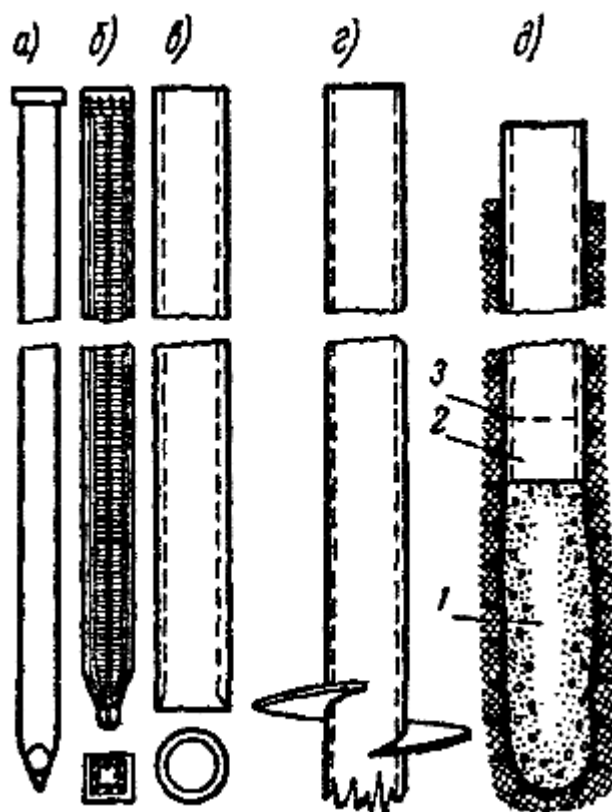


Рис.3. Виды свай

а - деревянная, б - железобетонная сплошного сечения, в - железобетонная полая, г - стальная винтовая, д - набивная бетонная в процессе изготовления 1 - бетон, 2 - стальная труба, 3 - верх бетона

Деревянные сваи изготавливают из хвойных пород - сосны, кедра, лиственницы, иногда используется дуб. Нижний конец сваи заостряется на длину, равную 1,5...2 диаметрам бревна, и на него надевается стальной башмак, предохраняющий заостренный конец сваи от разрушения во время забивки. На верхний конец сваи надевается стальное кольцо - бугель, предохраняющий от раскалывания и размачивания древесины сваи при ударах молотом. Деревянные сваи применяют длиной 4,5... 16 м с диаметром в тонком конце не менее 18 см.

Железобетонные сваи чаще всего бывают сплошные квадратного сечения 30 x 30 и 40 x 40 см, длиной 3...60 м с заостренным концом и стальным башмаком или обоймой (табл.3).

Таблица 3

Размеры железобетонных свай

Типы свай	Сечение, диаметр, см	Длина, м
Сплошные квадратного сечения		

с напряженной арматурой	30	3...12
с поперечной арматурой	30	3...16
без поперечного армирования	30	3...9
Составные квадратного сечения		
с поперечным армированием	30	14...20
с круглой полостью	30,40	3...8
Круглые сваи-оболочки		
Целые	40...80	4...8
составные	40...60	14...40

Полые железобетонные сваи круглого сечения - сваи-оболочки диаметром 40...60 см состоят из звеньев длиной 4, 6, 8, 10, 12 м, которые на месте соединяют болтами или с помощью сварки. Нижние звенья имеют наконечник, а верхнюю часть сваи-оболочки заполняют бетоном.

Металлические сваи изготавливают из проката разного профиля - двутавра, швеллера, рельсов, а также из труб. Трубчатые стальные сваи используют диаметром 30...60 см, при необходимости заполняют бетоном, превращая их в трубобетонные сваи. Трубчатые металлические сваи в сравнении с железобетонными имеют преимущества - сравнительно небольшой вес (в 3 раза меньше при той же длине), большие жесткость и прочность, неограниченная глубина забивки (производят отдельными звеньями, соединяемыми муфтами или электросваркой). Винтовые сваи представляют собой металлические трубы диаметром до 1 м и железобетонные стволы сплошного сечения, снабженные винтовой полостью для завинчивания в грунт. По сравнению с другими видами свай они обладают большей несущей способностью, заменяя от 4 до 10 железобетонных свай.

Шпунт стальной, деревянный и железобетонный применяют для устройства ограждений стенок глубоких котлованов и перемычек, в гидротехническом строительстве, при сооружении набережных и причалов. Для соединения отдельных шпунтин и образования сплошной стенки на обеих кромках каждой шпунтовой сваи делают замки различной формы.

Стальной шпунт представляет собой пластины плоской, корытообразной и зетовой формы (табл.6) длиной 12...25 м (рис.4).

Деревянный шпунт применяется при глубине забивки не более 3 м, изготавливается из чисто обрешных досок толщиной не менее 4 см.

Железобетонный шпунт выполняют прямоугольного сечения с пазом и гребнем трапецидальной или полукруглой формы.

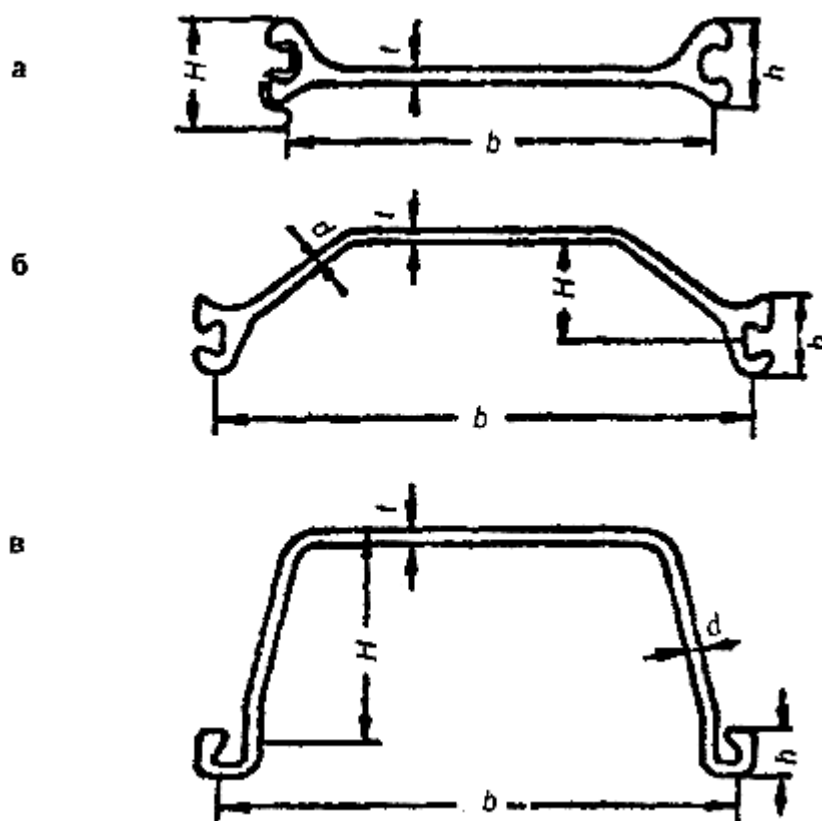


Рис.4. Профили стальных шпунтов

а - плоский ШП, б - корытный ШК, в - Ларсен (Л)

Набивные сваи делают в металлической оболочке - обсадной трубе или в предварительно пробуренные скважины с заполнением их бетоном. Иногда устанавливают металлический каркас и укладывают бетонную смесь или заполняют грунтом скважины, получая железобетонные и фунтовые сваи. Набивные сваи могут изготавливаться с уширенным основанием. При устройстве набивных свай устраняются сотрясения грунта, имеющиеся при забивке свай, поэтому такие сваи можно применять возле существующих сооружений и для усиления фундаментов. Недостаток набивных свай: при твердении уложенной бетонной смеси в присутствии грунтовых вод может снижаться прочность бетона; невозможность загружать набивные сваи непосредственно после изготовления.

Таблица 4

Стальной шпунт

Тип	В	Н	н	d	t	Масса 1 пм, кг
Плоский ШП-1	400	-	80	-	10	65
Корытный ШК-1	400	75	58	10	10	50
Ларсен Л-3	400	-	-	-	-	62

Л-4	400	180	-	15	11	72
Л-5	420	196	-	22	11	100

Готовые сваи погружаются в грунт ударами молота по свае, вибрационным воздействием или вдавливанием. Выбор механизма для погружения свай зависит от типа свай, их веса, количества, сроков забивки и наличия средств механизации.

Перед забивкой свай и шпунтов или бурением скважин для набивных свай производится разбивка их расположений на местности, которая осуществляется геодезическими инструментами или простым провешиванием с применением вешек, рулеток, отвеса и обносок. На обноску выносят оси продольных и поперечных рядов свай и закрепляют их на обноске гвоздями или зарубками. По осям каждого ряда натягивают тонкую проволоку, образующую сетку осей свайного основания. Опуская отвес в местах пересечения проволоки, переносят на местность центры каждой сваи, в которые вбиваются колышки с надписью номера сваи.

Процесс забивки и погружения свай в грунт состоит из трех операций:

- перемещение копра или крана к месту забивки сваи,
- подъем и установка сваи,
- погружение сваи в грунт.

Забивка или вибропогружение сваи занимает 20...30% времени от всего цикла, а остальное время затрачивается на передвижку копра и установку сваи. Забивка свай ведется в определенной последовательности, устанавливаемой проектом производства работ.

В зависимости от свойств грунтов применяют следующие схемы забивки свай: рядовую, спиральную - от середины к периметру и секционную (рис.5).

Рядовая схема применяется в несвязных грунтах, сваи забивают последовательно в каждом ряду. Применение такой схемы в связных грунтах может вызвать неравномерное напряжение в грунте и осадку сооружения.



Рис.5. Последовательность забивки свай

а - рядовая, б - спиральная, в - секционная

По спиральной схеме от середины к периметру ведут забивку свай в слабосжимаемых грунтах, при этом сваи средних рядов испытывают меньшее сопротивление, чем при забивке в первую очередь свай внешних рядов.

Секционная схема применяется при забивке свай в связных грунтах. Вначале забивают сваи в отдельных рядах секции с пропуском соседних рядов, затем в пропущенных рядах, чем достигается более равномерное нарушение структуры грунта на всей площади свайного поля. Для ускорения и облегчения погружения сваи (шпунта) в песчаных и гравелистых грунтах может применяться подмыв. К острию сваи с внешней стороны по двум-трем трубкам под напором подается вода, которая разрыхляет и насыщает водой грунт, и свая легче и быстрее погружается в него. Необходимый напор и расход воды, количество и диаметр подмывных труб зависят от вида грунта, поперечного сечения сваи и глубины погружения и должны указываться в проекте производства работ.

Ориентировочно для погружения сваи диаметром 40...50 см на глубину 8...16 м в илесто-глинистые грунты расходуется 900...1400 л воды в минуту. После прекращения подачи воды грунт уплотняется и хорошо обжимает сваю.

При наличии на территории строительства высоких грунтовых вод или заболоченных мест необходимо произвести водоотвод, водоотлив или водопонижение в зависимости от интенсивности притока воды. Водоотвод осуществляют системой открытых лотков или закладкой дренажа, укладывая на дно траншей и котлованов дренирующие материалы - песок, гравий, щебень, гальку и керамические или бетонные трубы диаметром 125...300 мм с зазорами в стыках.

Водоотлив применяют, когда в отрытых выемках приток воды мешает производству работ. Для отлива воды применяют насосы - центробежные, винтовые, диафрагмовые и поршневые. Наибольшее применение имеют насосы



центробежные типа С-374, С-665, С-666 с подачей до 120 м/ч, высотой подъема 9...20 м и высотой всасывания 6 м при массе насосов 86...290 кг.

Водопонижение на глубину до 6 м можно осуществлять иглофильтровыми установками, которые состоят из ряда эжекторных иглофильтров, погружаемых в грунт. Иглофильтры объединяют водосборным коллектором, подсоединяемым к насосу. Водопонижение применяют при краткосрочных работах по укладке трубопроводов в траншеях и возведении фундаментов.

### **Машины и механизмы для земляных и свайных работ**

Для выполнения земляных работ в строительстве применяются следующие типы машин: землеройно-транспортные, экскаваторы, бурильные и вспомогательные.

Землеройно-транспортные машины применяют для послойного снятия грунта, транспортировки его и выгрузки в насыпь или отвал. К таким машинам относят бульдозеры и скреперы различных типов. Бульдозеры широко применяются в строительстве при снятии верхнего слоя грунта и планировке местности, рытье неглубоких котлованов, засыпке котлованов и траншей после укладки трубопроводов, возведении фундаментов, уборке строительного мусора и т. д.

Скреперы колесные прицепные к тракторам в основном применяют в гидротехническом строительстве при устройстве выемок, подсыпок, планировке местности транспортировке грунта на расстояние до 200...400 м. Для больших выемок и дальних перемещений грунта используются самоходные автоскреперы.

Экскаваторы одноковшовые являются основными землеройными машинами, бывают на гусеничном и пневмоколесном ходу со сменным рабочим оборудованием - прямой или обратной лопатой, драглайном или грейфером (см. табл.5).

Экскаваторы с прямой лопатой применяют для разработки фунда с погрузкой на транспорт и реже для отсыпки грунта, при этом забой должен располагаться выше уровня стоянки экскаватора, а транспорт на одном или несколько выше уровне экскаватора.

Экскаватор с обратной лопатой применяют для разработки котлованов и траншей, при этом забой должен быть ниже уровня стоянки экскаватора, а транспорт на уровне стоянки.

Драглайн и грейфер как сменное оборудование могут использоваться на экскаваторах с прямой и обратной лопатой путем установки удлиненной стрелы и специальных ковшов. Экскаватор-драглайн применяют для разработок, требующих большого радиуса действия, глубоких выемок, с извлечением

грунта из-под воды, при этом транспорт располагается на уровне стоянки.

На экскаватор-грейфер подвешивается специальный ковш, состоящий из двух или более челюстей, смыкающихся и размыкающихся с помощью системы тросов. Ковш в раскрытом состоянии опускается на грунт и врезается в него, посредством сжимания челюстей ковш наполняется и поднимается, экскаватор поворачивается для выгрузки, разгруженный ковш возвращается в начальное положение.

Экскаватор-грейфер применяют для разработки глубоких малого сечения котлованов, извлечения грунта из-под воды, погрузки и разгрузки песка, гравия, щебня.

Одноковшовые экскаваторы могут оснащаться дополнительным навесным оборудованием: захватом корчевателя для корчевки пней, трамбовкой, дизель-молотом для рыхления мерзлого грунта, клин-бабой, направляющими копра для забивки свай, стрелой с крюком для подъема грузов и др.

Таблица 5

#### Машины для земляных работ

Машины	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Радиус копания (ширина резания, захвата, диаметр), м	Глубина копания (толщина слоя), м	Модель
Экскаваторы одноковшовые навесные на тракторах	0,15	4	2,2	Э-151А
	0,25	5	3	ЭО-2621А
Экскаваторы одноковшовые полноповоротные пневмоколесные	0,5	8,6	5	ЭО-3322Д, ЭО-3322А
	0,65	9	7	ЭО-4121, ЭО-3532
	0,8	7,5	3	ЭО-4123, ЭО-4321Б
	1	10	7	ЭО-4322
Экскаваторы одноковшовые полноповоротные	0,45	6	6,4	ЭО-3111, ЭО-3211Д
	0,65	7	7,5	ЭО-4121,

гусеничные				ЭО-4112
	1	12	6	ЭО-5111А, ЭО-4125
	1,5	12	6	ЭО-5116
	2,5	12	6	ЭО-6123
Экскаваторы роторные траншейные на тракторах, гусеничные	-	(0,3)	1,3	ЭТР-132Б ЭТР-134
	-	(0,68)	1,6	ЭТР-162
	-	(1,2)	2	ЭТР-204
	-	(0,8...1,5)	2,2	ЭТР-224
	-	(2,1)	2,5	ЭТР-253А
Экскаваторы многоковшовые траншейные цепные	-	(0,5)	0,8	ЭТЦ-080
	-	(0,4)	1,6	ЭТЦ-165А
	-	(0,8)	2,5	ЭТЦ-252
	-	(0,8...1,5)	3,5	ЭТЦ-353
Скреперы прицепные	3	(2,1)	0,2	ДЗ-33
	4,5	(2,4)	0,13	ДЗ-87, ДЗ- 111
	8	(2,7)	0,35	ДЗ-77А
Скреперы самоходные	4,5	(2,4)	0,2	ДЗ-87-1А
	15	(2,9)	0,35	ДЗ-13Б, ДЗ- 115
	25	(3,6)	0,25	ДЗ-67
Бульдозеры с неповоротным отвалом мощностью до 80 кВт	-	(2,5)	0,3	ДЗ-42, ДЗ- 133
	-	(3,2)	0,4	ДЗ-54
мощностью более 80 кВт	-	(3,2)	0,5	ДЗ-110В
	-	(4,3)	0,7	ДЗ-116В, ДЗ- 118
Катки статического действия: прицепные на пневмошинах, массой				
12,5 т	-	(2,2)	(0,25)	ДУ-30
25 т	-	(2,5)	(0,35)	ДУ-39, ДУ- 16Г

кулачковые, массой 8 т	-	(2,6)	(0,3)	ДУ-32
самоходные, массой 8 т	-	(1,3)	(0,15)	ДУ-47Б
16т	-	(1,6)	(0,15)	ДУ-31
30 т	-	(2,2)	(0,25)	ДУ-30
Катки вибрационного динамического действия прицепные массой				
3 т	-	(1,4)	(0,6)	ДУ-14
6 т	-	(1,8)	(1,2)	ДУ-8
самоходные массой				
2,5 т	-	(0,85)	(0,2)	ДУ-10А
4т	-	(1)	(0,3)	ДУ-25
Машины буровые и бурильно- крановые	-	(0,35...0,8)	2	ЭТЦ-288Д
	-	(0,35...0,8)	3	БМ-203
	-	(0,3...0,65)	8	БМ-802С
	-	(0,3...0,65)	15	БМК-1401, БМ-1500

Роторные экскаваторы по сравнению с цепными многоковшовыми экскаваторами более долговечны и производительны.

Бурильные машины навесные на автомобили и тракторы применяют для копания ям под столбовые фундаменты, столбы линий связи, заборов и др. Катки для уплотнения грунта бывают гладкие, кулачковые, с падающими грузами, вибрационные, пневмоколесные и комбинированные. Уплотнение грунта повышает устойчивость земляных сооружений, уменьшает их осадку и увеличивает водонепроницаемость.

При уплотнении грунта необходимо соблюдать следующие требования:

- уплотнение вести проходками вдоль оси насыпи, начиная от бровки по направлению к середине,
- край вальца катка должен быть не ближе 0,3 м от бровки во избежание обрушения откосов,
- каждый слой грунта должен уплотняться одинаковым количеством проходок,
- каждая проходка должна перекрывать след предыдущих на 10...15 см.

По эффективности работы и глубине уплотнения грунта трехтонный виброкаток равноценен катку со статической массой 25 т. Кроме катков для уплотнения грунтов применяют трамбовочные плиты (грузы) и машины.

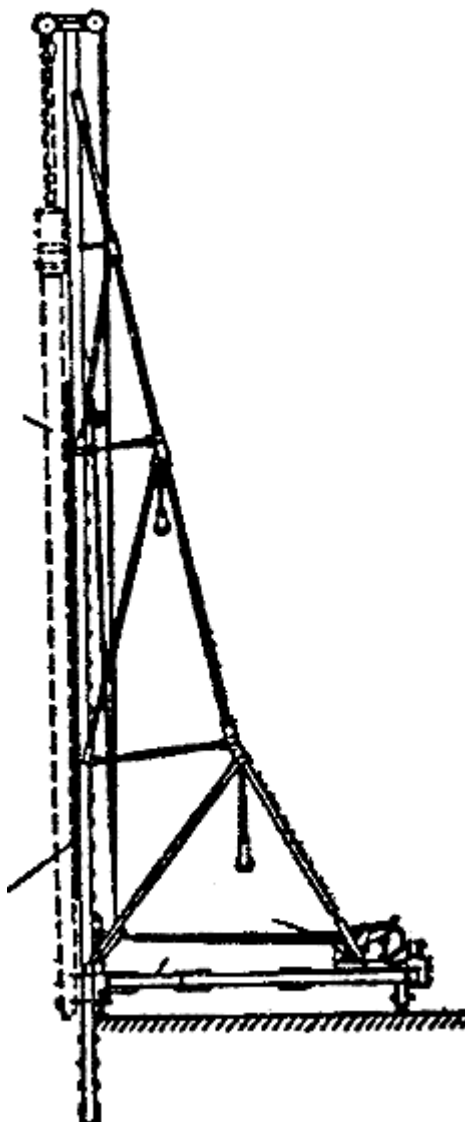


Рис.6. Копер для дизель-молота

Наиболее удобно использовать краны-копры - обычные подъемные краны (предпочтительно гусеничные) с подвесными стрелами копра, к крюку крана подвешивают сваебойный механизм.