

# Вертикальная планировка.(Земляные работы)

Разработка вертикальной планировки  
строительной  
площадки.(строительные машины,  
погрузчики, бульдозеры, экскаваторы,  
виды проходок)



**Вертикальная планировка** - важный элемент инженерной подготовки территории. Ее назначение - *преобразование существующего (естественного) рельефа в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории, благоприятным условиям для общего планировочного решения, с учетом экономических показателей и требований нормативных документов.* Вертикальная планировка заключается в замене реальной поверхности оформляющими наклонными и горизонтальными плоскостями, иногда криволинейными поверхностями различного порядка. Выбор проектной поверхности при проектировании определяется особенностями строительства и благоустройства. При строительстве и реконструкции населенных мест с помощью вертикальной планировки, обеспечивают нормальный отвод поверхностных вод с территорий города.

**Вертикальная планировка территорий** - это изменение естественного рельефа местности путем срезки и подсыпки грунта, смягчения уклонов и т. д. применительно к требованиям планировки и застройки.

При помощи вертикальной планировки рельеф приспособляется для строительства комплекса сооружений или отдельного объекта.

*Мероприятия по вертикальной планировке в значительной мере зависят от рельефа.*

Для целей градостроительства различают благоприятный и неблагоприятный рельеф.

**Благоприятный рельеф** имеет следующие градостроительные градации в зависимости от уклона (%):

спокойный - 0...0,4;

ровный - 0,4...3

и слабопересеченный - 3...6.

При таком рельефе строительство города в целом с прокладкой улиц, организацией стока поверхностных вод, возведением жилых, общественных и промышленных объектов не требует значительных масштабов вертикальной планировки.

**Неблагоприятный рельеф** оценивается как

пересеченный при уклоне 6...10 %,

сильнопересеченный - при уклоне 10...20%,

очень сильнопересеченный - 20 %

и горный свыше 20%.

Строительство на такой местности проводится в исключительных случаях и требует вертикальной планировки в больших объемах.

Стоимость строительства в таких районах значительно возрастает.

Обычно стоимость вертикальной планировки составляет 2...3 % от общей стоимости любого строительства, будь то целый город или отдельный объект.

**Вертикальная планировка местности входит в состав любого проекта и производится в начальный период, как проектирования, так и строительства.**

Работы при вертикальной планировке направлены главным образом на изменение микрорельефа.

При проектировании ПОС обязательно выполняются чертежи «Ситуационного плана» и «Генеральный план» в двух экземплярах, и иллюминируются следующим образом:

- существующие опорные здания - серый цвет(белый);
- существующие сносимые здания - желтый цвет;
- проектируемое здание - красный цвет;
- перспективные здания - красная штриховка;
- озеленения, временные здания и сооружения - светло-зеленый цвет;
- вода - светло-голубой цвет.

Трассы инженерных сетей иллюминируются следующим образом:

- коллектор для подземных коммуникаций - оранжевый цвет;
- теплосеть - зеленый цвет;
- газопровод - желтый цвет;
- водопровод - синий цвет;
- канализация - коричневый цвет;
- водосток и дренаж - голубой цвет;
- электрокабели - красный цвет;
- кабели связи - фиолетовый цвет.

При вертикальной планировке обычно максимально сохраняется естественный рельеф.

Объемы работ при частичном преобразовании рельефа с уклоном 0,4...10% составляют 800...1500 м<sup>3</sup>/га, рельефа с уклоном выше 10 % - 3000 м<sup>3</sup>/га.

Однако в исключительных случаях бывает необходимо коренное изменение рельефа. Оно осуществляется при комплексных инженерно-мелиоративных мероприятиях:

- засыпке оврагов,
- пробивке городских магистралей,
- сплошной подсыпке территории.

При объемах работ свыше 1 млн. м<sup>3</sup> применяют гидромеханизацию, а при объемах работ свыше 1,5 млн. м<sup>3</sup> - взрывную экскавацию.

При меньших объемах перемещаемых земляных масс вертикальную планировку выполняют, используя средства землеройной техники.

Вертикальную планировку подразделяют на:

- планировку при внутриквартальной застройке,
- строительстве спортивных сооружений,
- внутризаводских территорий и т.п.;
- планировку, выполняемую при строительстве линейных сооружений, отличающихся малой площадью и значительной протяженностью (дороги, каналы и др.).

Планировочные работы, производимые на местности землеройными машинами и механизмами в соответствии с проектом, по существу заключаются в образовании выемок и насыпей. *Наибольший экономический эффект при планировке получают тогда, когда работы производят с учетом баланса земляных работ (нулевого баланса), т.е. когда объемы грунта насыпей и выемок равны между собой. В этом случае при планировочных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а перемещают его на планируемом участке.*

Графической основой для составления проекта вертикальной планировки служит топографический план, получаемый в результате съемки местности. Чаще всего в качестве основы для разработки проекта используют материалы съемки, называемой *нивелирование поверхности*.

Основная часть действий, выполняемых в рамках вертикальной планировки, связана с земляными работами. Как правило, выполняются:

- срезка излишек грунта;
- подсыпка грунта при необходимости;
- перемещение земляных масс;
- укрепление структуры грунта;
- другие действия.

Это значит, что необходимо соблюдать условие, при котором баланс земляных масс должен быть приближенным к нулевому.

Если объемы выемок и наыпей не совпадают, то требуются дополнительные транспортные расходы, удорожающие строительство. Для определения баланса земляных масс в проекте организации работ составляют картограмму земляных работ.

*По результатам нивелирования по квадратам производят геодезические расчеты при проектировании горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ.*





## **Сток ливневых (талых) вод**

Неотъемлемой частью производства земляных работ являются работы, связанные с организацией сбора и стока поверхностной влаги. Речь идёт о ливневых и талых водах, которые неминуемо образуются в результате природных явлений.

Такая методика, как **вертикальная планировки территории**, помогает решать данную задачу. В частности, путем реализации схемы общей территориальной водосточной системы.

Проектирование схемы водостока необходимо осуществлять таким образом, чтобы реализовать сбор поверхностных вод без остатка. Кроме того, необходимо реализовать сток влаги в пригодные для этого места. Работа водосточной схемы должна обеспечивать оптимальный отвод ливневых и талых вод, не допуская подтопления подвальных помещений и участков на заниженных уровнях.

## Проектирование вертикальной планировки: Методы

Существуют разные методики *выполнения вертикальной планировки участков территории*. Обычно той или иной методикой пользуются, исходя из своеобразных особенностей рельефа местности.

На практике зачастую оперируют следующими методами:

- использование проектных меток красного цвета;
- использование сеточных профилей;
- использование проектных горизонталей красного цвета;

*Первая методика* на базе которой проектируется *вертикальная планировка различной территории*, находит широкое применение на *стадии проектирования*. В данном случае определяется высотное решение рельефной сетки и все детали вертикальной планировки.

Методика позволяет определять уровни уклонов, положение рельефа по высоте, превышения уровней и т.д. В качестве проектных указателей на плане строительства оставляют красные метки.

## Проектирование схемы вертикальной планировки методом проектных красных отметок

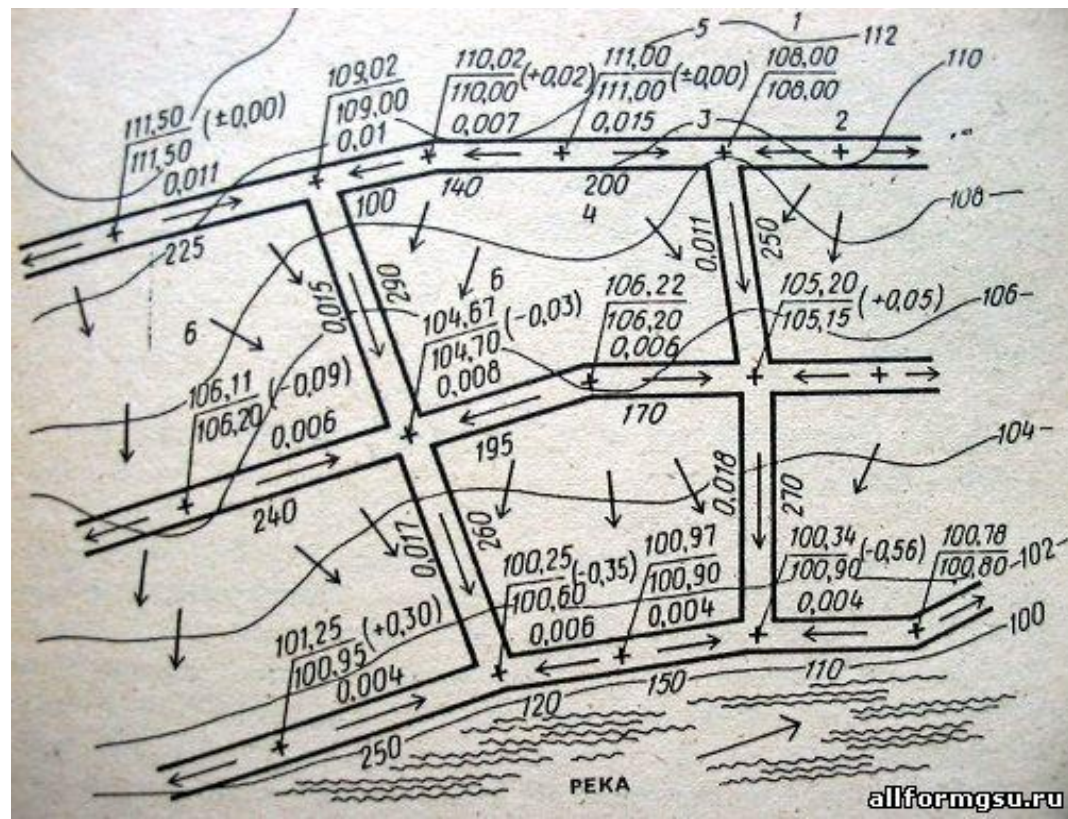
Процесс проектирования схемы вертикальной планировки состоит из двух последовательных этапов. На первом предварительном этапе *тщательно изучаются рельеф местности и материалы инженерных изысканий*.

На втором этапе *разрабатывается окончательная схема вертикальной планировки*.

При разработке схемы вертикальной планировки необходимо избегать образования пониженных мест, т. е. бессточных участков, куда направлены уклоны и где, соответственно, будут собираться поверхностные воды. На схеме вертикальной планировки, в местах пересечения осей здания, улицы или квартала и в точках изменения уклона наносят **существующие (черные) и проектируемые (красные) отметки**, а также рабочие отметки со своим знаком (разница между красной и черной отметкой);

стрелкой показывают направление продольного уклона объекта (улицы) от более высоких отметок к пониженным, над стрелкой отмечают продольный уклон, под ней - расстояние между точками, ограничивающими участок объекта(улицы) с этим уклоном.

**Проектные продольные уклоны желательно не изменять на небольших по длине участках**, так как переломы продольного профиля (отрезки с разным уклоном) сопрягаются вертикальными выпуклыми или вогнутыми кривыми, имеющими определенные наименьшие допустимые радиусы.



## Проектирование вертикальной планировки: Методы

*Вторая методика* предусматривает последовательное выполнение следующих мероприятий:

- разбивка на плане сетки профилей;
- формирование профилей по двум направлениям сетки;
- проектирование профилей с учётом взаимной увязки в точках их пересечения;
- определение общего объёма по земляным работам.

Эта методика отличается высокой сложностью. В случае допущенных ошибок, проектировать фактически приходится заново.

Методика обычно применяется для планирования местности под застройку большим количеством объектов.

*Третья методика* – красные проектные горизонталы, широко применяется в рамках проектирования компактных застроек, ландшафтных зон, транспортных подъездов.

*Метод позволяет точно определять области подсыпки или срезов грунта в любой точке заданного участка.*

В данном случае красным цветом отмечаются горизонталы проектируемого рельефа участка.

## Метод профилей.(Второй вариант)

Метод профилей достаточно трудоемок, так как проектируется одновременно большое количество профилей значительной протяженности.

*Особую сложность вызывает увязка проектных отметок в точках пересечения профилей.* Ошибки в несогласованности уклонов по соседним профилям, отступление от намечаемых или заданных форм поверхности всегда трудно исправимы и требуют иногда пересчета многих профилей.

*Частным случаем вертикальной планировки методом профилей является проектирование городских улиц и дорог, при котором метод профилей является наиболее удобным и наглядным.* Продольный профиль, при проектировании магистралей и дорог, проходит по оси улицы, а поперечные профили составляются на каждом пикете.

## Метод проектных (красных) горизонталей(третий метод).

Метод проектных горизонталей достаточно нагляден и позволяет определить проектные отметки любой точки территории, и рабочие отметки, участки срезки и подсыпки грунта. Построение горизонталей начинают с улиц и проездов, а затем увязывают с ними проектные горизонтали прилегающей застроенной территории.

*Красные горизонтали, в отличие от горизонталей существующего рельефа, показывают проектируемый рельеф территории, т.е. поверхность, преобразованную в целях планировки, застройки и благоустройства.* Проектные горизонтали обычно показываются на чертежах красным цветом, откуда и получили свое название «красных горизонталей». *Красные горизонтали проектируются сечениями через 0.1, 0.2 или 0,5 м, которые называются шагом горизонталей.*

При проектировании учитываются элементарные правила изображения рельефа в горизонталях:

- в пределах плана территории горизонтали не должны изменять принятого сечения;
- одноименные горизонтали не пересекаются (исключая пересечения местности отвесной стенкой);
- горизонтали не обрываются в пределах плана.

Разрабатывая проект вертикальной планировки в проектных горизонталях, следует иметь в виду, что *для уменьшения объемов земляных работ красные горизонтали должны располагаться как можно ближе к черным, имеющим такую же отметку. Совпадение их показывает, что в данном месте не нужна ни подсыпка, ни срезка грунта.* Горизонтали показываются на плане сплошными линиями. Для лучшего восприятия рельефа целые горизонтали показываются более утолщенными.

## Высотная привязка зданий (посадка зданий на рельеф)

Высоту посадки зданий определяют исходя из проектных отметок прилегающей территории и окаймляющих внутримикрорайонных проездов.

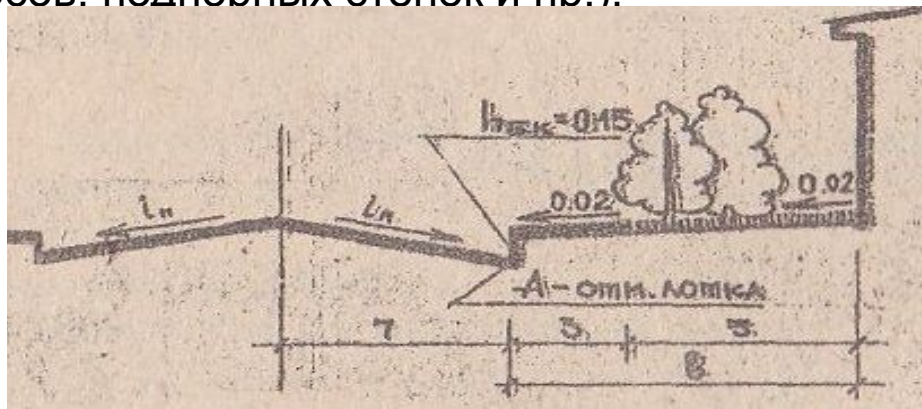
**Здания и сооружения на проектном рельефе не должны подтапливаться.**

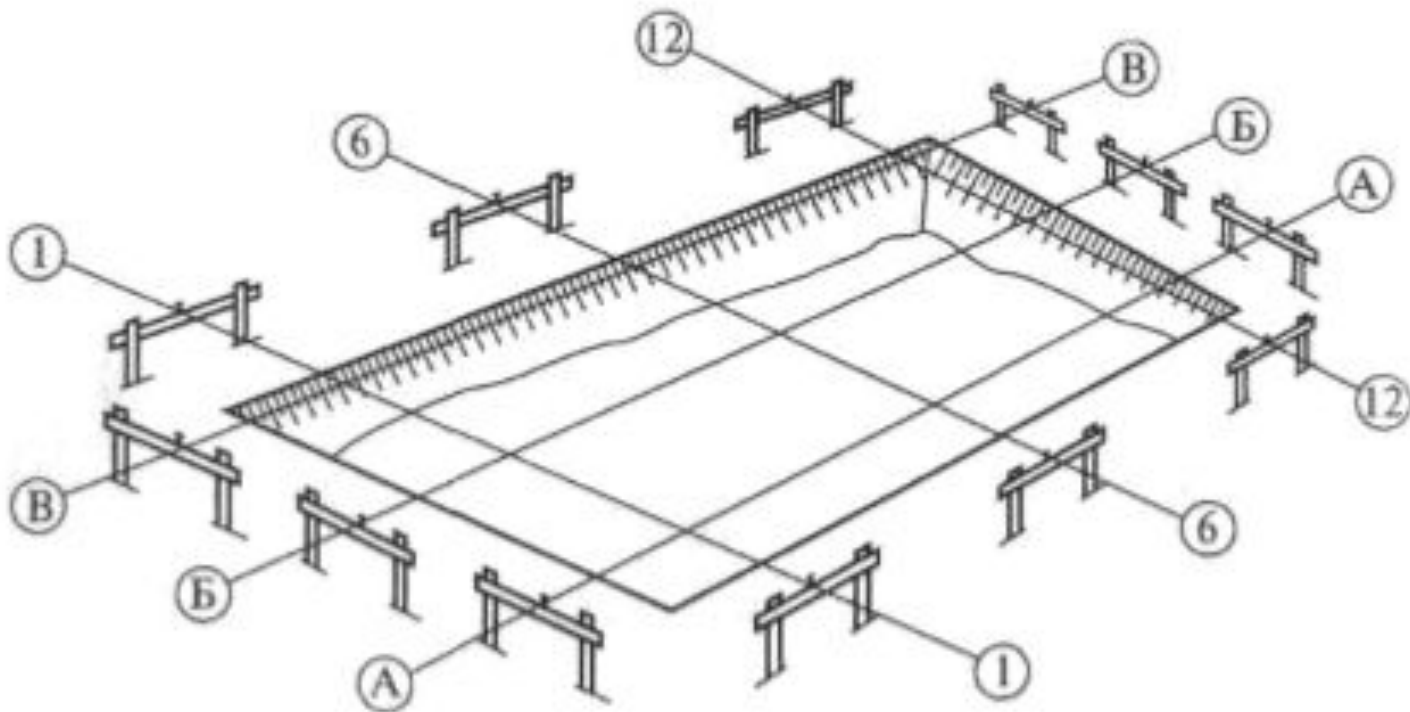
- В случае понижения рельефа в сторону здания, на расстоянии 5 м от отмостки устраивают искусственный лоток с поперечным уклоном от 10 до 25 %.
- Поперечный уклон отмостки здания принимают равным от 5 до 10%.
- Минимальный продольный уклон по зданию определяют из условий водоотвода - 4-5%.
- Максимальный продольный уклон назначают исходя из того, что **перепад красных отметок углов зданий не должен превышать 1, 2 м.**
- Наименьший перепад отметки чистого пола и отмостки назначают 0,5м, наибольший - от 1 до 2м.

Таким образом, **отметка чистого пола определяется суммированием максимальной красной отметки одного из углов здания и выбранного по проекту значения от 0.5 до 2м.** При большем перепаде высот необходимо изменение типового проекта здания, (использование домов ступенчатого типа, смещение по вертикали отдельных секций типовых домов) или проведение специальных мероприятий (террасирование склона, устройство откосов, подпорных стенок и пр.).

$$h_{\partial} = A + h_{б.к.} + \sum i_{попер} \cdot b$$

$$h_{\partial} = A + 0.15 + (3 \cdot 0,02) + (5 \cdot 0,02)$$





Створная обноска при современной организации строительной площадки является более рациональной. Она устанавливается лишь в местах закрепления осей (рис. 3) на произвольном расстоянии от контура здания.

Рисунок 3 – Створная обноска для закрепления осей здания

Помимо обноски, вынесенные в натуру оси закрепляют постоянными и временными знаками. Постоянными знаками обычно закрепляют главные и основные оси. Места закрепления осей постоянными знаками выбирают на генеральном плане с учетом долговременной их сохранности, а также обеспечения беспрепятственного ведения строительного-монтажных работ.



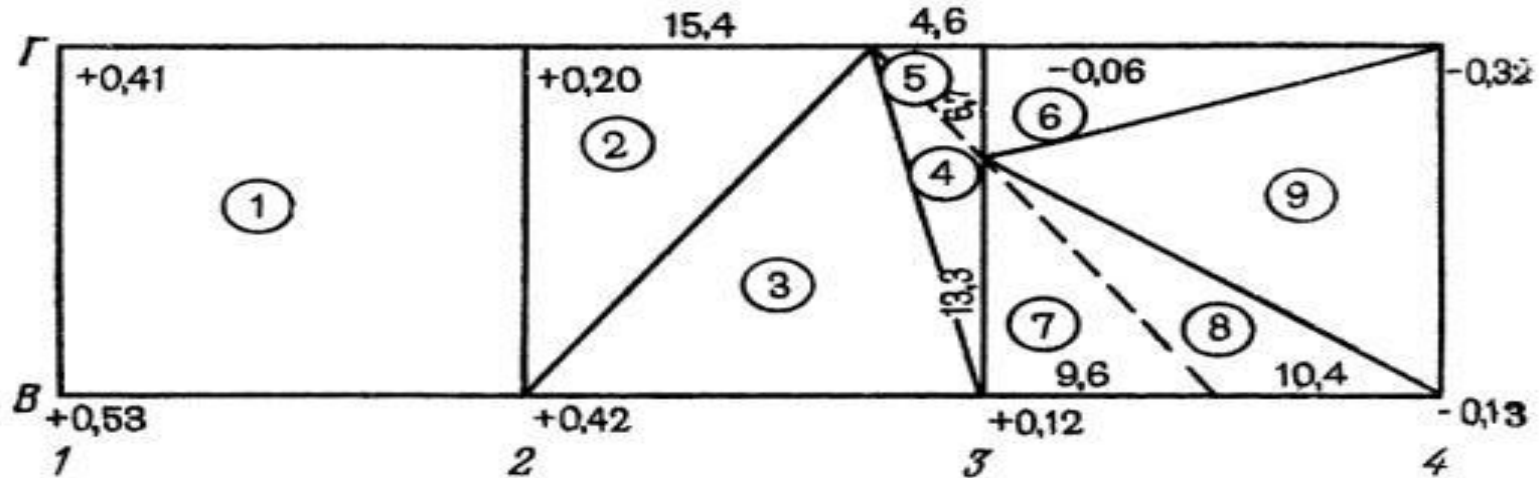
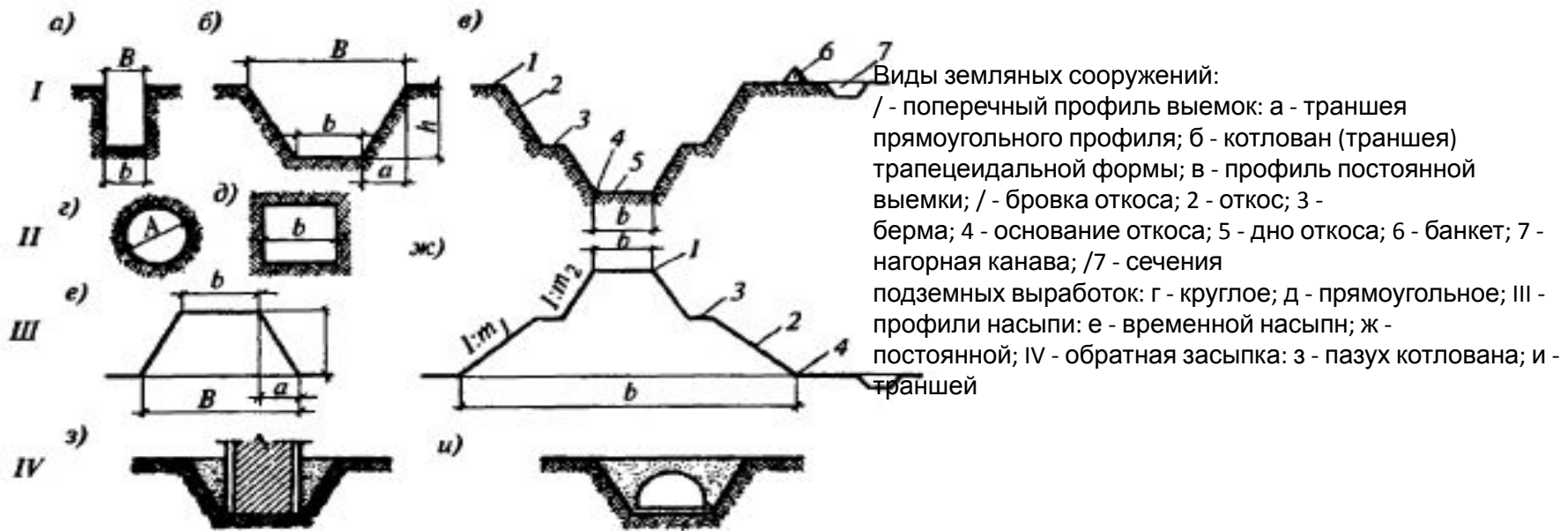


Рис. 26. Картограмма земляных работ при проектировании горизонтальной площадки

Земляные работы - относятся к комплексу работ нулевого цикла, к наиболее тяжелым и трудоемким видам строительных работ, выполняемым в сложных условиях и в значительной степени зависящих от природно-климатических факторов. Поэтому одной из задач, стоящих перед проектировщиками, технологами, строителями является разработка и реализация методов и технологий, способствующих сокращению объемов земляных работ на строительной площадке.

рациональное использование рельефа местности, устройство котлованов и траншей с вертикальными стенками, минимизация объемов перевалок и перегрузок грунта, бестраншейная прокладка коммуникаций,, повышение строительных свойств грунта (закрепление, армирование, применение геосинтетических материалов и др.). Этим целям служит также совершенствование средств механизации земляных работ, применение машин и сменного рабочего оборудования, позволяющих обеспечить

Выемки шириной более 3 м называют котлованами, более узкие выемки для ленточных фундаментов или сетей коммуникаций - траншеями, выемки под отдельно стоящие фундаменты или столбы - ямами. Эти сооружения имеют дно и боковые поверхности, наклонные откосы или вертикальные стенки. Выемки, разрабатываемые для добычи недостающего для строительства грунта, называют резервами; насыпи, в которые осуществляют отсыпку излишнего грунта, — кавальерами



разбивку земляных сооружений на местности, временное крепление стенок котлованов и траншей, срезку недоборов грунта, прокладку и содержание подъездных дорог, укладку геотекстильных материалов, контроль качества работ и др.

Для выполнения значительных объемов земляных работ используют разнообразную строительную технику - экскаваторы, бульдозеры, скреперы, средства гидромеханизации, взрывную технику.

Временное укрепление стенок выемок При возведении подземной части зданий и сооружений особые требования предъявляются к откосам и стенкам выемок.

Необходимость их крепления, а также конструкции крепления зависят от гидрогеологических условий и конструкции подземной части возводимого сооружения.

Вертикальные стенки в грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод допускаются без крепления: при глубине выемок в песчаных и крупнообломочных грунтах не более 1 м, в супесях - 1,25 м, в суглинках и глинах - 1,5 м, в особо плотных грунтах - 2 м.

При больших глубинах для предотвращения обвалов и оползней стенок выемок устраивают откосы, параметры которых определяются и регламентируются СНиПом. Необходимость устройства откосов ведет к значительному увеличению габаритов земляного сооружения и соответственно объемов разработки грунта, повышению материальных и трудовых затрат.

Шпунтовое ограждение является наиболее надежным, но и самым дорогим из существующих способов. Применяют шпунт при разработке выемок в водонасыщенных грунтах вблизи существующих зданий и сооружений.

разработка выемки, транспортирование грунта, отсыпка насыпи, при этом ведущим является процесс разработки грунта.

Разработка выемок производится тремя основными способами: резанием, размывом струей и взрывным способом. При механическом способе разработки действуют усилия резания или скалывания грунта рабочими органами различных машин. В результате определенные порции грунта отделяются от массива и могут быть перемещены. При разработке способом резания применяют землеройные, землеройно-транспортные и землеройно-планировочные машины.

Землеройные машины - экскаваторы, канавокопатели отрывают грунт ножом ковша, отсыпают его в отвал или бункеры транспорта, располагаемые в непосредственной близости от землеройной машины.

Землеройно-транспортные машины - скреперы и бульдозеры предназначены для разработки грунта в выемке, транспортирования его и отсыпки в насыпи. Эти машины обеспечивают полную механизацию всего комплексного процесса производства земляных работ.

Землеройно-планировочные машины - прицепные и самоходные грейдеры и бульдозеры предназначены для разработки, перемещения ^ планирования грунта.

Использование сменного рабочего оборудования дает возможность механизировать такие процессы, как: зачистка дна выемок; дробление и удаление негабаритов и валунов; отделка поверхности откосов земляного сооружения, дна выемок; послойное уплотнение грунта в стесненных условиях, при устройстве обратных засыпок; рыхление мерзлого и трудноразрабатываемого грунта.

# Крутизна откосов котлованов, траншей и других выемок в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод ([СНиП III-4-80\\*](#) п. 9.10)

<u>Виды грунтов</u>	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравийные	1:0,5	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лессы и лессовидные	1:1	1:0,5	1:0,5

## Примечания

1 При напластовании различных видов грунта крутизну откосов для всех пластов надлежит назначать по наиболее слабому виду грунта.

2 В нескальных и незамерзших грунтах выше уровня грунтовых вод и при отсутствии вблизи подземных сооружений рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления допускается на глубину не более, м: ([СНиП III-4-80\\*](#) п. 9.9):

- в насыпных, песчаных и крупнообломочных грунтах - 1,0
- в супесях - 1,25
- в суглинках и глинах - 1,50

3 При высоте откосов более 5 м в однородных грунтах их крутизну допускается принимать по графикам приложения 3 [СНиП 3.02.01-87](#) «Земляные сооружения, основания и фундаменты», но не круче указанных в данной таблице для глубины выемки 5 м, и во всех грунтах (включая скальные) не более 80°. Крутизна откосов выемок, разрабатываемых в скальных грунтах с применением взрывных работ, должна быть установлена в проекте ([СНиП 3.02.01-87](#) п. 3.11).

**Крутизна откосов котлованов в непереувлажненных грунтах**

**Отношение высоты откоса к его заложению 1:m при  
глубине копания до, м**

Группа грунта	Наименование грунта	Отношение высоты откоса к его заложению 1:m при глубине копания до, м						
		1,5	3	5	5-6	6-8	6-10	10-14
I	Насыпной	1:0,67	1:1	1:1,25	-	-	-	-
I	Песок влажный	1:0,5	1:1	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2
I	Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75
I-II	Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75	1:0,85	1:1	1:1,25	1:1,5
III-IV	Тяжелый суглинок глина	1:0	1:0,25	1:0,5	1:0,75	1:1	1:1,25	1:1,5
		по СНиП III-4-80*				по расчету		

Для определения характеристики грунта при установке крана у котлована (выемки) необходимо руководствоваться инженерно-геологическим заключением о грунтах, при этом при наличии в откосе разнородных грунтов определение приближения крана производится по одному виду грунта с наихудшими показателями (по наиболее слабому грунту).

При выборе крана с подъемной стрелой необходимо, чтобы от габарита стрелы до выступающих частей здания соблюдалось расстояние не менее 0,5 м, а до перекрытия (покрытия) здания и других площадок, на которых могут находиться люди, не менее 2 м по вертикали

Наибольшее применение имеют одноковшовые экскаваторы

транспортные средства и обратного хода в забой. Забьем называется рабочая зона экскаватора, в которую входят: площадка, на которой находится экскаватор, часть массива грунта, разрабатываемого экскаватором с одной стоянки, и площадка, на которой устанавливается транспорт под погрузку или размещается отвал грунта. Геометрические размеры и форма забоя зависят от оборудования экскаватора и его параметров, размеров выемки, видов транспорта и принятой схемы разработки грунта. Применение рациональных приемов работы в правильно выбранном забое обеспечивает максимальную эффективность использования оборудования и высокую производительность при минимальной себестоимости выполняемых земляных работ. В технических характеристиках экскаваторов любой марки приведены, как правило, максимальные показатели этих машин: радиусы резания, выгрузки, высота выгрузки и др. Работа на максимальных для данной машины параметрах приводит к ее быстрому износу и, как следствие, к снижению ее производительности. Поэтому для производства земляных работ следует принимать оптимальные рабочие параметры, составляющие 0,9 максимальных паспортных данных:  $P_{\text{опт}} = 0,9 P_{\text{наибольш}}$ . Оптимальная высота или глубина забоя должна быть достаточной для заполнения ковша экскаватора за одно черпание. Если высота забоя относительно мала (например, при разработке планировочной выемки), целесообразно использовать экскаватор совместно с бульдозером. Последний разрабатывает грунт и перемещает его к рабочему месту экскаватора. Здесь бульдозер окучивает грунт, обеспечивая достаточную высоту забоя, что позволяет эффективно применять экскаватор. Экскаватор и транспортные средства должны быть расположены таким образом, чтобы средняя величина угла поворота экскаватора от места заполнения ковша до места выгрузки была минимальной, так как на время поворота стрелы может расходоваться до 70 % рабочего времени цикла экскаватора. Выемка, образуемая в результате последовательной



Разравнивание проводят горизонтальными слоями при продольном ходе бульдозера. Толщина слоев 0,2-0,4 м в рыхлом состоянии. Последовательность и число проходов бульдозера зависит от ширины насыпи. Разравнивание проводят от краев насыпи к ее середине с перекрытием предыдущего прохода на 0,3 м. Для уплотнения грунта чаще всего применяют прицепные катки, самые эффективные из которых - катки на пневмоходу. Уплотнение грунта ведут в той же последовательности что и его отсыпку. Грунт уплотняют путем последовательных круговых проходов катка по всей площади насыпи, причем каждая проходка должна перекрывать предыдущую на 0,2-0,3 м. Закончив укатку всей площади за один проход, приступают ко второй проходке. Чтобы грунт не обрушился вблизи насыпи, первые две проходки вдоль откоса ведут на расстоянии не менее 1,5 м от бровки. Последующие проходки смещают на 0,5 м в сторону бровки,

Разработку грунта одноковшовыми экскаваторами ведут позиционно. Рабочая площадка экскаватора называется забоем.

**Забой** - рабочая зона экскаватора, включающая площадку, где расположен экскаватор; часть разрабатываемого массива грунта; места установки транспортных средств; площадку для укладки разрабатываемого грунта (при работе в отвал).

По окончании разработки грунта в данном забое экскаватор перемещается на новую позицию. Экскаватор и транспортные средства должны быть расположены в забое таким образом, чтобы среднее значение угла поворота экскаватора от места заполнения ковша до места его выгрузки было минимальным, так как поворот стрелы осуществляется дважды - с грузом до транспортного средства и после выгрузки, то время поворота в среднем составляет до 70% рабочего времени одного цикла экскаватора.

В зависимости от условий строительной площадки выбор экскаватора начинают с определения наиболее целесообразных вместимости ковша и типа экскаватора, а также требуемых параметров - длины стрелы, радиуса резания, выгрузки и др. Выбор сменного оборудования экскаватора зависит от уровня грунтовых вод и характера разрабатываемой выемки (траншея, узкий или широкий котлован).

стоянки не более чем на 10...20 см, нормативная производительность может быть достигнута при высоте забоя не менее 1,5 м. Опорожняется ковш путем открытия его днища. Такая конструкция прямой лопаты обеспечивает ей наибольшую производительность за счет наполнения ковша «с шапкой».

При разработке грунтов 1-й и 2-й групп экскаватор может быть снабжен ковшом увеличенного объема. Экскаватор применяется в основном при необходимости погрузки грунта в транспортные средства. Нецелесообразно использование экскаватора, если уровень грунтовых вод выше подошвы выемки, так как движение экскаватора и транспортных средств по мокрому грунту затруднено.

Разработку фунта экскаватором «прямая лопата» производят лобовым и боковым забоями.

**Лобовой забой** применяют при разработке экскаватором грунта впереди себя и отфузке его на транспортные средства, которые подаются к экскаватору по дну забоя или сбоку по естественной поверхности земли. В первом случае автомобили под-ходят задним ходом попеременно то с одной, то с другой стороны забоя, размер которого понизу не должен быть менее 7 м. При таких условиях работы угол поворота экскаватора достигает 140...180<sup>0</sup>, что значительно снижает его производительность. По этим причинам лобовой забой принимают крайне редко, в основном при устройстве въездного пандуса в котлован или при разработке первой (пионерской) проходки.

Более эффективным является разработка грунта **боковым забоем**, когда заполнение ковша грунтом осуществляется преимущественно с одной стороны движения экскаватора и частично впереди себя. По этой схеме транспорт подается под загрузку сбоку выработки, чем достигается значительное уменьшение угла поворота стрелы экскаватора (в пределах 70...90<sup>0</sup>) при погрузке грунта в

**Поперечно-челночная схема** дает возможность набирать грунт поочередно с каждой боковой стороны самосвала, подаваемого под погрузку по дну выемки, не прекращая поворота стрелы в момент выгрузки грунта. При **продольно-челночной схеме** грунт набирают перед задней стенкой кузова и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. В цикле работы экскаватора повороты занимают основное время, в этом плане челночные схемы с минимальным углом поворота для погрузки и выгрузки являются оптимальными. Благодаря уменьшению высоты подъема ковша и сокращению угла поворота экскаватора (при продольно-челночной схеме около  $0^\circ$ , а при поперечно-челночной  $9...20^\circ$ ) производительность экскаватора увеличивается в 1,5...2 раза. Строительные экскаваторы «драглайн» применяют с ковшем вместимостью  $0,25...2,5 \text{ м}^3$

Обратная лопата - это открытые снизу ковш с режущим передним краем, шарнирно соединенный с рукоятью, которая, в свою очередь, шарнирно соединена со стрелой. По мере протягивания назад ковш заполняется грунтом. Затем при вертикальном положении рукояти ковш переводят к месту выгрузки и разгружают путем подъема с одновременным опрокидыванием.

Разработку грунта экскаватором «обратная лопата» производят боковым и лобовым забоями с погрузкой грунта в транспорт или в отвал (рис. 5.14). При **боковом забое** экскаватор разрабатывает выемки сбоку, ширина выемки ограничена радиусом резания, разработка грунта осуществляется поперек гусеничной ленты, т. е. при наименее устойчивом положении экскаватора. При **лобовом забое** черпание грунта производят при постепенном движении экскаватора задним ходом, разгрузку выполняют в транспортные средства, которые подаются к экскаватору по дну забоя или сбоку по естественной поверхности земли. Ширина забоя ограничивается только требованием нормальной производительности механизма. При лобовом забое экскаватор опускает стрелу с рукоятью в самое нижнее положение между гусеницами, поэтому глубина разработки узких траншей больше, чем широких.

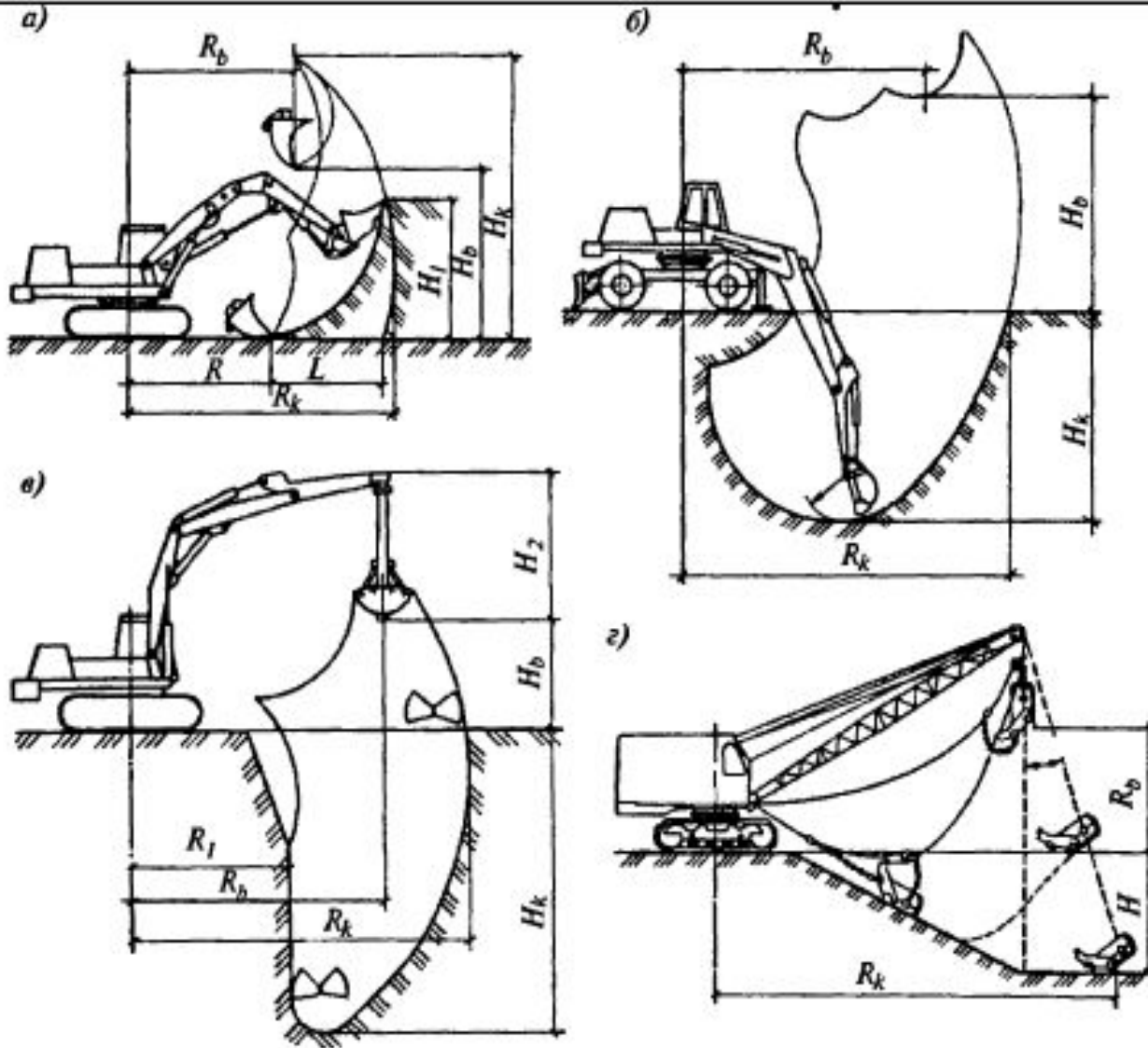
Отрывку котлованов шириной до 14 м обычно осуществляют лобовой проходкой при перемещении экскаватора по зигзагу, а при большей ширине - поперечно-торцевой или продольно-торцевой.

В соответствии с действующим ГОСТ «Экскаваторы универсальные полноповоротные» основным рабочим оборудованием для экскаваторов в настоящее время является обратная лопата. Экскаватор может комплектоваться оборудованием прямая лопата, жесткий грейфер, гидромолот, зуб-рыхлитель, а также сменными ковшами различной вместимости и назначения.

## **Гидравлические экскаваторы имеют следующие основные преимущества:**

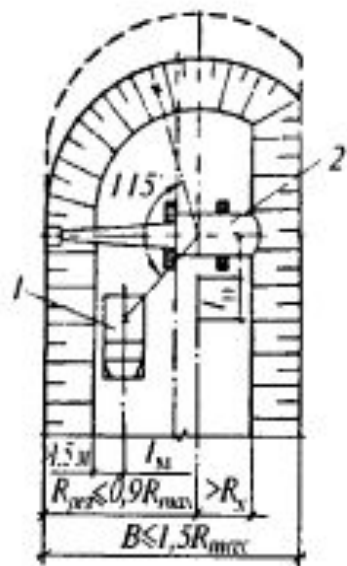
- существенное увеличение производительности новых машин по сравнению с машинами, имеющими механический (канатный) привод;
- снижение удельной материалоемкости и удельной энергоемкости машин;
- расширение универсальности гидравлических экскаваторов за счет сменного оборудования и рабочих органов до 40 наименований;
- автоматизация рабочего процесса;
- коренное усовершенствование систем управления и создание комфортных условий для работы машиниста;
- улучшение эстетического вида машин;
- кардинальное повышение ходовых качеств гусеничных машин.

Среди всех типов универсальных экскаваторов гусеничные машины занимают ведущее место, так как не имеют ограничения по массе по сравнению с колесными экскаваторами. Наибольшее распространение в большинстве стран получили гусеничные гидравлические экскаваторы массой 10...50 т, которые выполняют основной объем земляных работ в гражданском и промышленном строительстве.



. Схемы работы гидравлических экскаваторов:  
 а - с прямой лопатой; б - с обратной лопатой; в - с грейферным оборудованием; г - с оборудованием «драглайн»

а)



б)

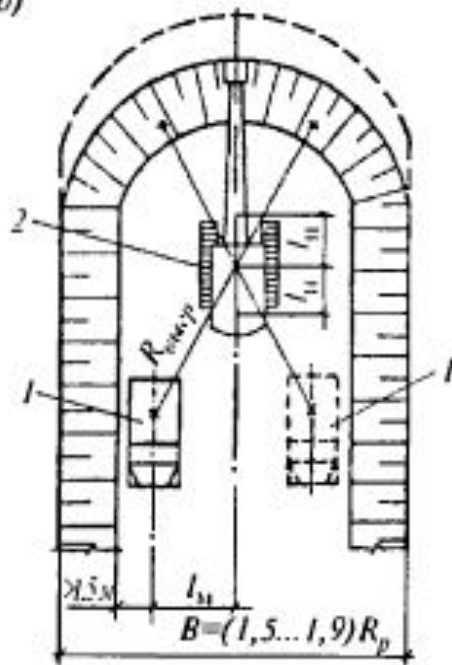
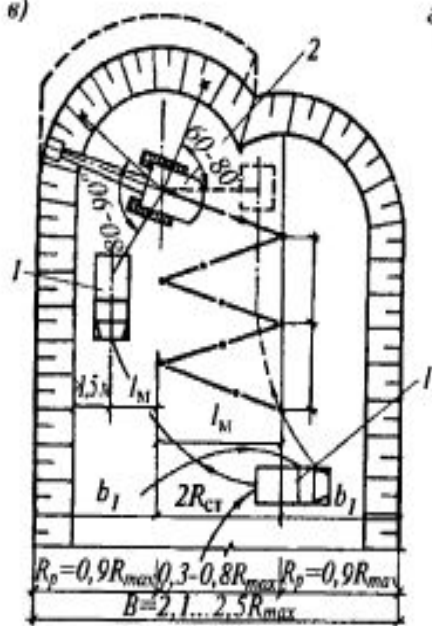


Схема работы экскаватора прямая лопата:

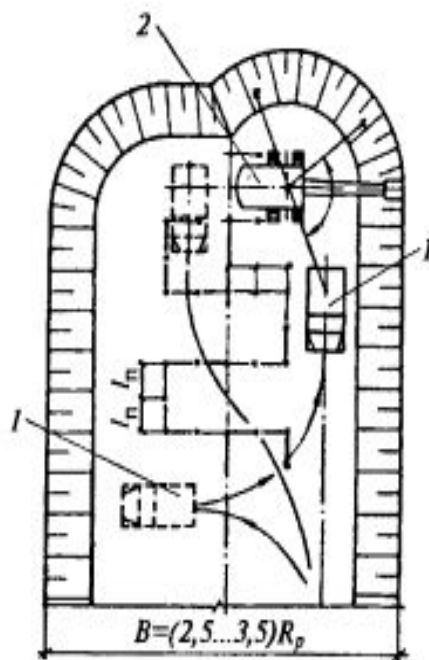
о - при узком лобовом забое; б - при забое нормальной ширины; в - при уширенном лобовом

забое при схеме «зигзаг»; г - то же, при перемещении экскаватора поперек выемки; / - самосвал; 2 – экскаватор

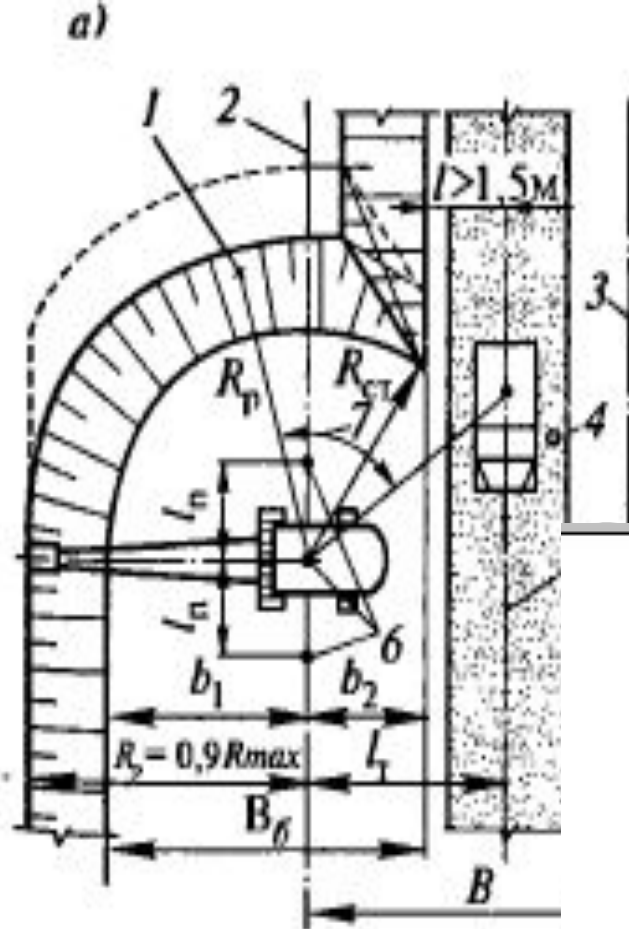
в)



г)

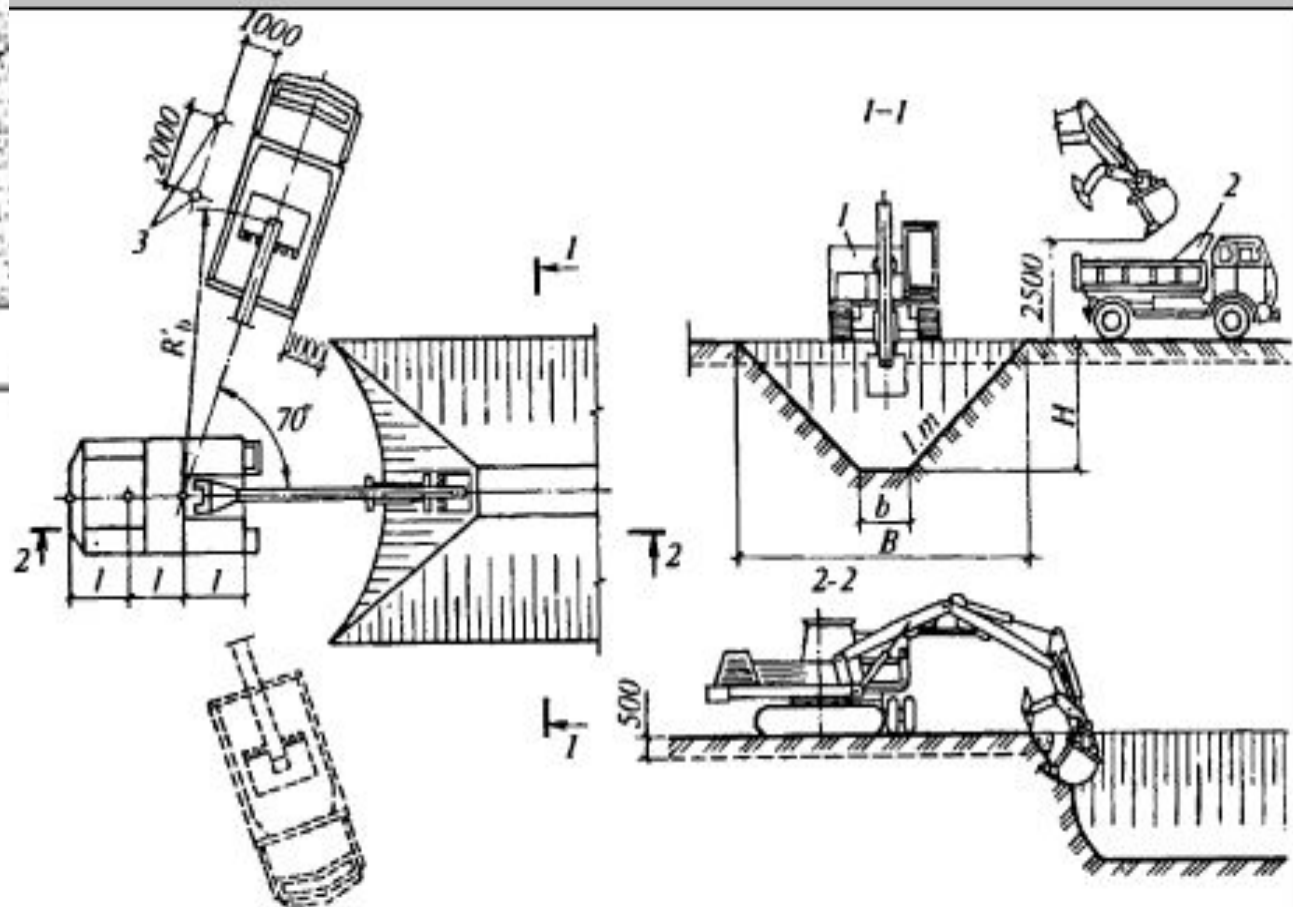






Работа экскаватора «прямая лопата» при боковом забое:

" - схеиа работы; б — схема подачи самосвалов под погрузку; / - центр тяжести забоя; 2 - ось "Фоходки экскаватора; i - ось предыдущей проходки; 4 - вешка; 5 - ось движения автосамосвала;  
 б - стоянки экскаватора; 7 - средний угол



Технологическая схема разработки выемок обратной лопатой:  
 / - экскаватор; 2 - самосвал; i - вешки

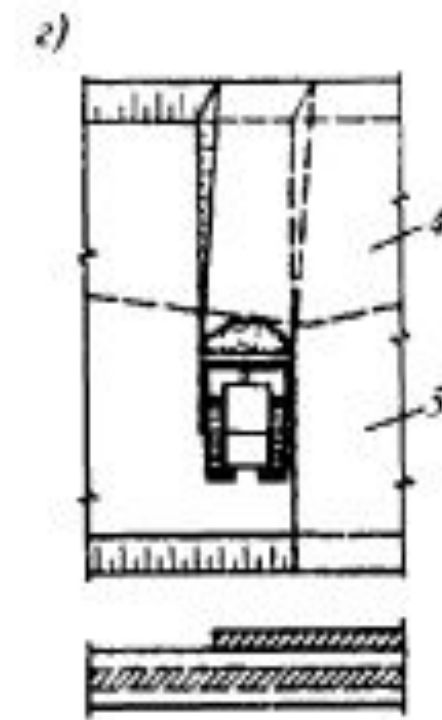
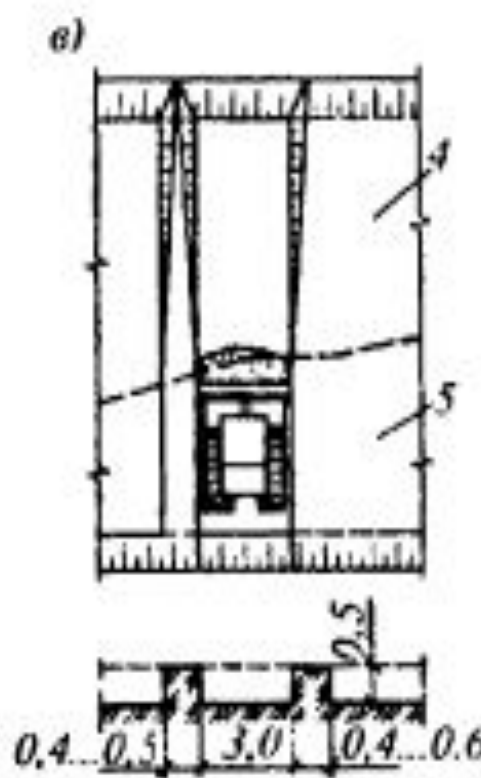
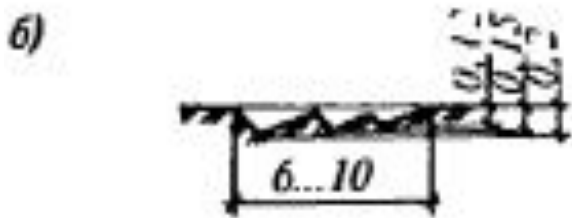


Схема резания и перемещения грунта бульдозером:  
 а - продольная при резании под уклон; б - то же, при горизонтальном участке; в -  
 то же,  
 траншейным способом; г - то же, послойным способом, / - участок резания: 2 -  
 то же, перемещения,  
 і - то же, разгрузки; 4 - насыпь; 5 - выемка

Для продольной разработки грунта в котловане определим параметр его разработки **A**.  
 В основе выбора марки экскаватора лежит соответствие его технических характеристик параметрам разработки котлована. В данном случае возможные три схемы разработки котлована:

- продольная;
- поперечная;
- комбинированная, с использованием бульдозера.

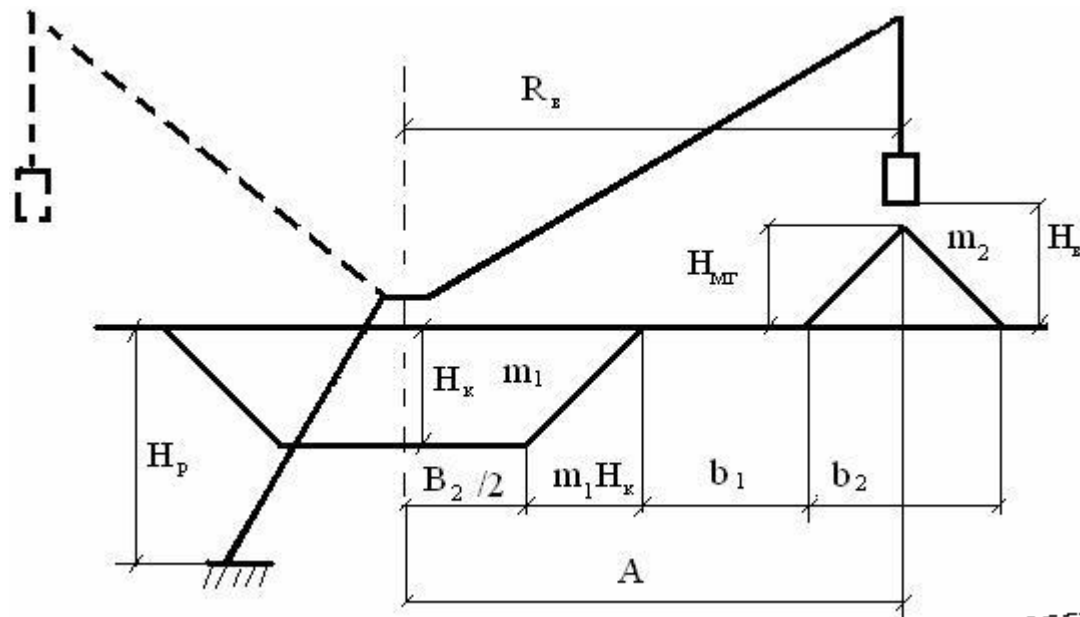


Рис. 2.1 Схема продольной разработки грунта в котловане НС

где:

- $B_2$  - ширина котлована по низу ;
- $m_1$  - коэффициент заложения откоса котлована - 0,75;
- $H_k$  - глубина котлована ;
- $b_1$  - ширина бермы или расстояние от верхней бровки котлована до нижней основы отвала ;
- $m_2$  - коэффициент заложения откосов отвала - 1,5;
- $H_{отв}$  - высота отвала ;

Схема поперечной разработки грунта в котловане  
НС

Условия выбора экскаватора по поперечной схеме разработки

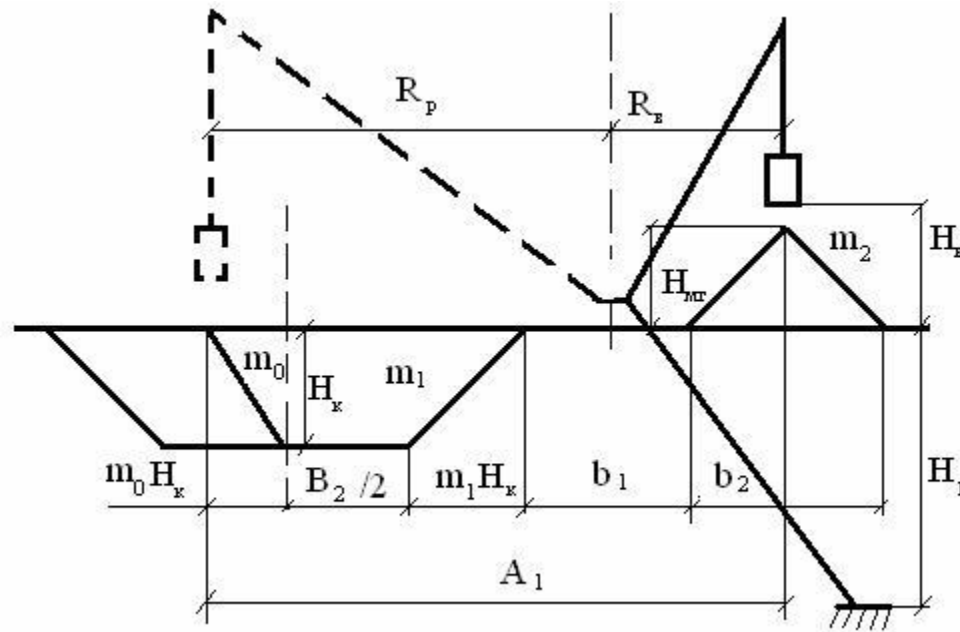
1. Необходимо чтобы сумма радиусов резания и выгрузки равнялась параметру разработки  $A_1$  (27,1 м), или была больше.

2. Глубина резания экскаватора должна быть не менее чем глубина котлована  $H_k$  (2,85 м)

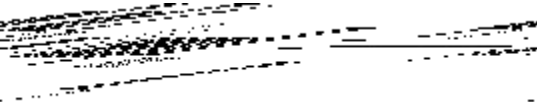
3. Высота выгрузки экскаватора  $H_{мг}$  должна равняться высоте отвала  $H_{мг}$  (3,72м), или быть больше

4. Длина ковша экскаватора  $l_k$  должна быть не более чем ширина котлована по низу  $B_2/2$  (6,85м)

Длительность разработки грунта в котловане НС определяется по формуле:



где:  
 $V_{3.3}$  - объем обратной засыпки, 1059,8 м<sup>3</sup>;  
 $P_{\text{экс.}}$  - эксплуатационная производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/смену



Где:  $q$  - геометрическая емкость ковша;  $K_n$  - коэффициент использования емкости ковша экскаватора, 1,1;  
 $n$  - количество циклов в единицу времени при расчетных условиях, 133;  $K_y$  - коэффициент использования рабочего времени, 0,8;  $t_{3M}$  - длительность смены, 8 часов;  $K_p$  - коэффициент начального разрыхления, 1,25

## В чем смысл недобора грунта?

В целях обеспечения надежности работы сооружения фундаменты следует возводить на грунте ненарушенной структуры, ибо свойства такого грунта учтены в расчетах прочности, осадок. Естественно, при экскаваторной разработке невозможно гарантировать выработку подошвы выемки строго под проектную отметку. Кроме того, между выработкой и установкой или бетонированием фундамента может происходить разрушение природной структуры грунта из-за выветривания, выпадения дождя и т. д. Поэтому механизированную разработку выемки ведут с оставлением защитного слоя – «недобора». Величина недобора зависит от жесткости (управляемости) подвески ковша экскаватора и его емкости и может приниматься по таблице 2.

Недоборы разрабатывают строго перед монтажом или бетонированием фундамента, не позволяя грунту основания разуплотниться, выветриться, не снимая недобор с площадей впрок.

Рабочее оборудование экскаватора	Недоборы экскаватора в см., при емкости ковша м <sup>3</sup>				
	0,25 – 0,4	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

## Рекомендуемая длина передвижки экскаватора

Емкость ковша экскаватора,  
м<sup>3</sup>

Длина передвижки экскаватора, м

прямая лопата

обратная лопата

0,15

1,0

1,1

0,25

1,1

1,25

0,4

1,3

1,4

0,65

1,5

1,55

1,0

1,75

1,75

1,6

2,0

2,0

2,5

2,3

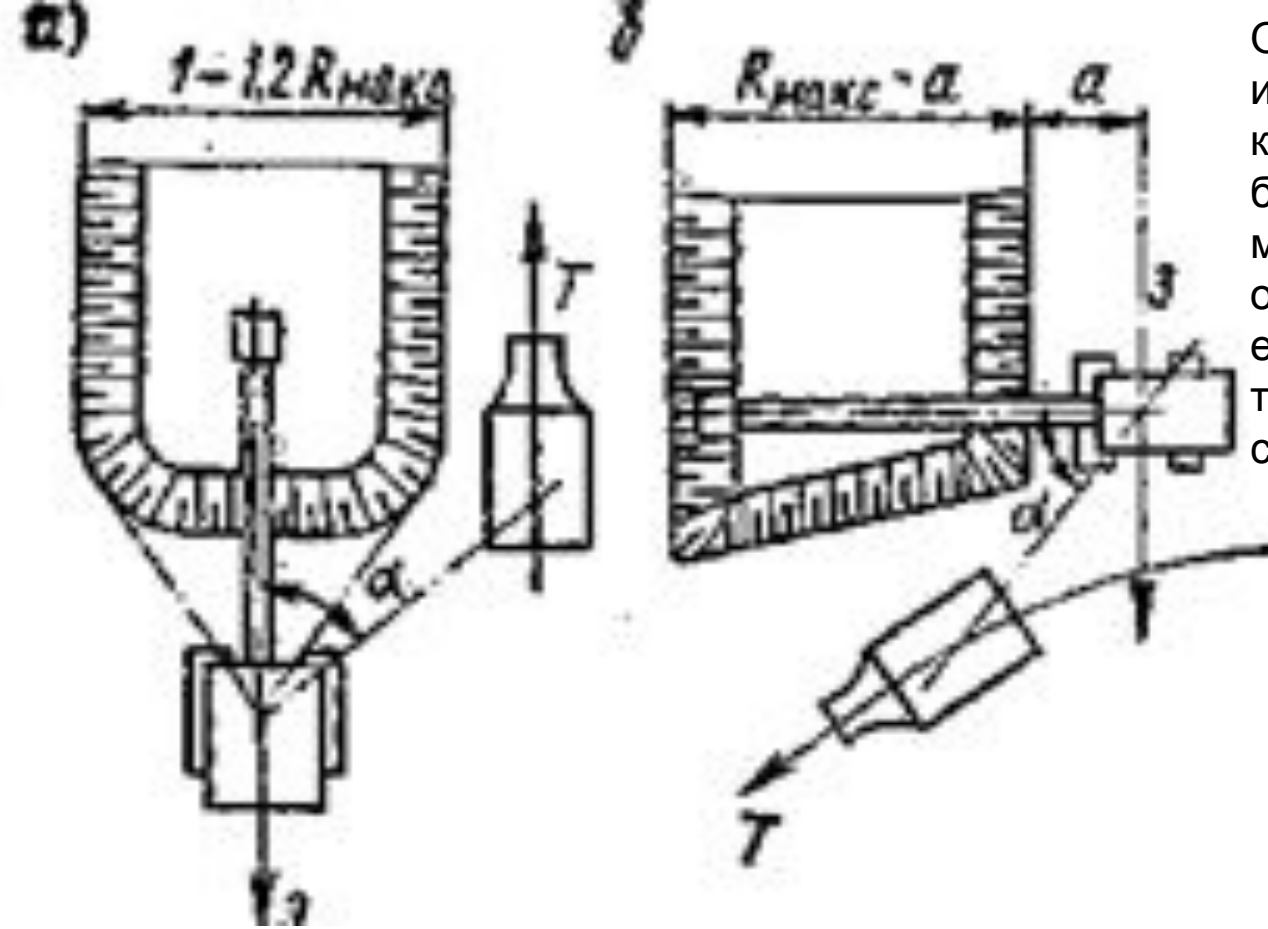
2,3

Боковой забой (боковая проходка) образуется при смещении экскаватора относительно оси разработки. Величина смещения может быть продиктована, например, необходимостью выгрузки грунта непосредственно в кавальер, как показано на рисунке 6а. Здесь объем грунта из принятой боковой проходки равен объему обратной засыпки. Поэтому грунт остальной части котлована, вырабатываемый зигзагообразной торцевой проходкой, вывозится.

## **Зависимость емкости ковша экскаватора от объема земляных работ**

Остальные требуемые параметры находят из технологических схем, вписыванием экскаватора в требуемую технологическую ситуацию.

<b>Объем котлована, тыс.м<sup>3</sup></b>	<b>Емкость ковша экскаватора, м<sup>3</sup></b>
<i>до 0,5</i>	<i>0,15</i>
<i>0,5-1,5</i>	<i>0,24-0,3</i>
<i>1,5-5</i>	<i>0,5</i>
<i>2-8</i>	<i>0,65</i>
<i>6-11</i>	<i>0,8</i>
<i>11-15</i>	<i>1,0</i>
<i>13-18</i>	<i>1,25-1,5</i>
<i>более 20</i>	<i>более 2</i>



Обратная лопата используется для разработки котлованов глубиной не более 5,5 м и траншей до 7 м. Жесткое крепление ковша обратной лопаты придает ему способность рыть узкие траншеи с вертикальными стенками.

Рис. 3.15. Схемы разработки выемки обратной лопатой  
 а — торцевая проходка; б — боковая проходка; Э и Т — оси движения экскаватора и транспорта



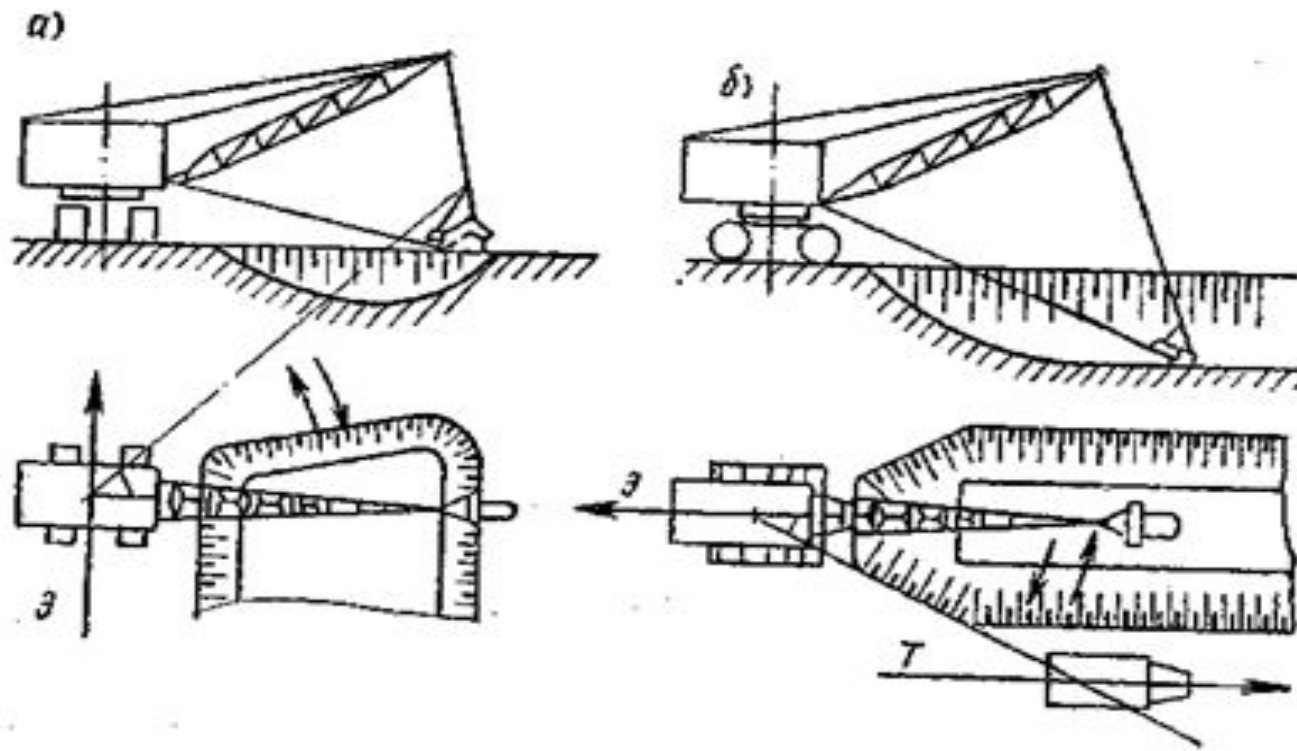


Рис. 3.16. Схемы разработки выемки драглайном « — боковая проходка; б — торцевая проходка; Э и Г — оси движения экскаватора и транспорта

Глубина разрабатываемых узких траншей больше, чем котлованов, так как экскаватор может опускать стрелу с рукоятью в самое нижнее положение, сохраняя устойчивость.

Разработка грунта скреперами и бульдозерами. Скрепер — это машина, предназначенная для послойной разработки, транспортирования и разгрузки грунта в отвал или насыпь с послойным уплотнением (рис. 3. 17, 3. 18). Толщина разработки слоя в зависимости от мощности скрепера колеблется от 15 до 30 см; разрабатываемые грунты — до IV группы.

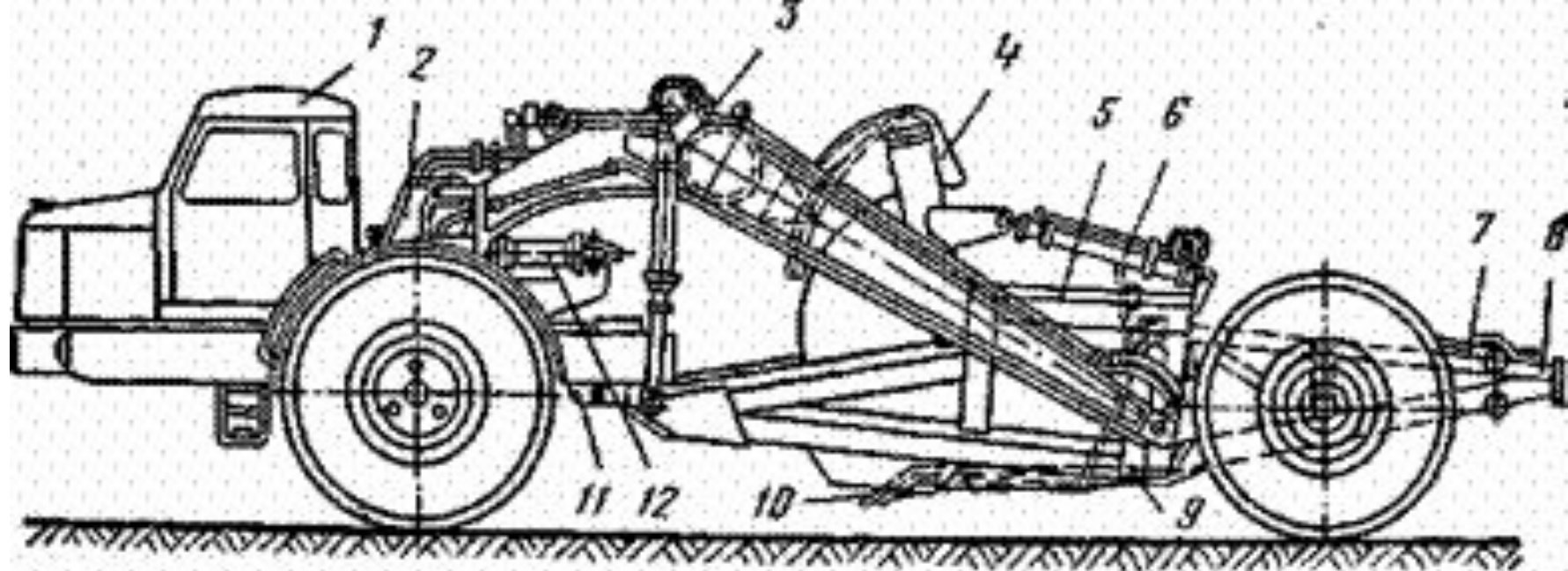


Рис. 3.18. Самоходный скрепер ДЗ-Н 1 — тягач; 2 — седельно-сцепное устройство; 3 — гидроцилиндр подъема ковша; 4 — заслонка; 5 — ковш; 6 — гидроцилиндр подъема заслонки; 7 — трубопроводы; 8 — буфер; 9 — задняя стенка; 10 — нож; 11 — масляный бак гидросистемы; 12 — гидроцилиндр рулевого механизма

Рабочим органом служит ковш с ножевым устройством, который при движении осуществляет послойное резание грунта с одновременным набором его в ковш. Разгрузка ковша осуществляется также послойно при движении скрепера.

Скреперы широко используют в автодорожном и железнодорожном строительстве для возведения насыпей и при разработке выемок; в гидротехническом строительстве — для рытья каналов, отсыпки дамб и плотин; в гражданском и промышленном строительстве — для разработки котлованов и рытья траншей без установки креплений, срезки бугров и засыпки низин; на вскрышных работах при добыче полезных ископаемых открытым способом, а также на разного рода вспомогательных работах по зачистке, подсыпке грунта, его планировке и др.

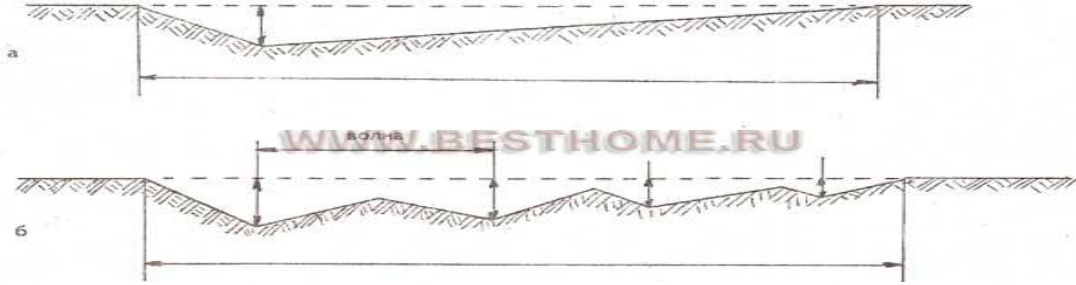


Рис. 7. Способы резания грунта бульдозером:

а — обычное резание; б — гребенчатое резание

В практике земляных работ имеется несколько способов резания грунта бульдозером (рис. 7): обычное резание — нож вначале заглубляется на предельную для данного грунта глубину и по мере загрузки постепенно поднимается, так как растет сопротивление призмы волочения, на которое расходуется тяговое усилие трактора; гребенчатое резание — отвал заполняется несколькими чередующимися заглублениями и поднятиями.

Гребенчатая схема позволяет уменьшить длину резания за счет увеличения средней глубины стружки. Кроме того, при каждом заглублении ножа скалывается грунт под призмой волочения и на отвале уплотняется уже срезанный грунт. Благодаря этому сокращается время резания и увеличивается объем грунта на отвале.

При производстве земляных работ бульдозерами успешно применяется способ резания под уклон, основанный на рациональном использовании тягового усилия трактора. Суть его в том, что при движении трактора под уклон высвобождается часть тягового усилия, необходимого для перемещения самой машины, за счет чего грунт можно разрушать более толстым слоем. При работе бульдозера под уклон облегчается скалывание грунта, снижается сопротивление призмы волочения, которая движется частично под действием собственного веса. При отсутствии естественного уклона его можно создавать первыми проходками бульдозера. При работе под уклон 10-15 градусов производительность возрастает примерно в 1,5-1,7 раза.

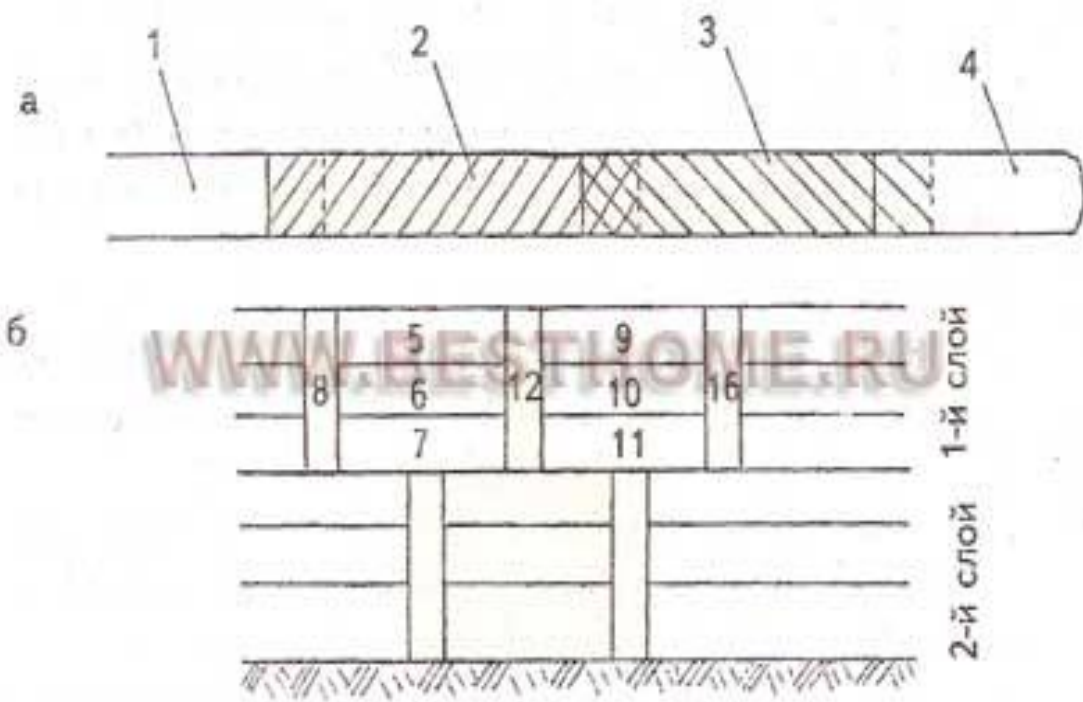


Рис. 8. Схемы работы бульдозера:

а - однослойным зарезанием; б — траншейным зарезанием. Цифрами указана очередность резания

Бульдозер работает по схемам, приведенным на рис. 8. Однослойным резанием с перекрытием полос на 0,3-0,5 м снимают растительный слой. Затем бульдозер перемещает грунт в отвал или промежуточный вал и возвращается к месту нового резания без разворота, задним ходом (челночная схема), или с двумя поворотами. Траншейная разработка производится с оставлением перемычек шириной 0,4 м в связных грунтах и 0,6 м в малосвязных. Глубина траншей принимается 0,4-0,6 м. Перемычки разрабатываются после прохода каждой траншеи.





При производстве земляных работ на территории населенных пунктов или на производственных территориях котлованы, ямы, траншеи и канавы в местах, где происходит движение людей и транспорта, должны быть ограждены в соответствии с требованиями [6.2.2](#).

В местах перехода через траншеи, ямы, канавы должны быть установлены переходные мостики шириной не менее 1 м, огражденные с обеих сторон перилами высотой не менее 1,1 м, со сплошной обшивкой внизу на высоту 0,15 м и с дополнительной ограждающей планкой на высоте 0,5 м от настила.