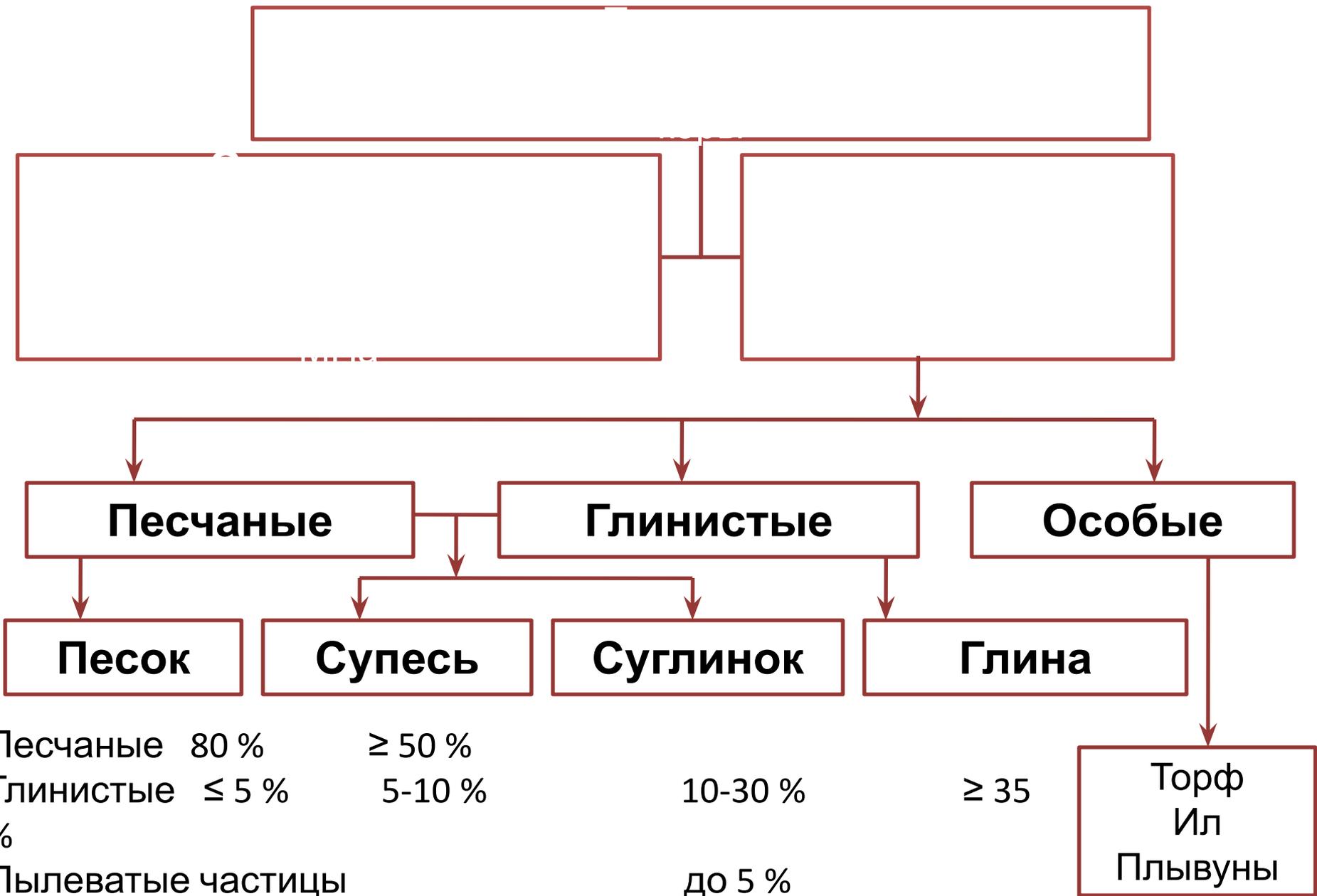


ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ и ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ



Физико-механические свойства грунтов:

1. Плотность ρ – масса 1 м³ грунта в естественном состоянии; определяется отношением массы грунта, включая массу воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему.

Плотность: *песчаных и глинистых* грунтов — 1,5...2 т/м³;
полускальных неразрыхленных грунтов—2... ...2,5 т/м³,
скальных — более 2,5 т/м³.

2. Влажность w – СТЕПЕНЬ НАСЫЩЕНИЯ ГРУНТА ВОДОЙ -

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} 100 \%$$

Определяется как отношение массы воды в порах грунта к массе его твердых частиц (%).

Грунты влажностью до 5 % считают *сухими*, свыше 30 % — *мокрыми*, (насыщенными водой),

от 5 до 30 % — *нормальной влажности*.

Для повышения производительности машин и снижения трудоемкости некоторых работ (уплотнение грунта во время обратной засыпки пазух котлованов, устройство насыпей, трамбование грунта и др.) грунты стремятся доводить до оптимальной влажности, определяемой гранулометрическим составом грунта, требуемой его плотностью, типом применяемых машин и другими факторами. При значительной влажности глинистых грунтов появляется *липкость*. Большая липкость грунта усложняет его выгрузку из ковша машины или кузова, условия работы конвейера или передвижение машины.

3. Водопроницаемость – способность грунта фильтровать воду через себя. Характеризуется коэффициентом фильтрации.

4. Сцепление – начальное сопротивление грунта сдвигу, зависит от вида грунта и степени его влажности.

Сцепление *песчаных* грунтов—0,03... ...0,05 МПа, *глинистых* — 0,05... ...0,3 МПа,

5. Разрыхляемость — это способность грунта увеличиваться в объеме при разработке вследствие потери связей между частицами.

Увеличение объема грунта характеризуется коэффициентами первоначального и остаточного разрыхления.

Коэффициент первоначального разрыхления k_p представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к его объему в природном состоянии.

$$K_p = \frac{V_{разр}}{V_{ест}}$$

Коэффициент остаточного разрыхления k_{op} характеризует остаточное увеличение объема грунта (по сравнению с природным состоянием) после его уплотнения.

$$K_{o.p.} = \frac{V_{упл}}{V_{ест}}$$

Значение коэффициента k_{op} обычно меньше k_p на 15...20 %.

песчаные	$K_p = 1,08 \div 1,17$	$K_{o.p.} = 1,01 \div 1,025$
суглинки	$1,14 \div 1,28$	$1,015 \div 1,05$
глины	$1,24 \div 1,3$	$1,04 \div 1,09$

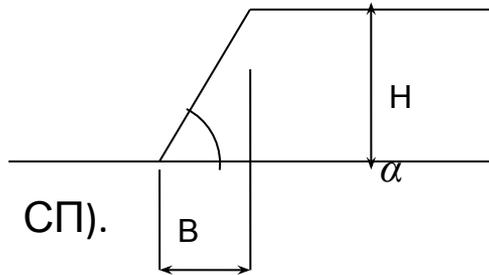
Для полускальных и скальных грунтов при взрывании «на встряхивание» K_p изменяется от 1,1 до 1,2, а при взрывании «на развал» — от 1,25 до 1,6 (при большой кусковатости до ?)

6. Угол естественного откоса – это угол, при котором грунт находится в состоянии предельного равновесия.

Угол естественного откоса – угол между горизонтальной плоскостью и боковой поверхностью земляного сооружения, образуемый при боковой отсыпке грунта.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{B} = \frac{1}{m}$$
$$B = m \cdot H$$

m – коэффициент заложения откоса (устанавливается



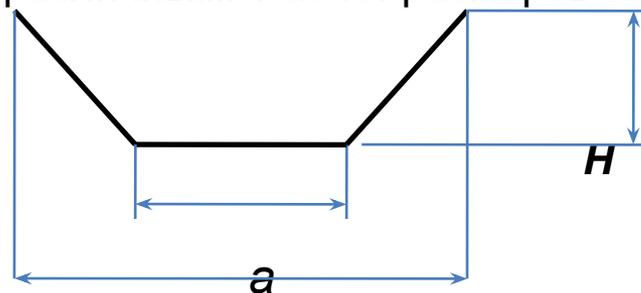
Заложение откоса B – проекция откоса на горизонтальную плоскость;

Крутизна откосов выемок и насыпей – это отношение высоты откоса H к его заложению B .

Величина угла естественного откоса зависит от угла внутреннего трения, силы сцепления и давления вышележащих слоев грунта.

Устойчивость боковых поверхностей земляных сооружений обеспечивается оптимальной крутизной откоса. Угол откоса для постоянных и временных земляных сооружений принимается различным. Расчет размеров земляных сооружений с учетом крутизны откосов:

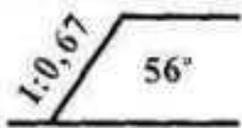
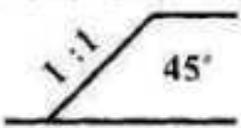
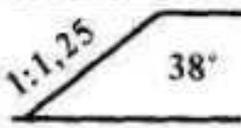
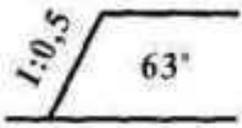
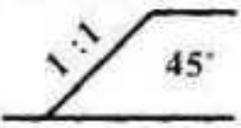
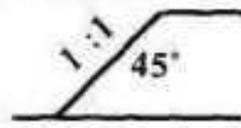
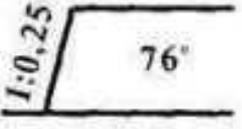
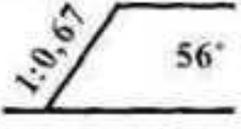
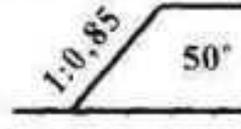
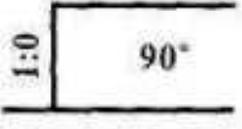
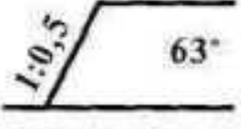
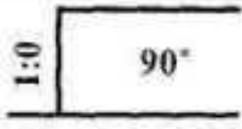
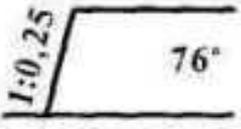
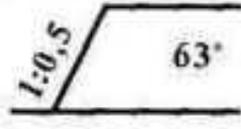
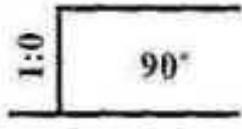
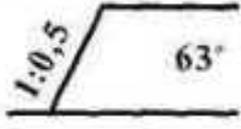
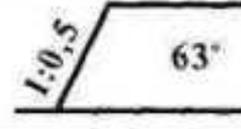
$$A = a + 2mH$$



Крутизна откосов котлованов и траншей

Грунты	Крутизна откосов при глубине котлована, м,		
	не более 1,5	не более 3	не более 5
Насыпные	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	1:0	1:0,5	1:0,5

Глубина котлована, м	Расстояние, м, для ненасыпного грунта				
	Песчаного и гравийного	Супесчаного	Суглинистого	Глинистого	Пескового сухого
1	1,5	1,25	1,0	1,0	1,0
2	3,0	2,4	2,0	1,5	2,0
3	4,0	3,6	3,25	1,75	2,5
4	5,0	4,4	4,0	3,0	3,0
5	6,0	5,3	4,75	3,5	3,5

Вид грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению и градусы) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные			
Песчаные гравийные			
Супесь			
Суглинок			
Глина			
Лёсы и лессовидные			

При напластовании различных видов грунта крутизну откосов необходимо назначать по наименее устойчивому виду от обрушения откоса. К несслежавшимся насыпным относятся грунты с давностью отсыпки до двух лет — для песчаных; до пяти лет — для пылевато-глинистых грунтов.

7. Удельное сопротивление копанию (резанию)

Все грунты классифицируют *по трудности разработки* различными землеройными машинами и вручную.

Наиболее часто для оценки трудности разработки грунта используют показатель удельного сопротивления резанию (копанию) K_f . Значение K_f зависит как от свойств и показателей разрабатываемого грунта, так и от конструктивного исполнения рабочего органа землеройного и землеройно-транспортного оборудования.

Классификация грунтов по трудности их разработки

Группировка грунтов по трудности разработки в ЕНиР составлена отдельно для немерзлых (I ...VI группы) и мерзлых (Iм ... IIIм) грунтов. Она учитывает свойства различных грунтов и конструктивные особенности землеройных и землеройно-транспортных машин.

Грунты I...IV групп легко разрабатывается ручным и механизированным способами, последующие группы – грунты требуют предварительного рыхления, в т.ч. и взрывным способом.

Проф. Н. Г. Домбровским были предложены шесть групп грунтов:

I, II – слабые (мягкие) и плотные грунты (чернозем, лесс, суглинок и т. п.),

III, IV –очень плотные (тяжелые суглинки, глины и т. п.) и *полускальные* грунты (сланцы, алевролиты и т. п.),

V, VI – соответственно хорошо и плохо разрыхленные полускальные и скальные грунты.

Указанная группировка грунтов по трудности разработки машинами положена в основу нормирования и расценок земляных работ в существующих ЕНиР.

Для одноковшовых экскаваторов – 6 групп грунтов;

Бульдозеры и грейдеры – 3 группы;

многоковшовые экскаваторы и скреперы – 2 группы;

Основные требования к земляным сооружениям:

1. Прочность, устойчивость, способность воспринимать расчётные нагрузки;
2. Противостояние климатическим воздействиям;
3. Иметь размеры и геометрическую форму в соответствии с проектом и сохранять их в период эксплуатации;
4. **Устойчивость боковых поверхностей (откосов)** - главнейшее требование, обеспечивается необходимой крутизной откоса.

Земляные работы

Земляными работами называют совокупность производственных процессов, связанных с разработкой, перемещением, укладкой грунтов и отделкой земляных сооружений.

Земляное сооружение – инженерное сооружение из грунта, возводимое на поверхности или непосредственно в грунтовом массиве.

Виды земляных сооружений:

По расположению относительно поверхности земли:

выемки – углубления, образуемые при разработке грунта ниже уровня поверхности земли;

насыпи – возвышения на поверхности, образуемые при отсыпке ранее разработанного грунта.

По длительности эксплуатации:

постоянные – предназначены для длительного использования, являются самостоятельными сооружениями (каналы, дамбы, выемки и насыпи автомобильных и железных дорог, гидротехнические сооружения).

временные – устраивают только на период строительства, имеют непродолжительный срок эксплуатации.

Комплексный процесс возведения земляных сооружений включает:

Подготовительные работы – выполняют до начала разработки грунта:

- расчистка территории;
- снос существующих строений;
- снятие растительного слоя;
- осушение территории, водоотвод, водоотлив и водопонижение;
- геодезические работы: разбивка опорной сети, разбивка сооружений;
- устройство подъездных путей, временных дорог.

Вспомогательные работы – выполняют в процессе или после возведения земляных сооружений:

- рыхление плотных или мерзлых грунтов;
- временное крепление откосов выемок;
- искусственное закрепление грунтов;
- отделка боковых поверхностей земляных сооружений.

3. **Основные работы**, т.е. непосредственная разработка грунта.

Способы разработки грунтов:

1. Механический
2. Гидромеханический
3. Бурение
4. Взрыв

1. Механический – грунт разрушается усилием режущего органа машины. В результате определенные порции грунта отделяются от массива и могут быть перемещены и уложены в насыпь.

Если машина только режет грунт, она носит название **землеройной** (экскаватор), если машина разрабатывает и перемещает грунт, она называется **землеройно-транспортной** (бульдозеры, скреперы).

Суть: Выемка → Транспорт → Отсыпка

Гидромеханический способ

основан на использовании кинетической энергии потока воды.

Суть (технологический процесс):

Размыв грунта в забое → Образование пульпы (песок + вода)
→
→ Транспортировка пульпы → Намыв (укладка) пульпы.

Способы разработки:

- Подводный забой;
- Надводный забой (попутный, встречный)

Надводный забой – разработка ведется гидромонитором (трубопровод, стальной ствол и насадка). Вода поступает к гидромонитору с напором (60-80 м), давление на фронт забоя $0,5 \div 0,43$ МПа. Ударным действием струи грунт разрушается.

Подводный забой – грунт разрабатывается землесосным способом. Землесосный снаряд со дна водоема всасывает грунт (пульпу) и перекачивает ее по пульпопроводу к месту укладки.

Гидромеханический способ

Виды надводных забоев:

Встречный – гидромонитор располагается на подошве забоя и размыв идет снизу вверх.

«+»: высокая производительность, т.к. грунт обрушается над зоной намыва;

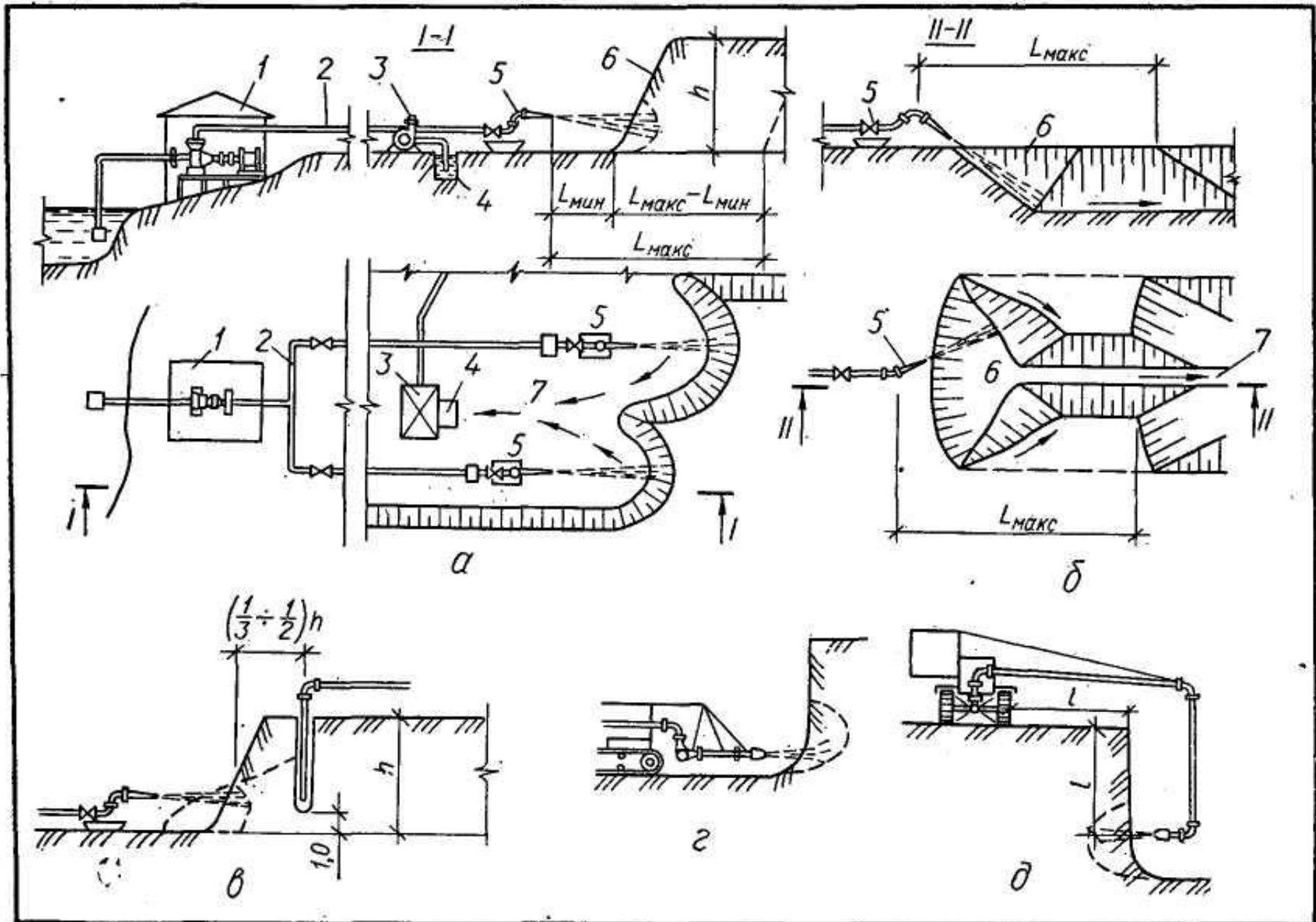
«-»: гидромонитор располагается в потоках пульпы, необходимо направлять пульпу в обход.

Попутный забой – гидромонитор располагается сверху на бровке, размыв идет сверху вниз.

«+»: гидромонитор расположен на сухой поверхности; пульпа имеет интенсивный сток (за счет начальной скорости).

«-»: более низкая производительность, чем у встречного забоя.

Гидромеханический способ







© <http://pesok-voda.narod.ru>



NuMarket.ru

Разработка грунтов бурением и взрывом

Бурение. В строительстве бурение используют для:

- исследования качеств и свойств грунта;
- определения УГВ;
- устройства скважин для водоснабжения;
- устройства шурфов для взрывных работ;
- разработки и дробления горных пород;
- устройства буронабивных свай;
- искусственного закрепления грунтов.

Способы механического бурения:

- вращательное (шнековые, роторные бурильные станки);
- ударно – вращательное (вращатель + пневмоударник);
- ударное (пневматические бурильные молотки).

Физические способы бурения:

- термический способ – разрушение пород высокотермичным источником тепла - открытым пламенем;
- гидравлический способ бурения – нагнетание воды в забой скважины (для легко размываемых грунтов – суглинки, пылевидные).

Разработка грунта взрывом

Взрыв – мгновенное превращение в газ (сгорание) взрывчатого вещества с выделением большого количества тепловой и механической энергии (давления), которая разрушает породу.

Применяется:

- Возведение земляных насыпей и перемычек;
- Устройство выемок, котлованов, дорог;
- Дробление мерзлого грунта, валунов;
- Рыхление скальных пород.

Водоотлив и водопонижение

Осушение грунта выполняют, если дно выемки расположено ниже уровня грунтовых вод. Кроме того, необходимо предотвращать попадание грунтовой воды в котлованы, траншеи в период производства работ.

Осушение выполняют открытым водоотливом или искусственным понижением УГВ.

Открытый водоотлив – это удаление воды насосами из котлована или траншеи.

Применяется при незначительном притоке воды в выемки (невысокий напор грунтовых вод). Открытый водоотлив целесообразно применять, если ниже дна выемки отсутствуют напорные грунтовые воды.

Недостаток:

в забое всегда присутствует вода, нарушающая структуру и устойчивость грунта;

усложняется производство работ;

невозможность производства работ при высоком напоре грунтовых вод.

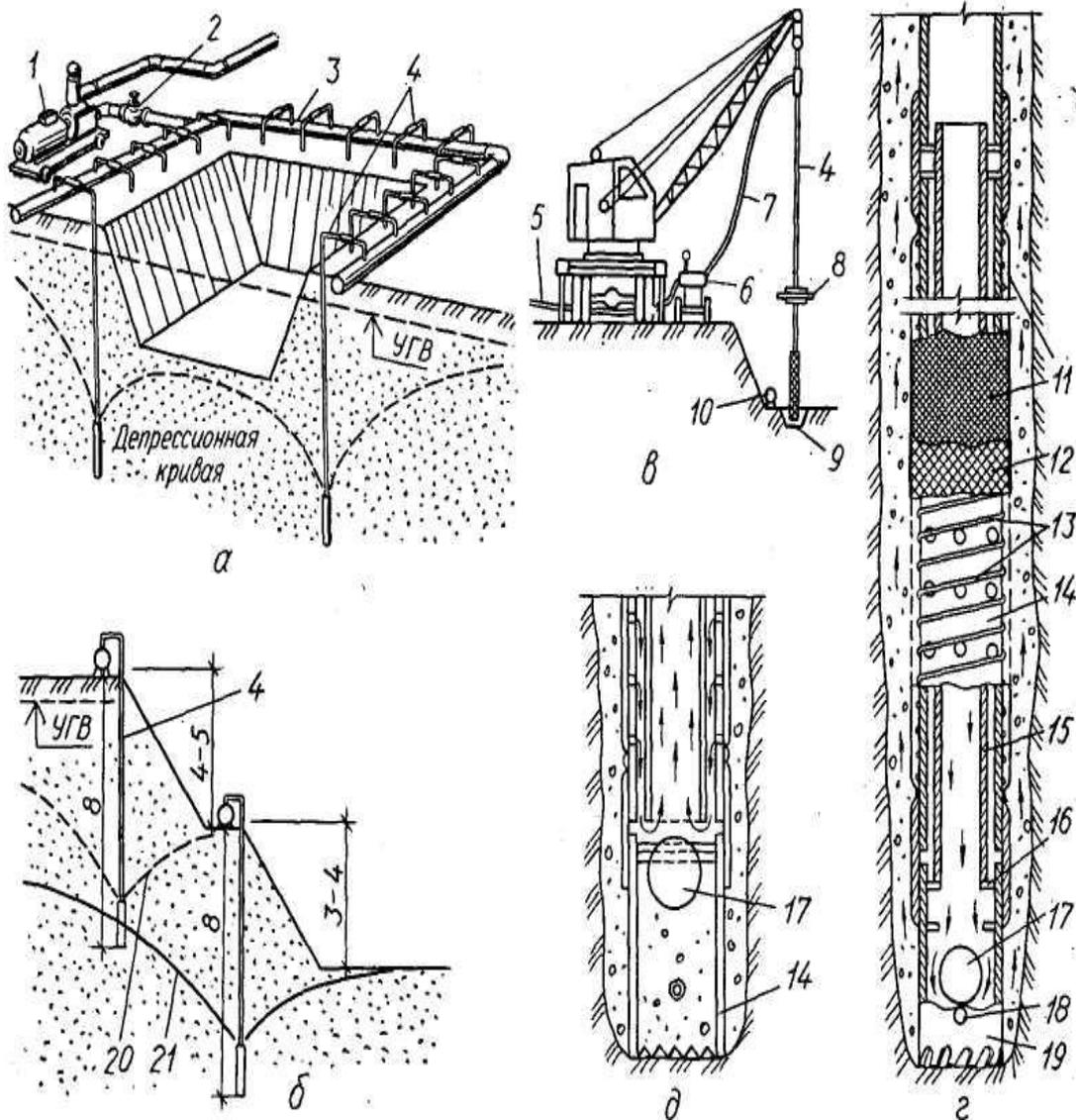
Искусственное понижение УГВ - вода откачивается из скважин, расположенных вдоль или по контуру выемки.

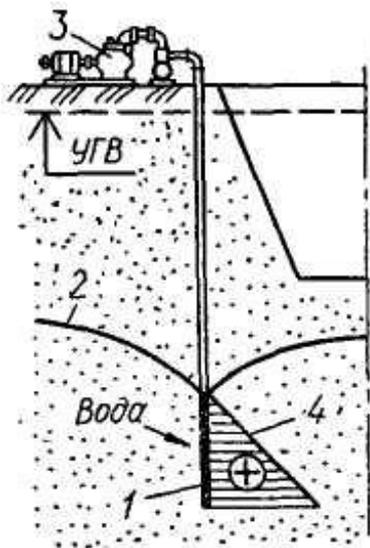
Способы искусственного понижения УГВ

- 1). Иглофильтровой;
- 2). Вакуумный;
- 3). Открытые водопонижительные скважины.

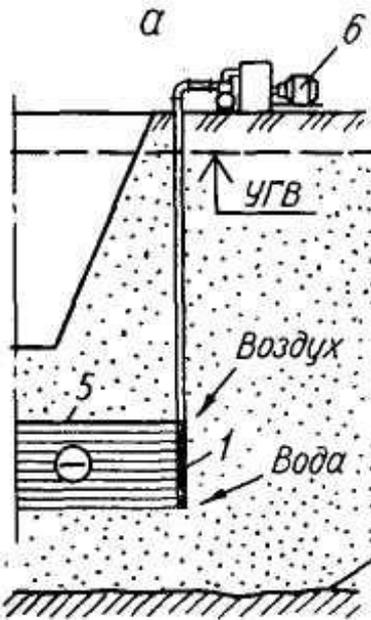
Выбор способа осушения зависит от:

- фильтрационной способности грунта;
- ожидаемого притока воды (напора грунтовых вод);
- требуемого уровня понижения грунтовых вод.

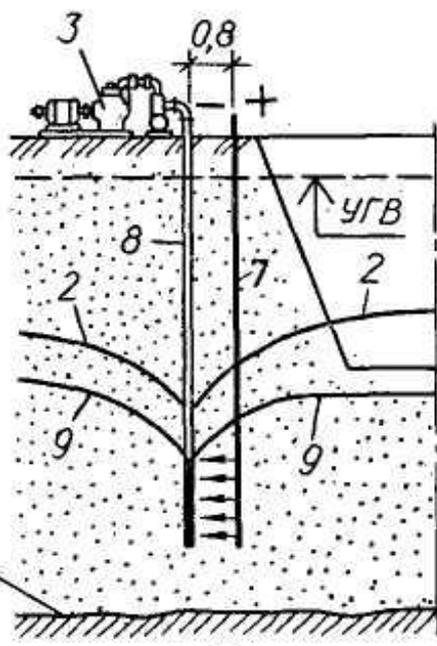
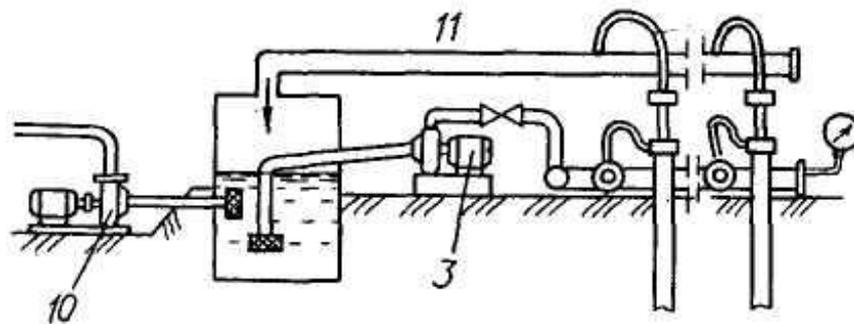




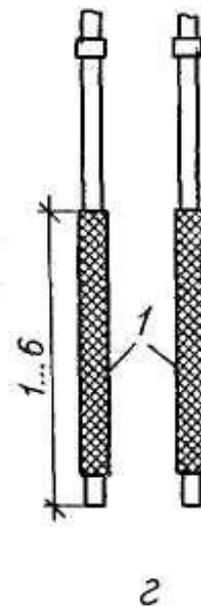
а



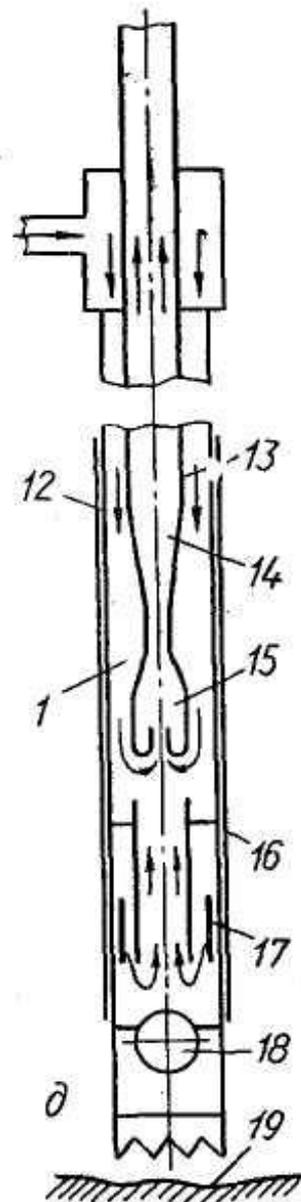
б



г



д

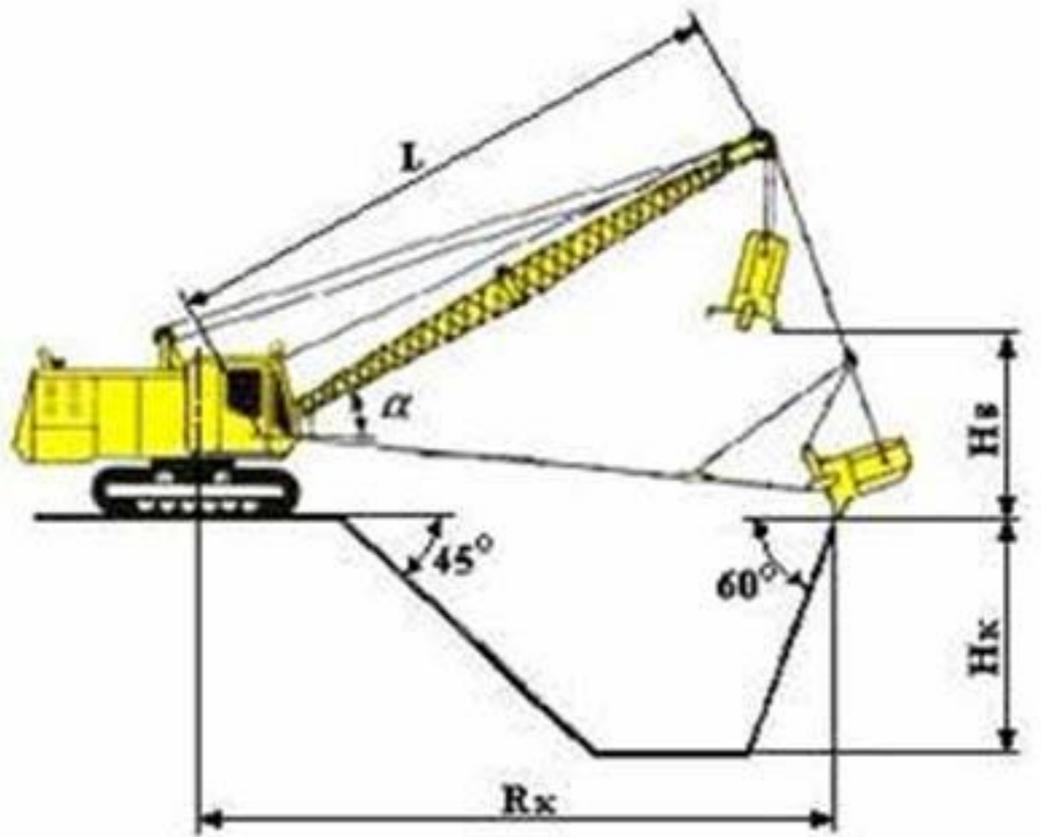


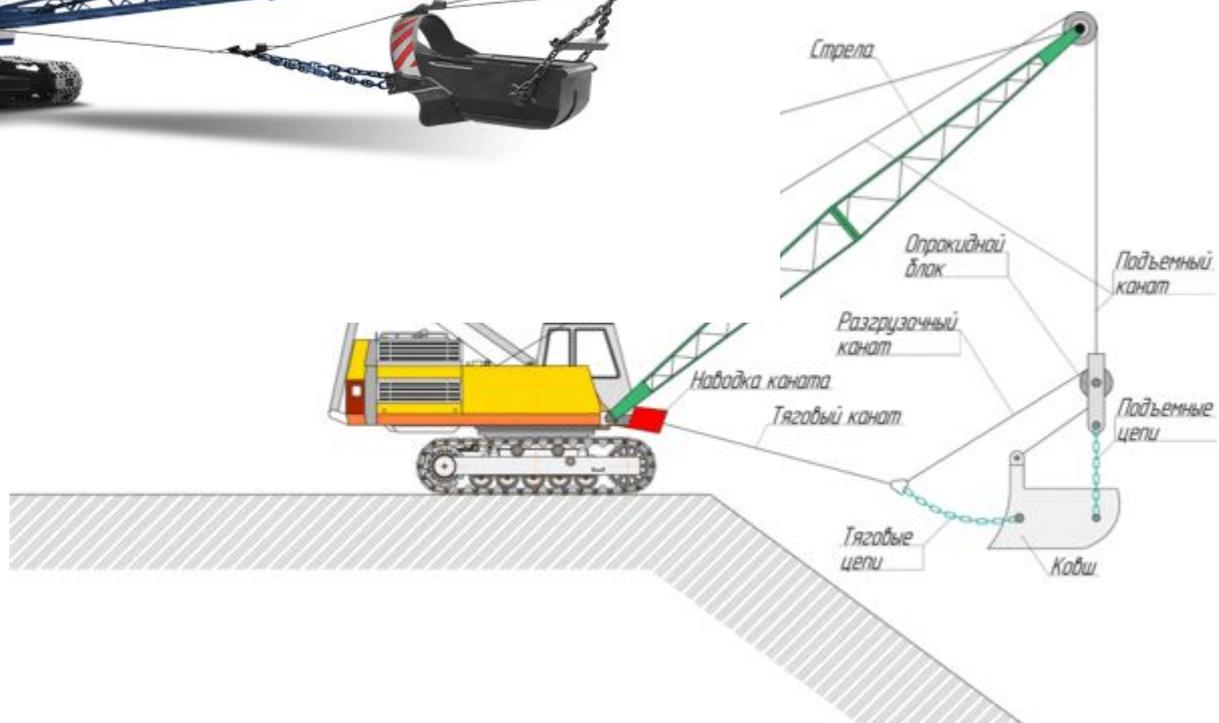
е

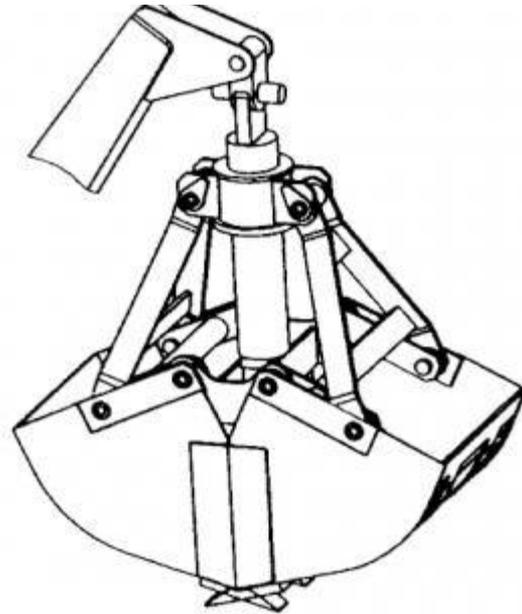
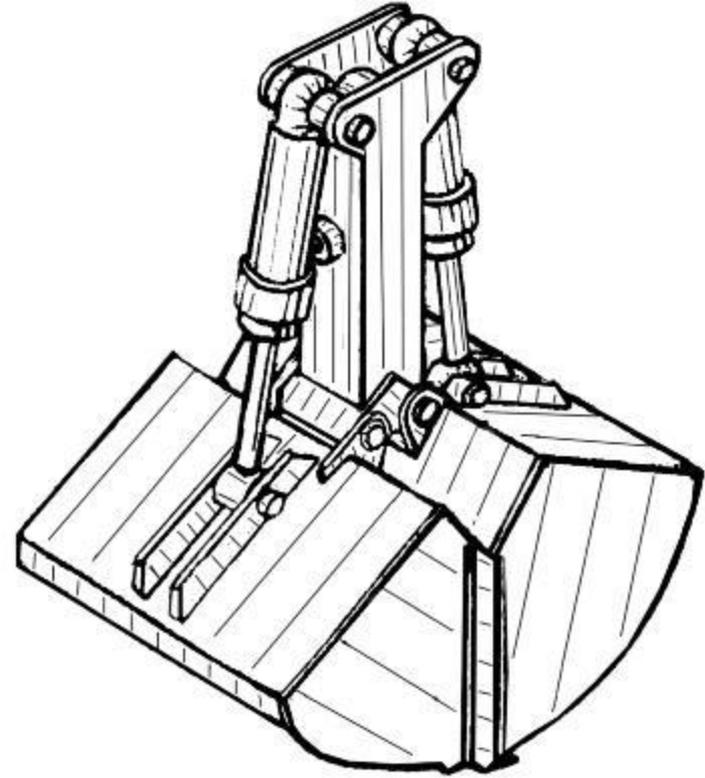




Драглайн



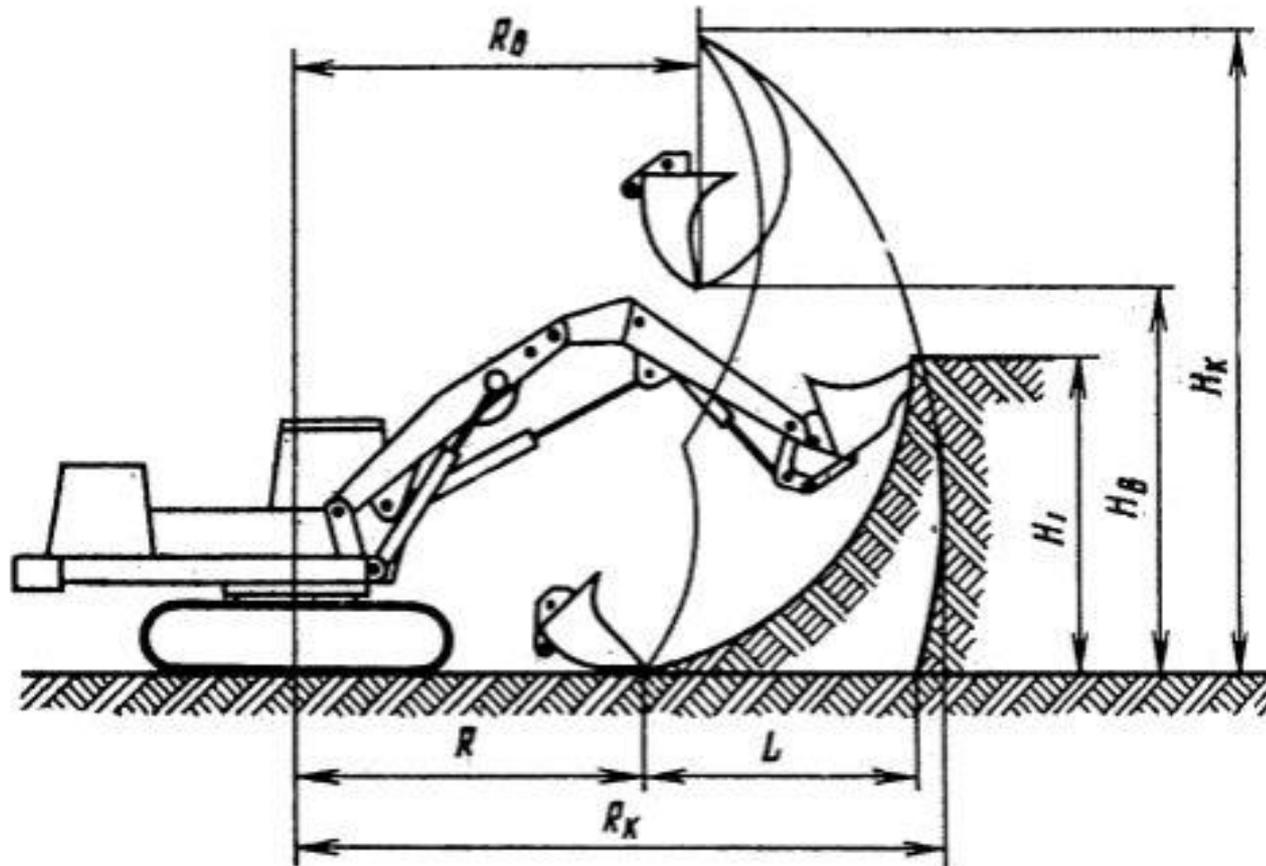




www.bcrtm.ru

Грейферный ковш

Рабочие параметры экскаватора



R_k - наибольший радиус копания, м 7,10

R - наименьший радиус копания на уровне стоянки, м 4,00

R_b - радиус выгрузки при наибольшей высоте выгрузки 4,75

H_k - наибольшая высота копания, м 7,40

H_b - наибольшая высота выгрузки, м 4,45

H_1 - расчетная высота забоя, м 3,65

L - длина планируемого участка на уровне стоянки, м 2,60





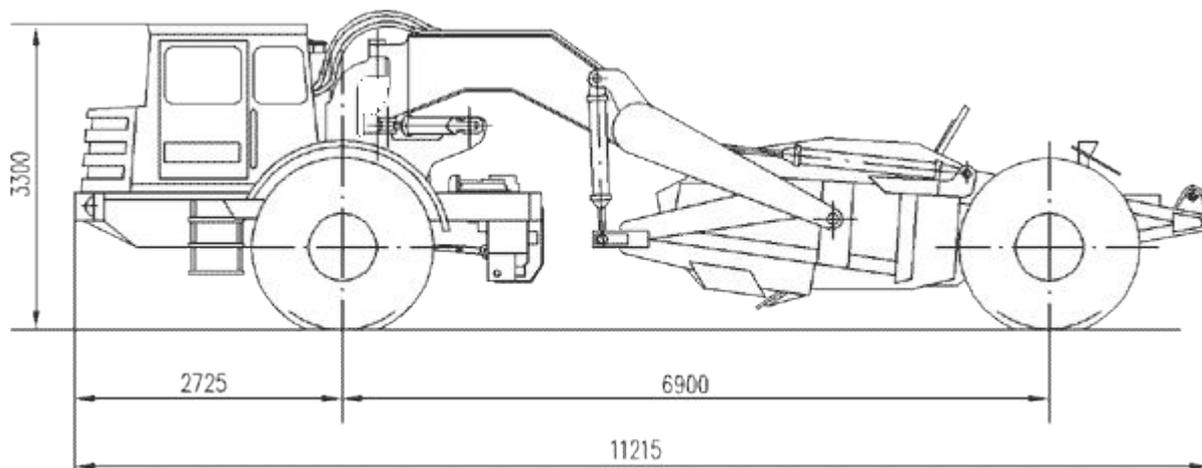




Технические характеристики самоходного скрепера МоАЗ-60148

Скреперы

Вместимость ковша, м ³	8,3
- геометрическая	
- номинальная с ("шапкой")	11,5
Грузоподъемность, кг	16000
Снаряженная масса скрепера, кг	20000
Полная масса скрепера, кг	36000
Распределение снаряженной массы самоходного скрепера на дорогу, кг:	
- через передний мост	13430
- через заднюю ось	6570
Распределение полной массы скрепера на дорогу, кг:	
- через передний мост	18500
- через заднюю ось	17500
Скорость скрепера, км/ч:	
- транспортная максимальная	44
- рабочая, не более	5,5
Максимальное заглубление, мм	300
Ширина по упряжной тяге, мм	3270
Ширина резания, мм	2820
Колея, мм:	
- колес тягача	2370
- колес скрепера	2180
Толщина слоя отсыпки, мм, не менее	450
Наименьший радиус поворота в обе стороны, м:	
- по колее внешнего колеса тягача	7,9
- по крайней выступающей точке тягача	8,6
Дорожный просвет при полной нагрузке, мм:	
- под стрелянками рессор моста тягача, мм, не менее ...	350
- под ножами скрепера	450
Угол поворота тягача относительно продольной оси скрепера в каждую сторону, град	90
Угол поворота тягача относительно скрепера в вертикальной плоскости (качание) в каждую сторону, град	15
Наибольший преодолеваемый угол подъема с полной нагрузкой на сухом и твердом грунте:	
- в процентах	15
- в градусах	8°30'
Двигатель	
- модель	ЯМЗ-238АМ2
- мощность, кВт (л.с.)	165 (225)



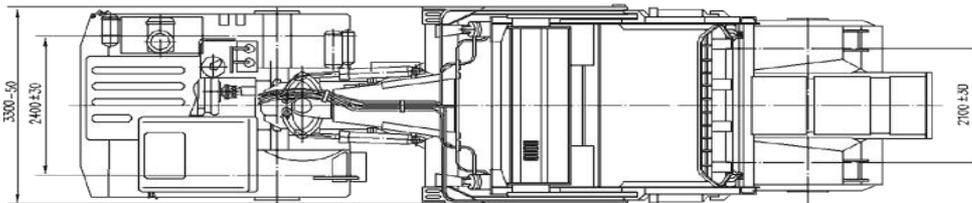
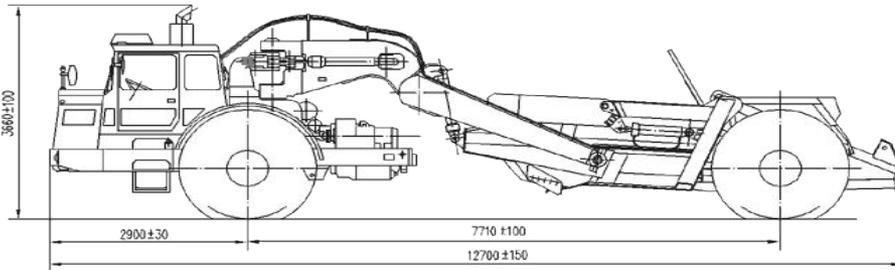
Скрепер МоАЗ-6014



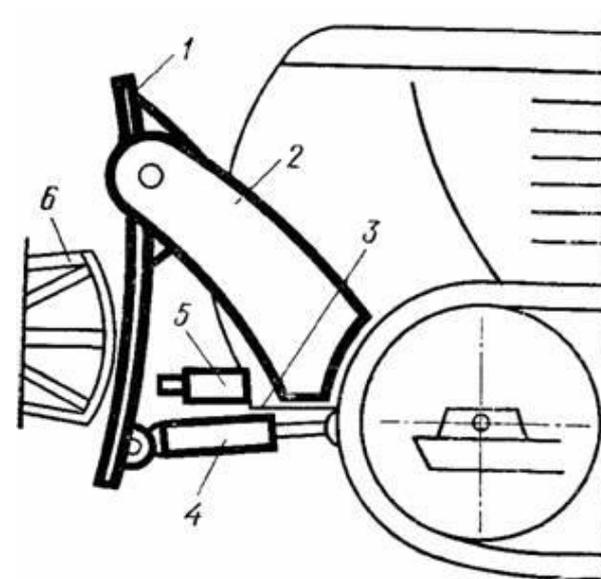
Техническая характеристика

Грузоподъемность, кг	16 000
Масса снаряженного скрепера, кг	20 000
Масса скрепера самоходного полная, кг	36 000
Объем ковша, м ³ :	
- геометрический	8,3
- номинальный	11
Максимальная скорость снаряженного скрепера, км/ч	44
Тип двигателя	ЯМЗ-283 АМ2
Максимальная мощность двигателя, кВт/л.с	165,4/225
Шины, дюйм	21x28
Угол поворота тягача в каждую сторону, град	85
Радиус поворота по крайней выступающей точке, м	8,6
Дорожный просвет под ножами скрепера, м	0,45
Максимальная толщина слоя отсыпки, м	0,45
Ширина резания, м	2,82

Технические характеристики самоходного скрепера МоАЗ-60071

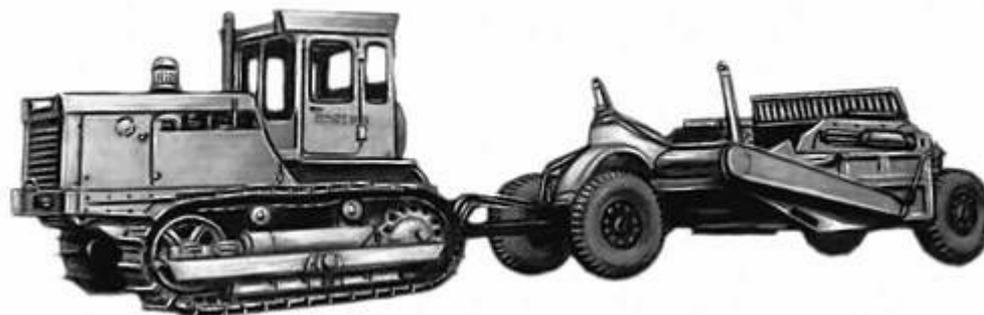


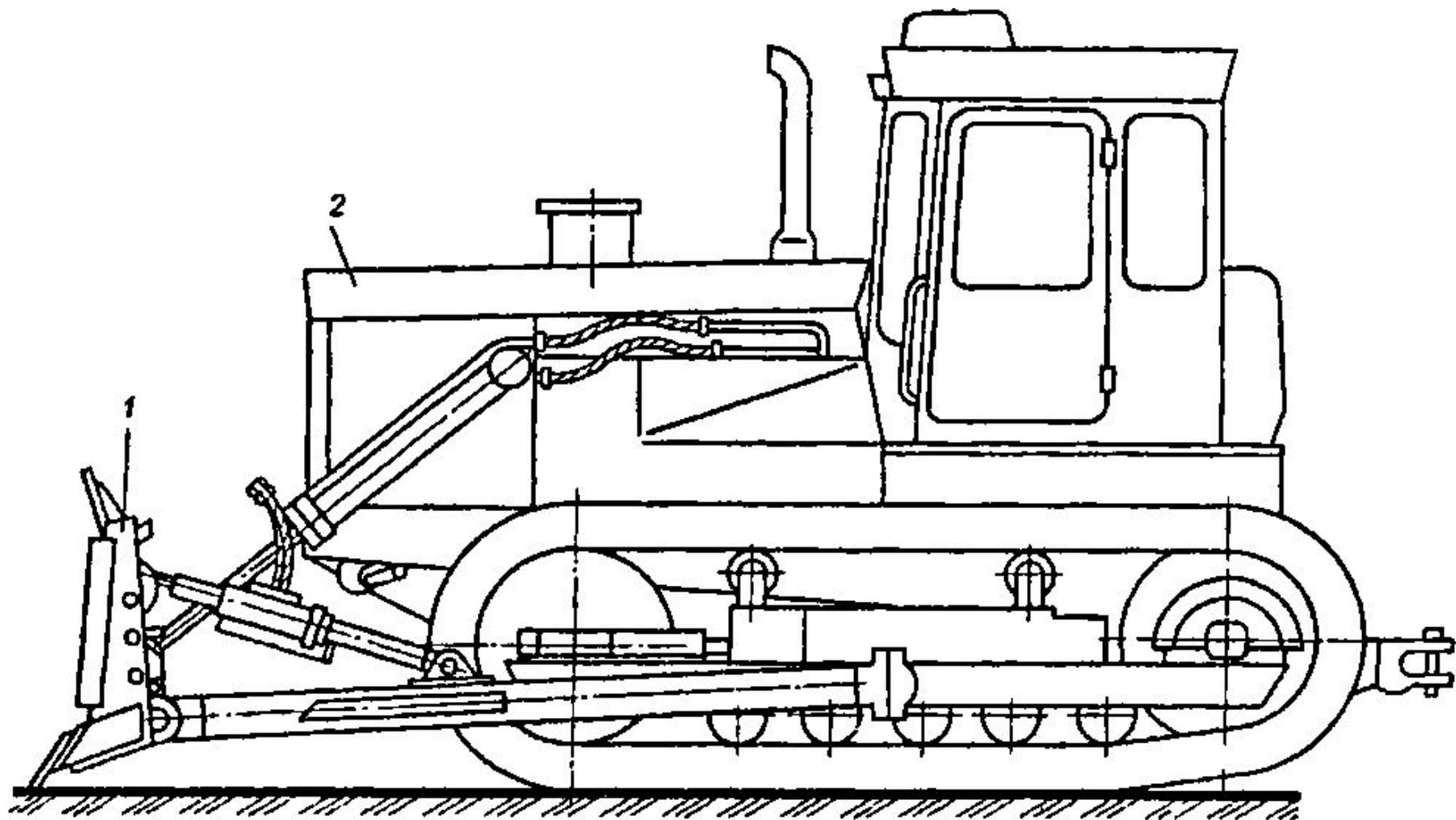
Вместимость ковша, м ³	10,0±0,5
- геометрическая	
- номинальная с ("шапкой")	14,0±0,5
Грузоподъемность, кг	22000
Снаряженная масса скрепера, кг	30000
Полная масса скрепера, кг	52000
Распределение снаряженной массы самоходного скрепера на дорогу, кг:	
- через передний мост	20100
- через заднюю ось	9900
Распределение полной массы скрепера на дорогу, кг:	
- через передний мост	27600
- через заднюю ось	24400
Скорость скрепера, км/ч:	
- транспортная максимальная	50±10
- рабочая, не более	5,5
Глубина резания, мм, не менее	300
Ширина резания, мм, не менее	2920
Толщина слоя отсыпки, мм, не менее	450
Наименьший радиус поворота в обе стороны, мм, не более	1100
Дорожный просвет при полной нагрузке, мм:	
- под стрелянками рессор моста тягача, мм, не менее	450
- под ножами скрепера, мм, не менее	460
Наименьший радиус поворота в обе стороны, м:	
- по колею внешнего колеса тягача	8,2
- по крайней выступающей точке тягача	9,2
Угол складывания тягача относительно продольной оси скрепера в каждую сторону, град, не более	85
Наибольший преодолеваемый угол подъема с полной нагрузкой на сухом и твердом грунте:	
- в процентах	15
- в градусах	8°30'
Угол поворота тягача относительно скрепера в вертикальной плоскости (качание) в каждую сторону, град	15
Двигатель	«CUMMINS»
- модель	M11-C350
- мощность, кВт (л.с.)	261 (350)
Трансмиссия	гидромеханическая 6+1
Подвеска	рессорная с подрессорником и гидравлическими амортизаторами двухстороннего действия
Колеса	25.00-29" бездисковые, однокатные
Шины	пневматические бескамерные 29,50-29 с рисунком протектора повышенной проходимости
Тормоза	колодочного типа
Электрооборудование:	
- номинальное напряжение в сети, В	24



Толкающее устройство с амортизатором

Прицепной скрепер

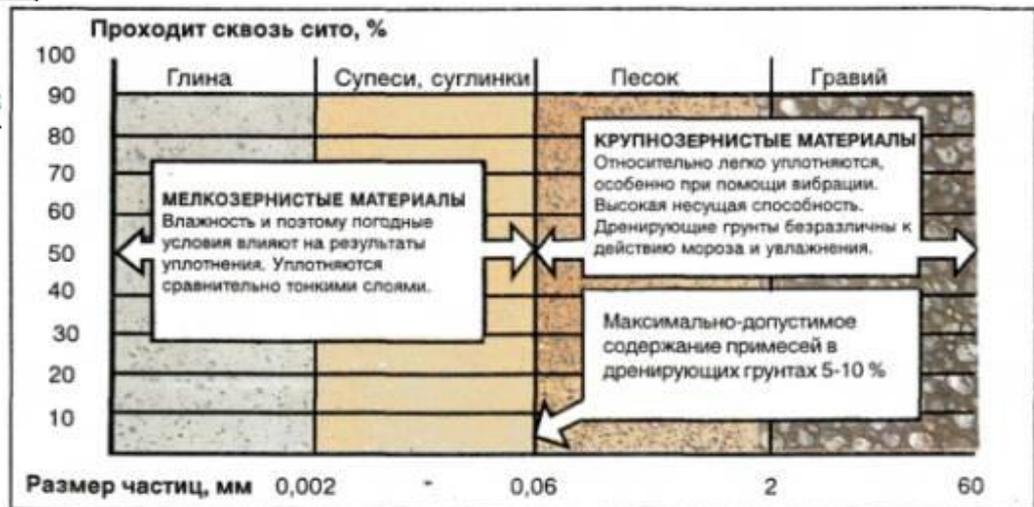


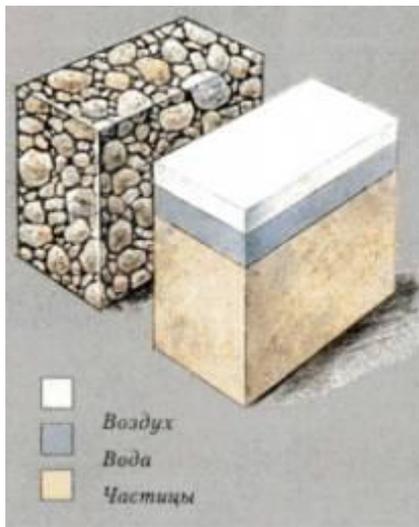


Бульдозеры









Большинство грунтов достигает своей наибольшей плотности при определенном оптимальном содержании влаги для данного уплотняющего усилия.

Сухой грунт является достаточно крепким и сопротивляется уплотнению, в то время как влажный грунт мягок и его легче уплотнить. Однако, чем выше содержание влаги, тем ниже плотность материала. **Наибольшая плотность достигается при оптимальном содержании влаги**, являющимся промежуточным между полностью влажным и сухим его состоянием.

Чистый песок и гравий, так же как другие дренирующие зернистые материалы, менее чувствительны к вариациям содержания влаги и могут достигать максимальной плотности в абсолютно сухом или водонасыщенном состоянии.



Значения $W_{ест}$, $W_{опт}$ и $\rho_{пред}$:

Грунт	Влажность		Наибольшая плотность, т/м ³
	естественная $W_{ест}$	Оптимальная $W_{опт}$	
Песчаный	8-12	8-12	1,7-1,9
Супесчаный	10-15	9-16	1,8-2,1
Суглинистый	20-28	10-18	1,7-1,7
Глинистый	25-35	17-21	1,5-1,8

В соответствии с этим при отсыпке грунтов влажность должна соответствовать оптимальной, для чего – доувлажнение или подсушивание.

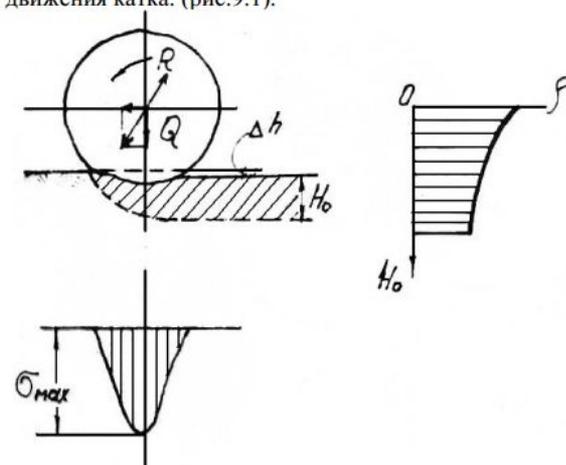
КАТОК С ГЛАДКИМИ ВАЛЬЦАМИ ПРИЦЕПНОЙ КАТОК

При статическом уплотнении только давление оказывает действие на нижележащий слой



1. Уплотнение гладкими катками

Сущность этого способа – уплотнение за счет силового воздействия на грунт в период движения катка. (рис.9.1).



Рациональные режимы работы катков с гладкими вальцами требуют подкатки — предварительного уплотнения грунтов более легкими катками и оптимальных скоростей движения катков.

При уплотнении рыхлых грунтов легкими катками прорабатывается сравнительно нетолстый слой, но верхняя часть его доводится до высокой плотности. При следующих проходах более тяжелого катка ввиду наличия плотной верхней части погружение вальца в грунт уменьшается, благодаря чему на поверхности увеличивается удельное напряжение (давление). На очень рыхлых грунтах непосредственное применение тяжелого катка вследствие сильного волнообразования неэффективно, а в ряде случаев невозможно.

*Исследования и производственный опыт позволяют сделать некоторые рекомендации в части режима работы всех катков. Катки должны быть подобраны таким образом, **чтобы при последовательном вводе их в работу не возникало слишком резкого повышения напряжения на поверхности грунта.** Если не соблюдать это условие, переход на более тяжелый каток влечет за собой осадки грунта и связанные с этим переформирование его структуры и эффект от подкатки уменьшается.*

Важное значение имеет скорость уплотнения. Под рациональным скоростным режимом работы катков понимают такое сочетание скоростей движения на различных стадиях, при котором без снижения качества уплотнения грунтов достигается максимальная выработка катков. Первый проход катков совершает на малой скорости. Этим обеспечивается лучшая ровность поверхности слоя, которая сохраняется и при последующих проходах.

Виброкаток ДУ-85



Вибрация приводит частицы в движение и постепенно преодолевает внутреннее трение. Это позволяет частицам перегруппироваться в более плотное состояние. При вибрационном уплотнении достигается более высокая плотность и больший глубинный эффект, чем при статическом уплотнении, и полное уплотнение достигается при меньшем числе проходов.

Глина и другие связные материалы требуют более высоких нагрузок и, следовательно, должно быть использовано сравнительно тяжелое уплотняющее оборудование. Эти материалы могут быть уплотнены только в достаточно тонких слоях. Первоначально вибрационное уплотнение рассматривалось подходящим для скально-крупнообломочного грунта, песка и гравия, но с развитием вибрационной техники этот метод стал пригоден и для глинистых грунтов.

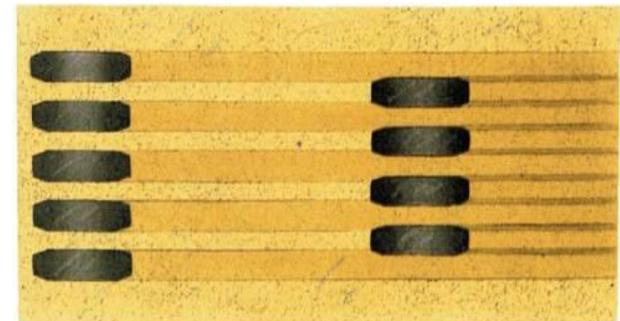
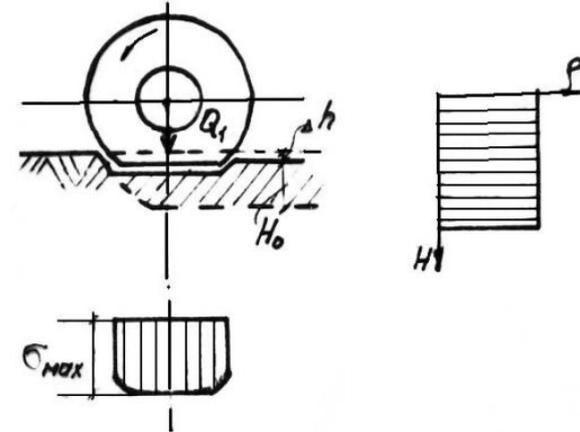
Каток на пневмошинах

Уплотняющее усилие пневматического шинного катка зависит от двух параметров: колесной нагрузки и контактного давления шины на поверхность, которое зависит от давления воздуха в шинах.

Большая шина имеет увеличенную контактную площадь и значительно более высокий эффект, чем шина меньшего размера с таким же контактным давлением.



Каток ДУ-101 на пневмошинах



Перекрытие следов шин



Сущность метода – уплотнение (т.е. перегруппировка частиц) за счет повышенного давления под кулачком. Способ эффективен в связных грунтах, где требуются повышенные напряжения.

КУЛАЧКОВЫЙ КАТОК



Способы разработки грунтов зимой

1. Предохранение грунтов от промерзания			2. Предварительная подготовка грунта		3. Без предварительной подготовки	
Уменьшение теплопроводности	Утепление	Защита	Оттаивание	Рыхление мерзлого грунта	Механическое разрушение	Последняя разработка грунта
1. Осенняя вспашка грунта 2. Вспашка грунта с последующим боронованием	1. Листовые утеплители 2. Специальные утеплители		1. Сверху вниз 2. Снизу вверх 3. По радиальному принципу	1. Механическое рыхление 2. Нарезка грунта на блоки 3. Рыхление взрывом	Разработка грунта машинами, оснащенными специальным рабочим органом	

Эффективность разработки грунтов зимой зависит:

- от правильного выбора способа разработки,
- от метео- и гидрологических условий,
- от объема работ и наличия необходимых машин и механизмов.



