

Лекция 3

1. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами

- 1.1. Скреперы;
- 1.2. Бульдозеры;
- 1.3. Автогрейдеры.

2. Укладка и уплотнение грунта

3. Разработка грунта в зимних условиях

- 3.1. Предохранение грунта от промерзания;
- 3.2. Разработка грунта в мёрзлом состоянии с предварительным рыхлением;
- 3.3. Непосредственная разработка мёрзлого грунта;

4. Контроль качества земляных работ

1. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами

Основными видами землеройно-транспортных машин являются скреперы и бульдозеры, которые за один цикл разрабатывают грунт, перемещают его, разгружают в насыпь и возвращаются в забой порожняком. Стоимость работ, выполняемых этими машинами, в 3...4 раза меньше стоимости работ, выполняемых одноковшовыми экскаваторами.

1.1. Скреперы

Скреперы – наиболее высокопроизводительные землеройно-транспортные машины.

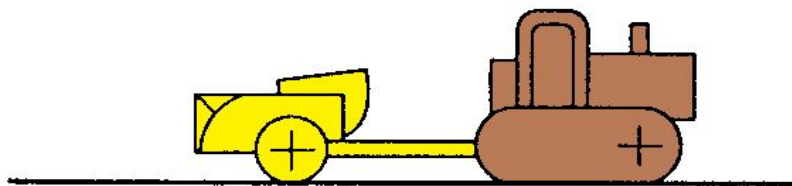


Рис. 1. Прицепные одноосные ($V_k = 3...10 \text{ м}^3$)

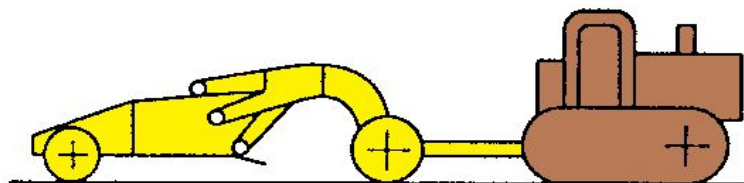


Рис. 2. Прицепные двухосные ($V_k = 3...10 \text{ м}^3$)

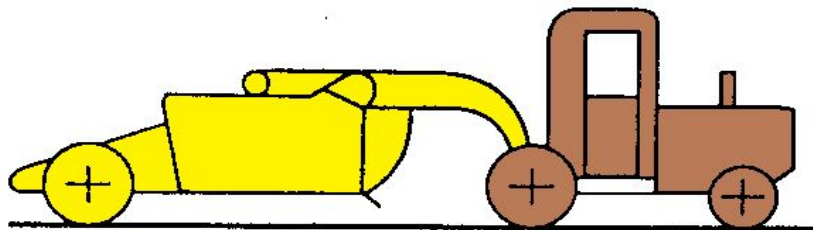


Рис.3. Полуприцепные ($V_k = (4,5...5 \text{ м}^3)$)

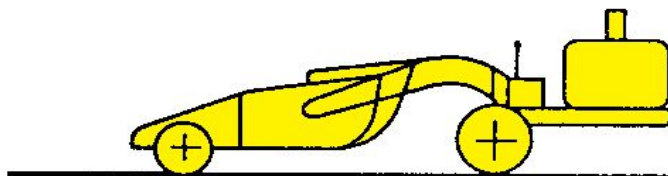


Рис. 4. Самоходные ($V_k = (8...25 \text{ м}^3)$)

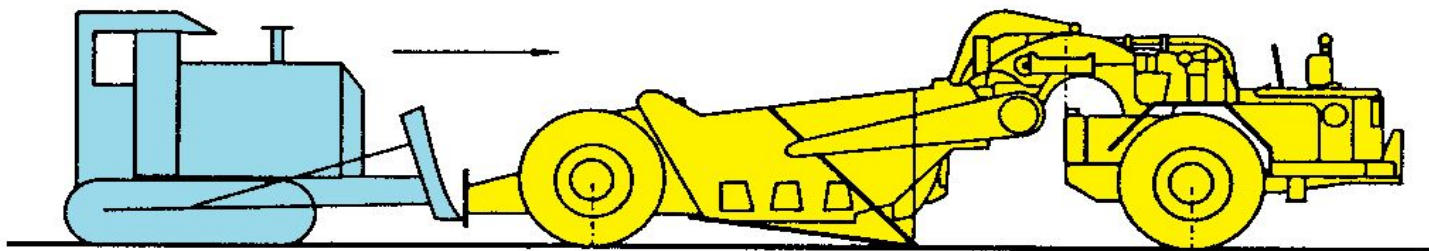
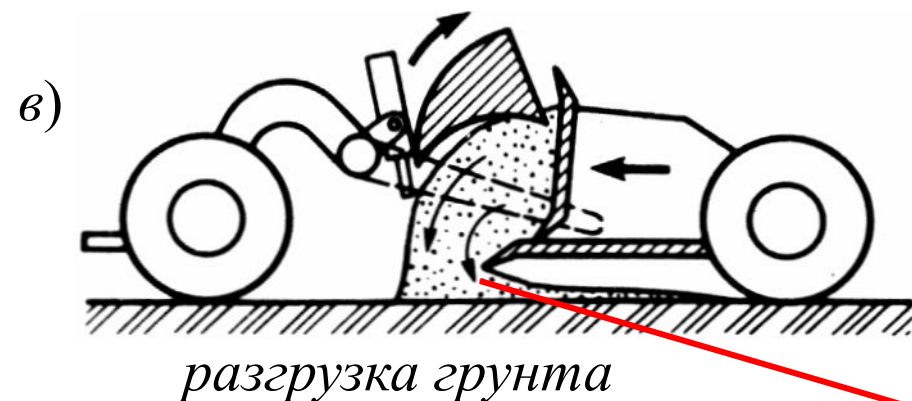
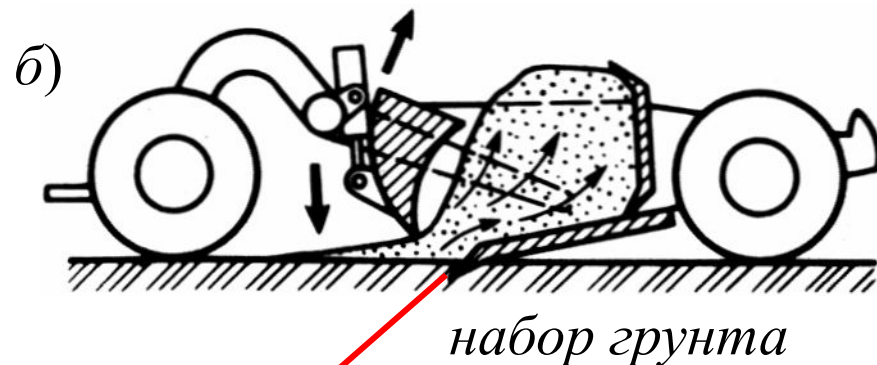
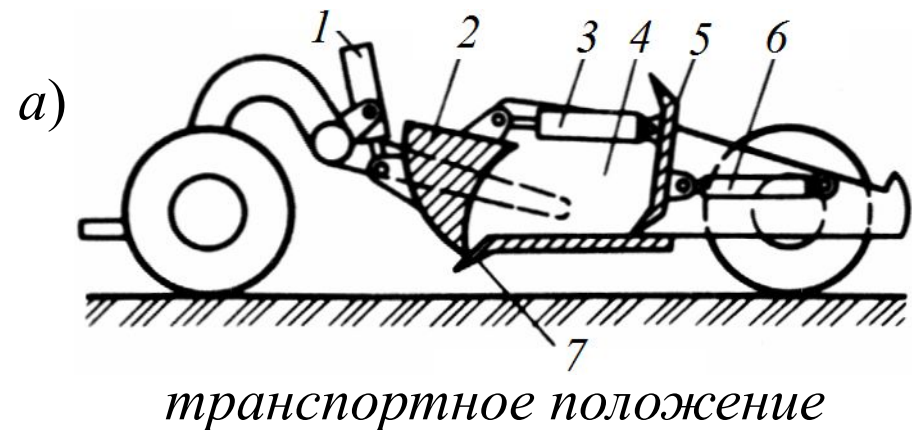


Рис. 5. Самоходный в паре бульдозером -толкачом

Полный цикл работы скрепера состоит из набора грунта, движения нагруженного скрепера, разгрузки ковша и движения порожнего скрепера.

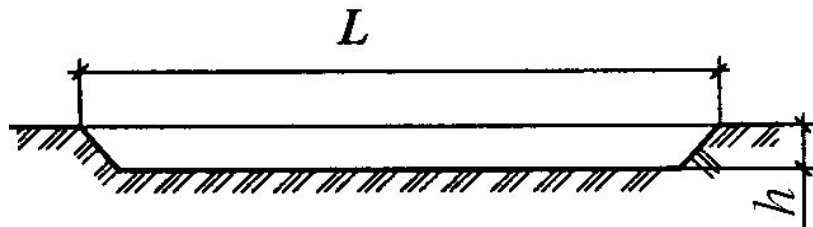


Скрепер снимает ковшом стружку грунта толщиной 0,12 ... 0,35 м.

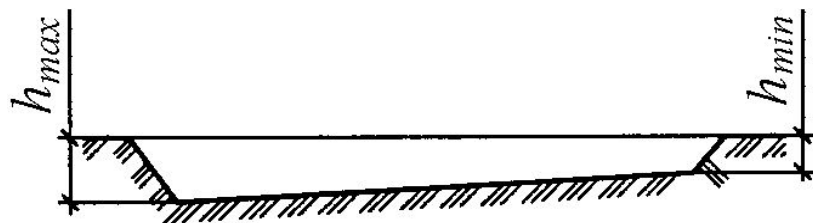
Рис. 6. Схема работы скрепера:
1, 3, 6 – гидроцилиндры; 2 – заслонка;
4 – ковш; 5 – задняя стенка; 7 – нож

Толщина отсыпаемого слоя 0,35 ... 0,5 м.
Для обеспечения равномерной толщины отсыпаемого грунта ковш разгружают только при движении скрепера.

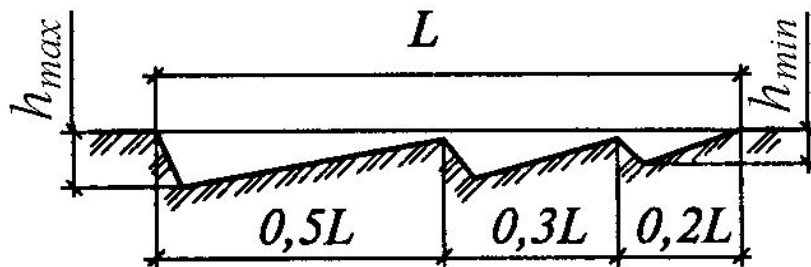
Скреперы набирают грунт (в зависимости от его вида) различными способами:



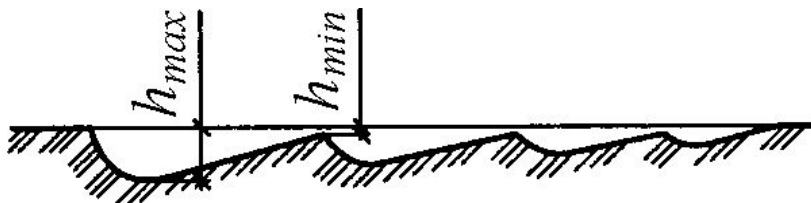
способ набора грунта постоянной толщины **тонкой прямой стружкой** применяют на любых связных грунтах;



клиновой – т.е. с переменной толщиной стружки, – при разработке любых связных грунтов на горизонтальных участках;



гребёнчатой с переменным заглублением и выглублением ковша – при разработке сухих суглинистых и глинистых грунтов на горизонтальных участках;



клевковой с переменным заглублением ковша скрепера.

Рис. 7. Способы срезания стружки грунта скреперами

В зависимости от характера возводимого сооружения, взаимного расположения мест разработки и укладки грунта и местных условий применяют эллиптическую, спиральную, «восьмёркой», зигзагообразную, челночно-поперечную и челночно-продольную схемы движения скрепера.

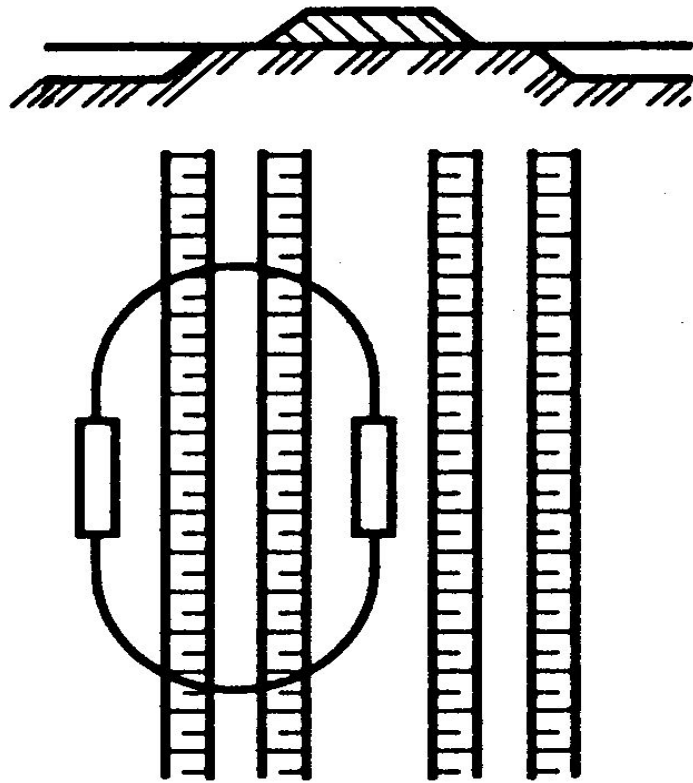


Рис. 8. Схема срезания грунта скрепером при его движении по эллиптической траектории

Эллиптическая схема наиболее проста и применяется в большинстве случаев при планировочных работах в промышленном и гражданском строительстве. Наибольший эффект имеет при возведении насыпей или разработке выемок на линейно-протяженном строительстве с высотой насыпи или глубиной выемок не более 2 м, когда не требуется устройства выездов или съездов.

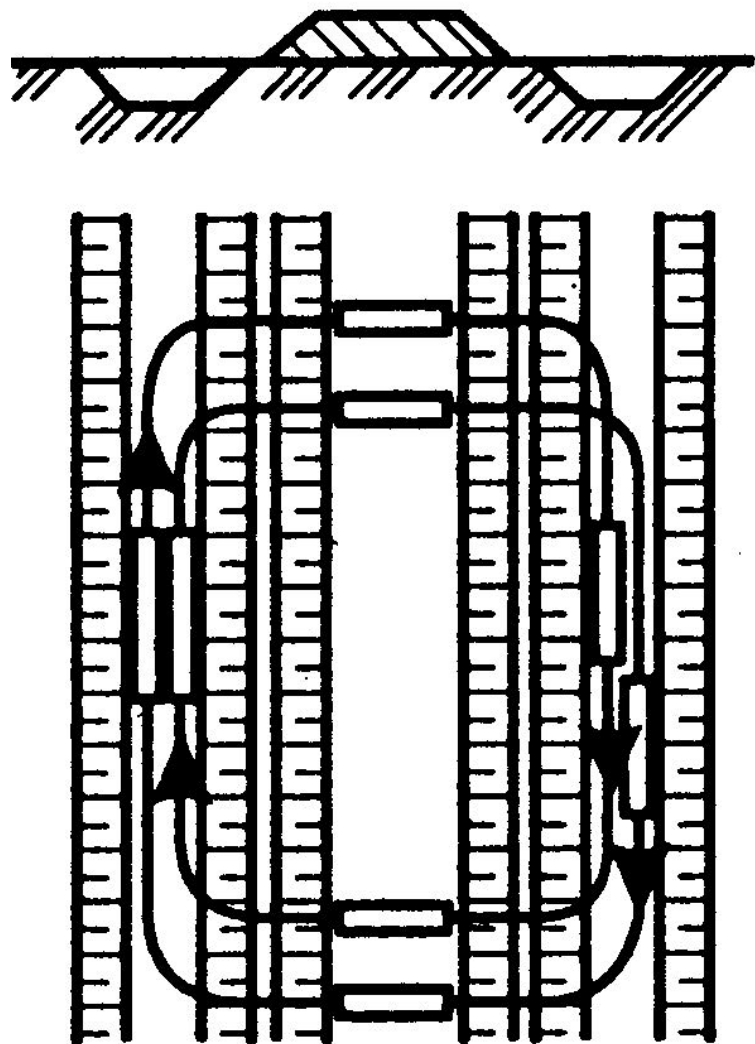
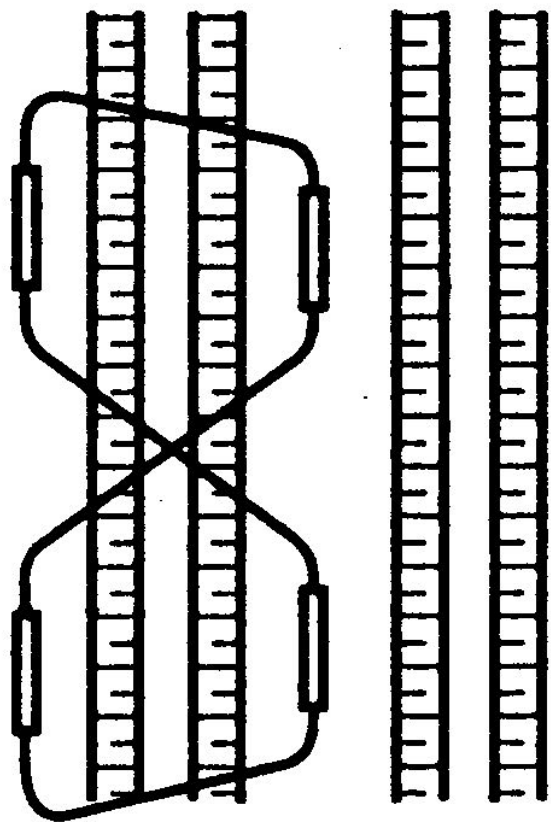


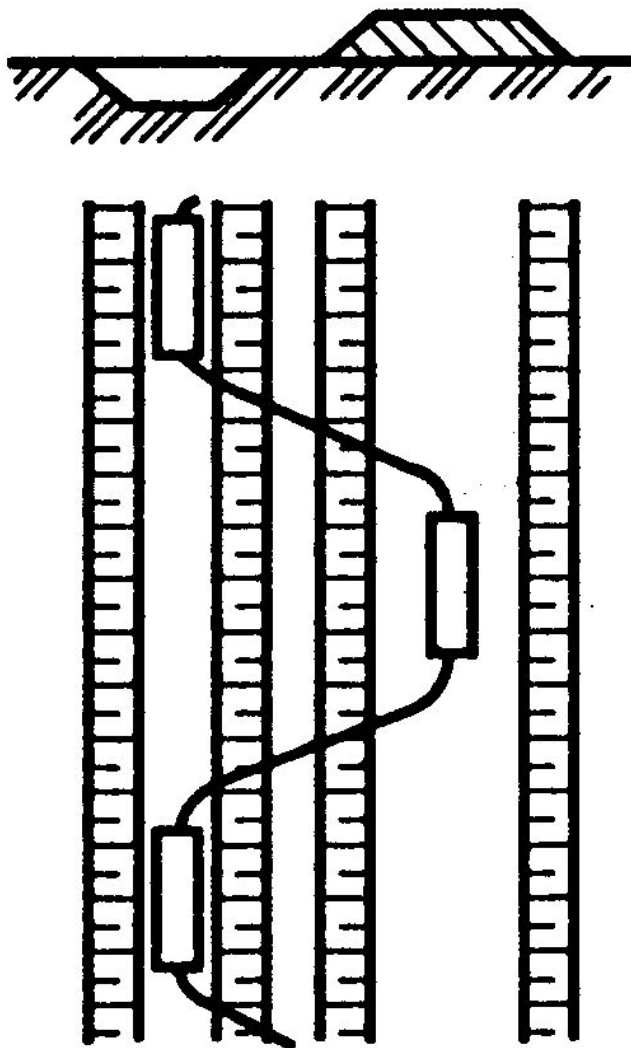
Рис. 9. Схема срезания грунта скрепером при его движении по спиральной траектории

Спиральная схема – разновидность эллиптической, находит применение при возведении широких насыпей из двухсторонних резервов или широких выемок высотой или глубиной до 2,6 м. Так же как и эллиптическая, она не требует устройства съездов и выездов. Поскольку отсыпка грунта производится перпендикулярно оси возводимого сооружения, сокращается дальность транспортировки и увеличивается производительность.



Движение скрепера по восьмёрке применяют при тех же условиях, что и эллиптическую схему. Отличием является то, что скрепер при своем движении по «восьмерке» чередует правые и левые повороты, что улучшает технико-эксплуатационные показатели и почти вдвое сокращает время на повороты, повышая тем самым на 3... 5% производительность скрепера.

Рис. 10. Схема срезания грунта скрепером при его движении по траектории «восьмёрка»



Схему движения скрепера по зигзагу используют при возведении насыпей высотой до 6 м из резервов по длине захвата 200 м и более. При этом уменьшаются число поворотов и дальность возки грунта и повышается производительность скрепера по сравнению с эллиптической схемой до 15%.

Рис. 11. Схема срезания грунта скрепером при его движении по траектории «зигзаг»

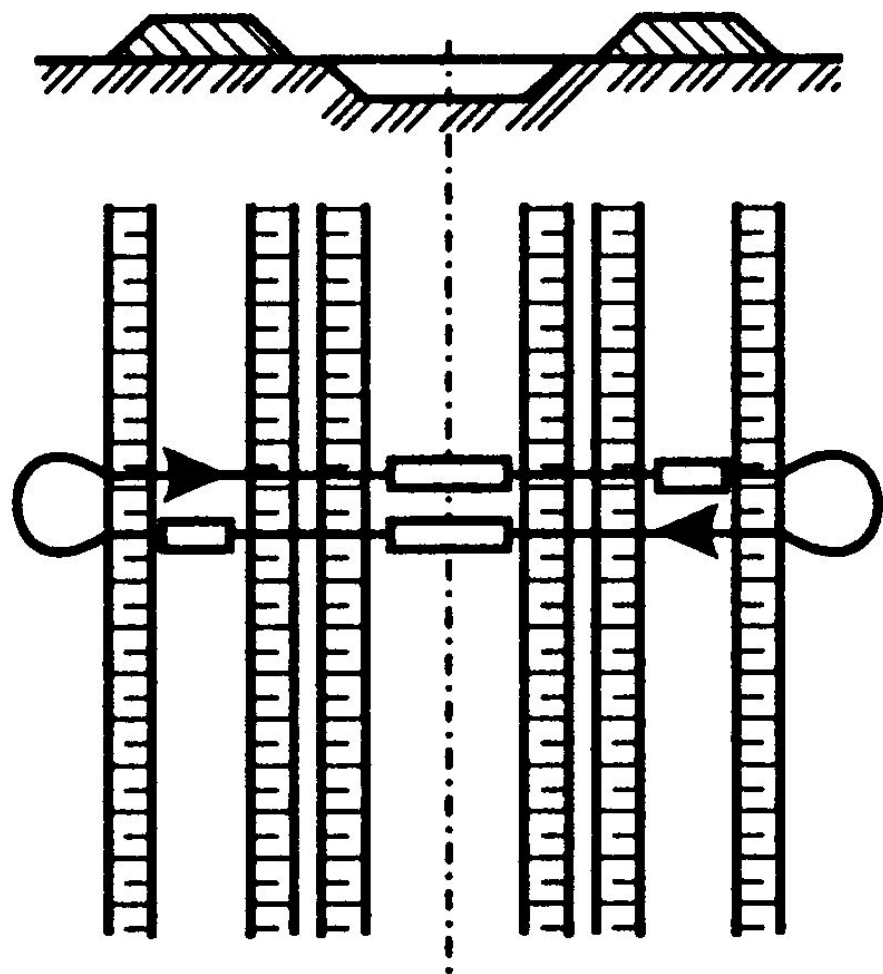
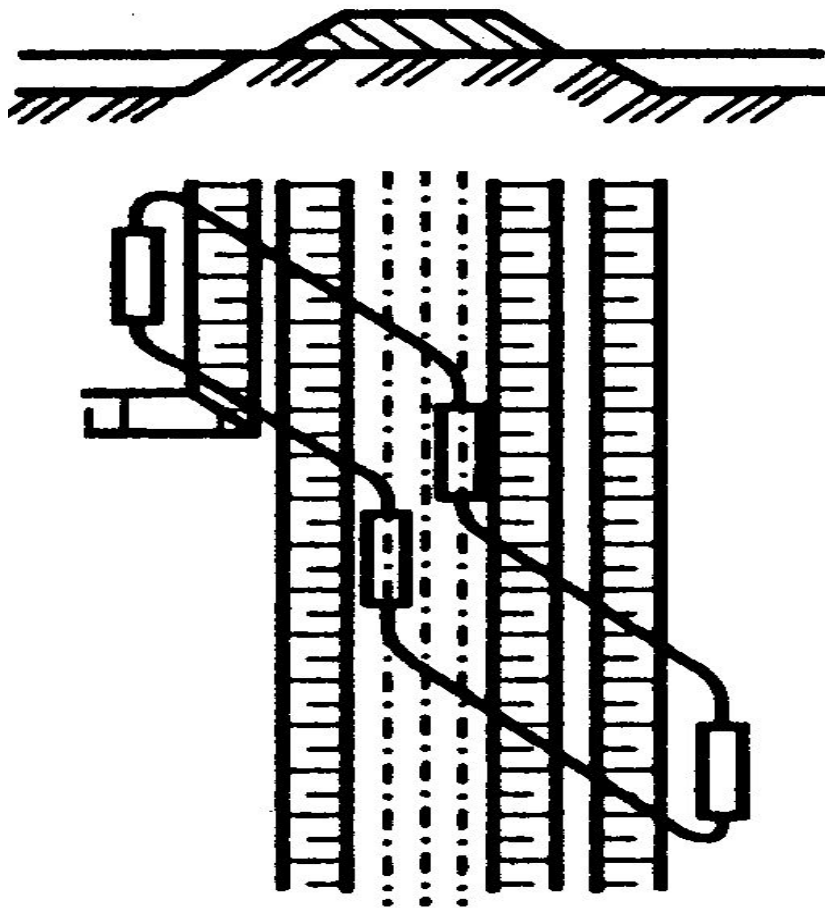


Рис. 12. Схема срезания грунта скрепером при челочно-поперечном движении

Челочно-поперечную схему применяют при возведении насыпей высотой менее 1,5 м при работе из двусторонних резервов. Движение скреперов по челочно-поперечной схеме аналогично движению по эллиптической. По сравнению с эллиптической схемой производительность скрепера выше на 20... 25%.



Челночно-продольную схему движения скреперов применяют при возведении насыпей до 5...6 м, с заложением откосов не круче 1/2, с транспортировкой фунта из двусторонних резервов. При этой схеме холостой пробег сокращается до минимума.

Рис. 13. Схема срезания грунта скрепером при челночно-поперечном движении

При вертикальной планировке площадей рекомендуются эллиптическая, спиральная и челночно-поперечная схемы движения скреперов.

1.2. Бульдозеры

Бульдозер представляет собой универсальную землеройно-транспортную машину, на основе гусеничного или пневмоколесного трактора, оснащенного навесным оборудованием.



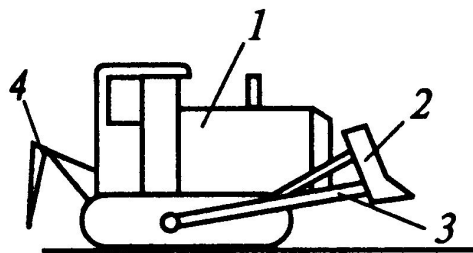
Рис. 14. Современные бульдозеры:
а – гусеничный; б - пневмоколёсный

Бульдозер предназначен для послойного отделения грунта от массива и транспортировки его к месту укладки на небольшие расстояния.

Виды работ, выполняемые бульдозерами:

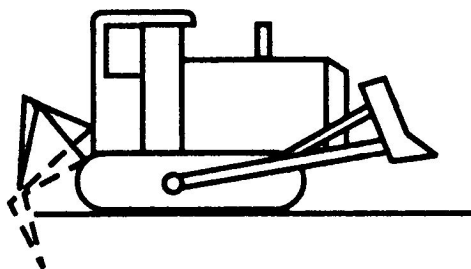
- расчистка территории от растительного слоя, остатков пней и корней
- планировка территории со срезкой неровностей, засыпка впадин и удаление излишков грунта;
- сооружение насыпей и выемок;
- разработка широких траншей и котлованов;
- возведение дамб;
- разработка грунта на склонах.

В цикл работы бульдозера входят следующие операции: резание и набор грунта методом снятия стружки; перемещение грунта на расстояние 10...70 м с надвижкой его отвалом; возвратный холостой ход.

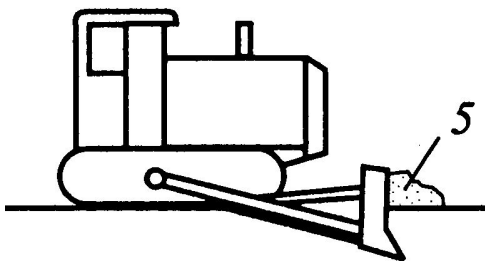


Исходное положение бульдозера:

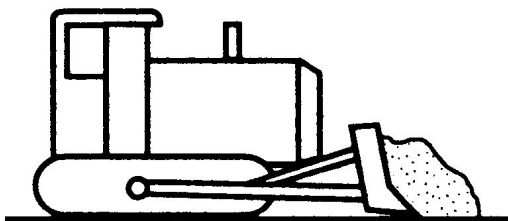
1 – трактор; 2 – отвал; 3 – толкающий брус;
4 – рыхлитель



Рыхление грунта

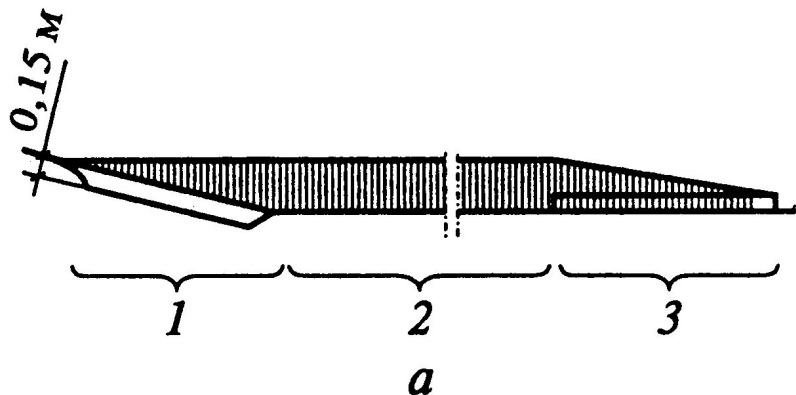


Резание и набор грунта (5 – грунт)

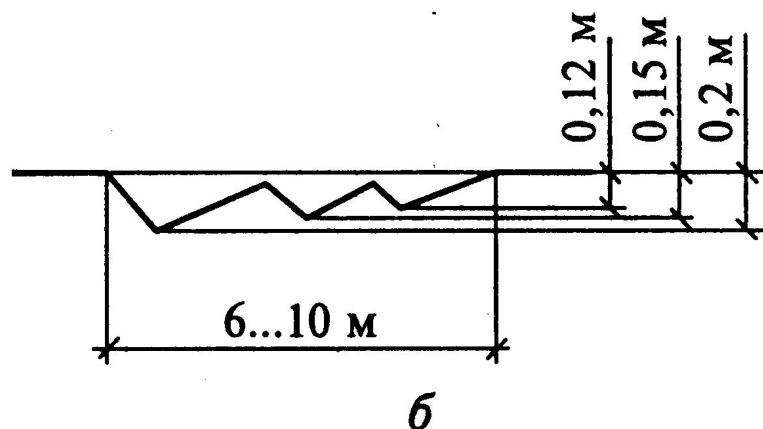


Перемещение грунта

Разработку выемок бульдозером ведут ярусами, соответствующими толщине стружки, снимаемой за одну проходку. Разработку ведут от начала выемки к середине (рис. 16, а), при этом должна быть обеспечена эффективная работа бульдозера под уклон.



Продольная при резании под уклон (1 – участок резания; 2 – участок перемещения; 3 – участок разгрузки)



то же, на горизонтальном участке

Рис. 16. Схема резания и перемещения грунта бульдозером

Планировка площадок бульдозерами выполняется преимущественно двумя способами: **траншейным** и **послойным**.

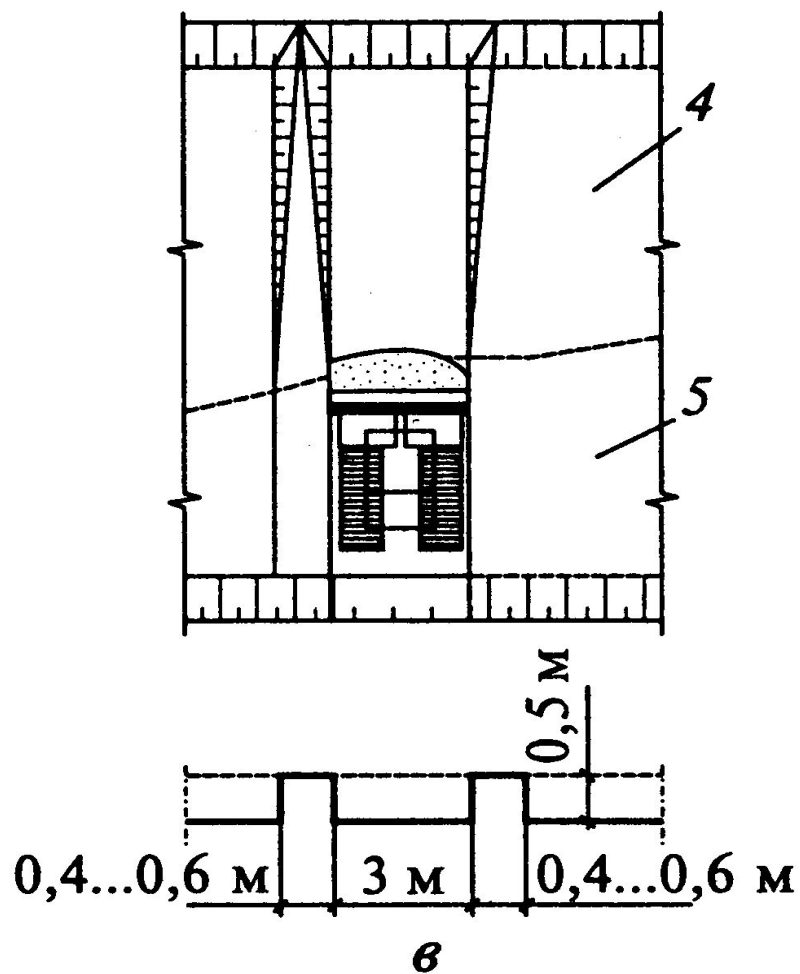


Рис. 17 (Продолжение). Схема резания и перемещения грунта бульдозером: 4 — насыпь; 5 — выемка

При **траншейном** способе (рис. 16, в) выемку разбивают на ярусы глубиной 0,4...0,5 м. Разработку каждого яруса ведут траншеями на ширину отвала, оставляя между ними полосы нетронутого грунта шириной 0,4... 0,6 м. Эти валы срезают бульдозерами в последнюю очередь. Траншейный способ исключает значительные потери грунта при его транспортировании и поэтому более производителен.

При **послойном** способе (рис. 16, з) выемку разрабатывают слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельными его частями. Этот способ прост и используется чаще, чем траншейный.

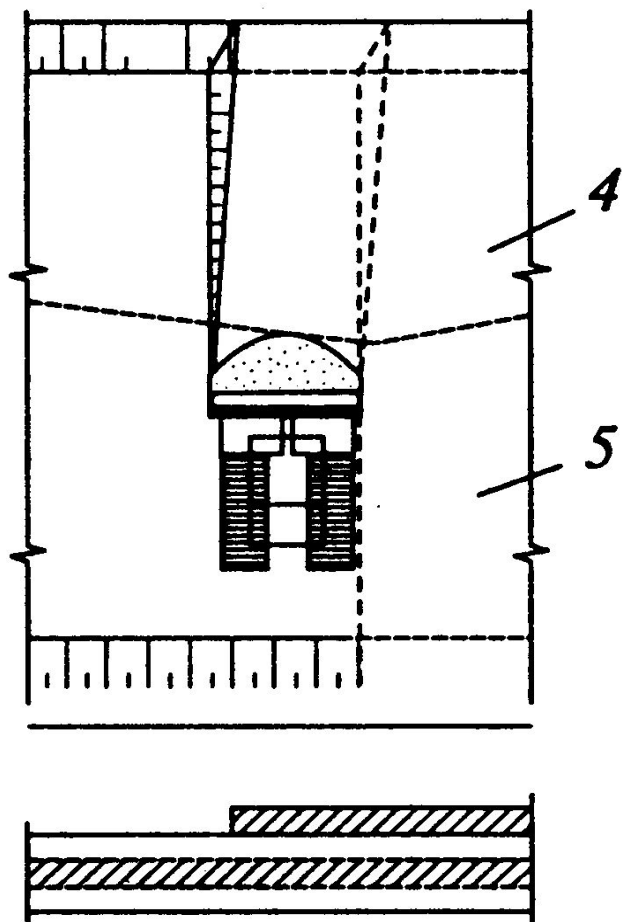


Рис. 18 (Окончание). Схема резания и перемещения грунта бульдозером: 4 — насыпь; 5 — выемка

При перемещениях грунта на расстояние свыше 40 м применяют способ разработки с промежуточным валом, а также спаренную работу двух бульдозеров. Отсыпку грунта ведут послойно, начиная с более удалённой точки от места забора. При дальности перемещения до 70 м бульдозер возвращается в забой для повторения цикла задним ходом без разворота машины. При работе бульдозера в особо плотных грунтах (выше III группы) грунт предварительно разрыхляют.

Повышение эффективности работы бульдозера достигается за счёт установки на них автоматизированной системы, обеспечивающей автоматизированное управление рабочим органом бульдозера и повышение качества планировочных работ.

Использование бульдозера в составе комплексного технологического процесса позволяет обеспечить механизацию большого числа вспомогательных, подготовительных и основных процессов.

1.3. Автогрейдеры

Автогрейдер представляет собой самоходную машину, предназначенную для профилирования и планировки поверхности земляного полотна.



Рис. 19

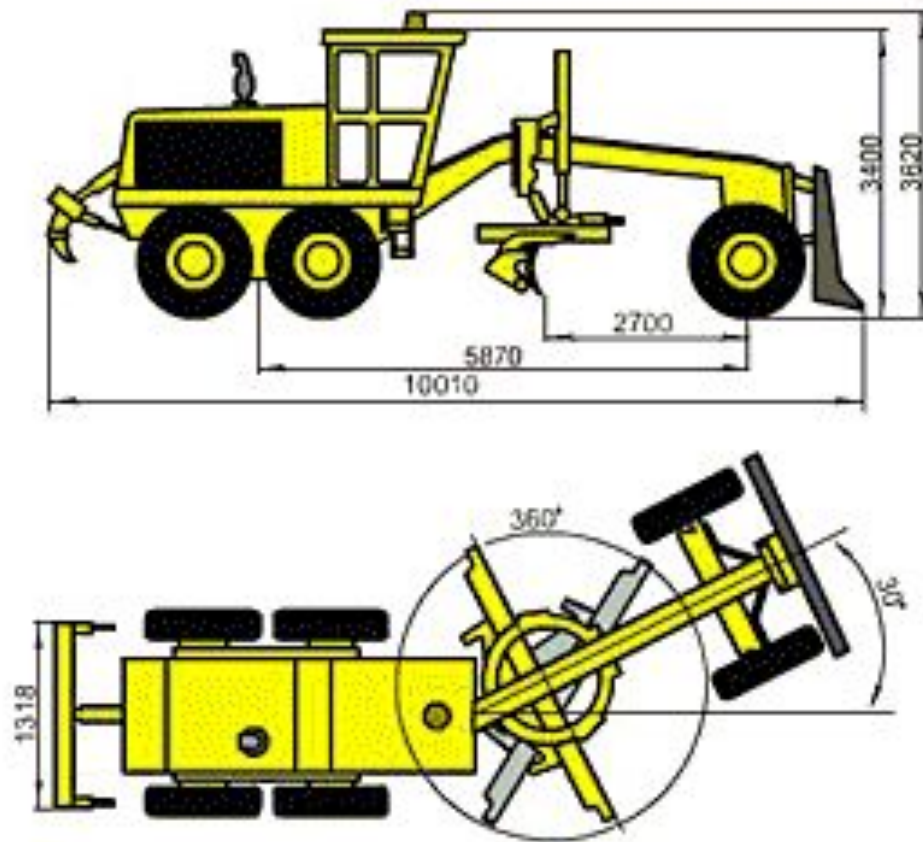


Рис. 20

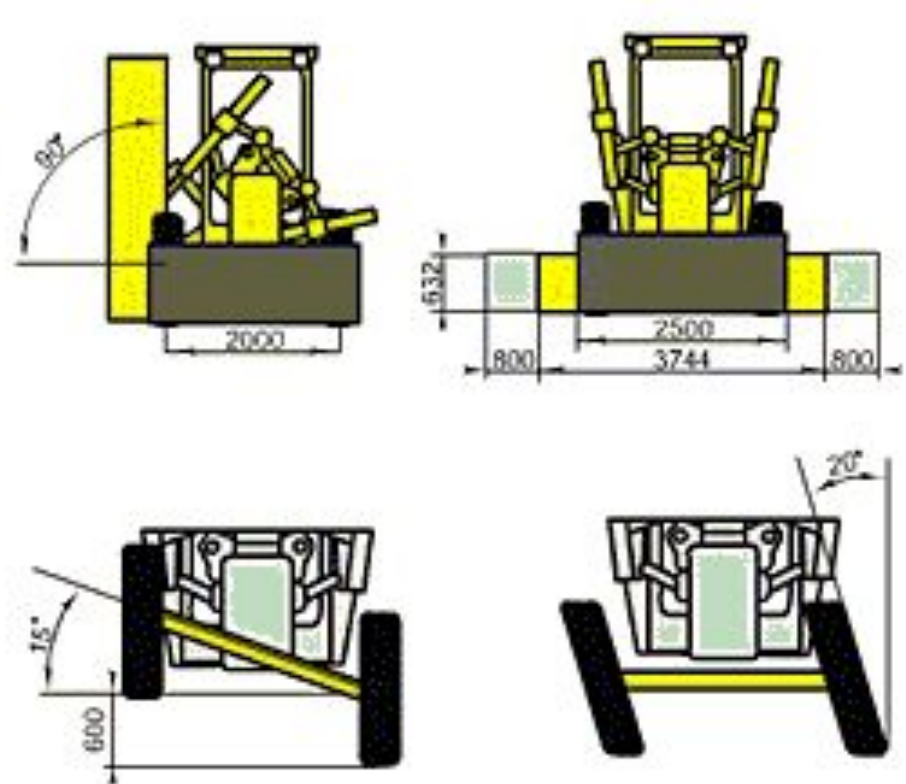


Рис. 21



2. Укладка и уплотнение грунта

При устройстве различных земляных сооружений часто возникает необходимость уплотнения грунта, что предотвращает осадки и сдвиговые деформации сооружений. В гидротехнических земляных сооружениях уплотнение является также эффективным средством снижения фильтрации воды.

В зависимости от прочности связей между минеральными частицами грунты подразделяют на связные и несвязные. Прочность связей определяется содержанием влаги в грунте.

При уплотнении нарушаются связи между минеральными частицами, создается более плотная их компоновка и вытесняется воздух, благодаря чему грунт приобретает прочность и стабильность, повышается его несущая способность.

На уплотняемость грунта влияют многие факторы: механический состав, связность, начальная плотность и его влажность; толщина уплотняемых слоёв; способы уплотнения, параметры применяемых машин, число проходов механизмов по одному месту.

Способы и средства уплотнения грунта

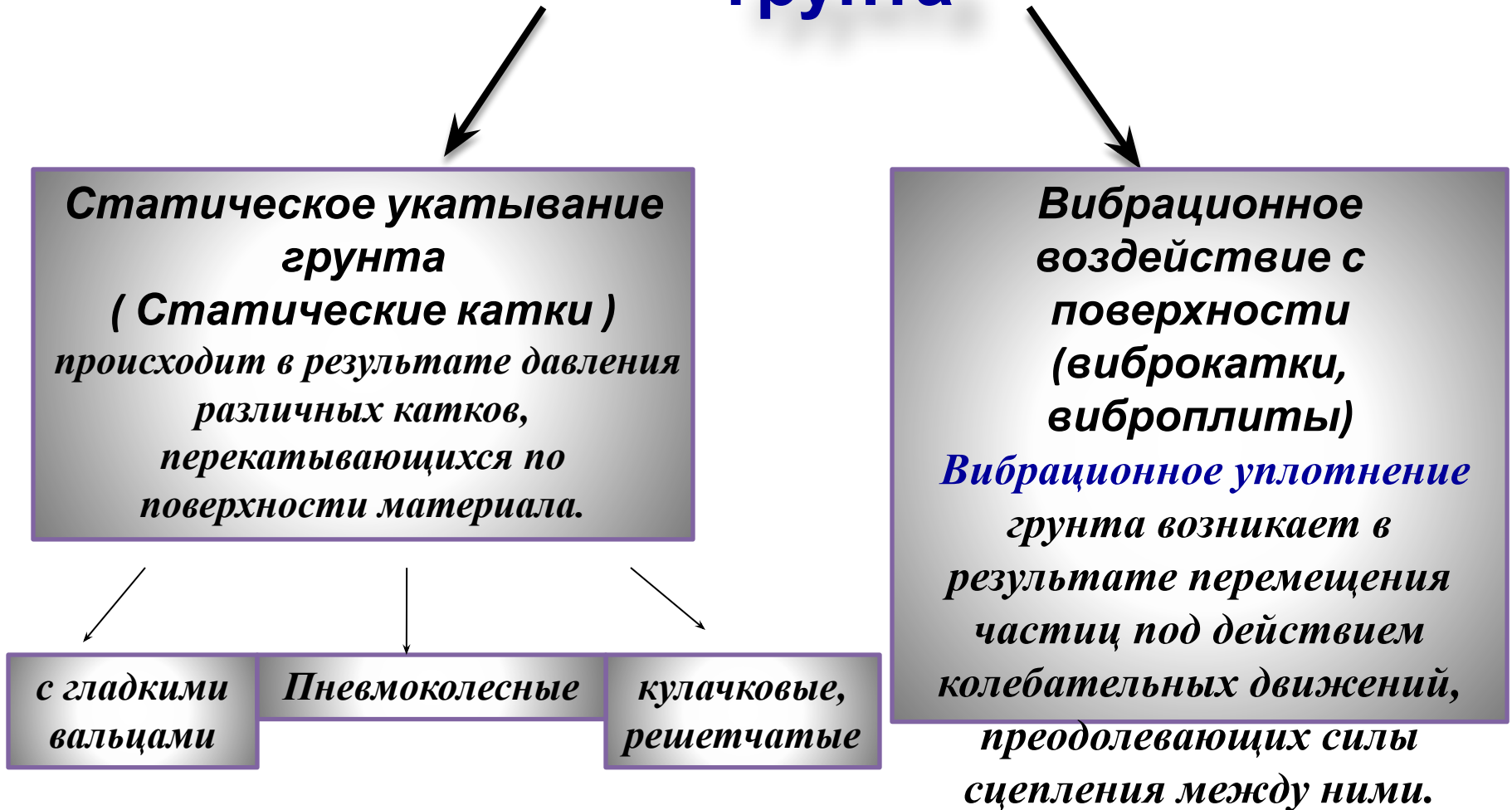


Рис. 22

Катки с гладкими

Применяют для уплотнения связных и не связных грунтов на глубину 0,15-0,25 м за 4-6 проходов.

Катки с гладкими вальцами наименее эффективны из-за незначительной глубины уплотнения.

Вибрационный каток



Рис. 23

Кулачковые катки

Применяют только для связных грунтов, гравелистых и щебёночных оснований.

Кулачки погружаются в грунт и уплотняют его на большую глубину 0,7 м.



Рис. 24

Пневмоколесные

Пневмоколесные катки применяются для уплотнения связных и не связных грунтов. Преимущество пневмоколесных – они имеют большую площадь контакта с грунтом. Масса катков составляет 10...100 т.



Рис. 25 Прицепной



Рис. 26.
Полуприцепной



Рис. 27. Самоходный

Наиболее трудным является уплотнение грунта при обратной засыпке пазух фундаментов или траншей, так как работы ведутся в стеснённых условиях. Во избежание повреждения фундаментов или трубопроводов прилегающий к ним грунт на ширину 0,8 м уплотняется с помощью виброплит (рис. 28), пневматических и электрических трамбовок слоями толщиной 0,15...0,25 м (рис. 29). Более производительные способы, например самопередвигающиеся виброплиты и другие, применяются при уплотнении засыпки под полы.



Рис. 28



Рис. 29

Насыпи, имеющие большую площадь, рекомендуется уплотнять прицепными или самоходными гладкими или кулачковыми катками, а также трамбующими машинами по замкнутому кругу.

Проходки грунтоуплотняющих машин делаются с небольшим перекрытием во избежание пропусков неуплотнённого грунта. Число проходов по одному месту и толщина слоя задаются в зависимости от вида грунта и типа грунтоуплотняющей машины или устанавливаются опытным путем (обычно 6...8 проходов).

Насыпи, к которым не предъявляются высокие требования по плотности грунта, можно уплотнять транспортными средствами в процессе отсыпки грунта. Схема работы составляется так, чтобы груженный транспорт перемещался по отсыпанному слою грунта.

3. Разработка грунта в зимних условиях

Значительная часть территории России расположена в зонах с продолжительной и суровой зимой. В связи с повышенной прочностью мёрзлых грунтов зимой в несколько раз увеличивается трудоёмкость и стоимость их разработки. Кроме того, усложняется технология, ограничивается применение некоторых типов землеройных (экскаваторов) и землеройно-транспортных (бульдозеров, скреперов, грейдеров) машин.

Методы разработки грунта в зимних условиях

1. Предохранение грунта от промерзания с последующей разработкой обычными методами;
2. Оттаивание грунта с разработкой его в талом состоянии;
3. Разработка грунта в мёрзлом состоянии с предварительным рыхлением;
4. Непосредственная разработка мёрзлого грунта.

3.1. Предохранение грунта от промерзания

Этот метод основан на искусственном создании на поверхности участка, намеченного к разработке в зимнее время, термоизоляционного покрова с разработкой грунта в талом состоянии. Предохранение проводится до наступления устойчивых отрицательных температур, заблаговременным отводом с утепляемого участка поверхностных вод.

Рассмотрим два способа термоизоляционного покрытия.

1. Предварительное рыхление грунта, а также вспахивание и боронование осуществляется накануне наступления зимнего периода на участке, предназначенном для разработки в зимних условиях. При рыхлении поверхности грунта верхний слой приобретает рыхлую структуру с заполненными воздухом замкнутыми пустотами, обладающими достаточными теплоизоляционными свойствами.

2. Укрытие поверхности грунта выполняют термоизоляционными материалами, желательно из дешёвых местных материалов: древесных листьев, сухого мха, торфяной мелочи, соломенных матов, шлака, стружек и опилок, укладываемых слоем 20...40 см непосредственно по грунту. Поверхностное утепление грунта применяют в основном для небольших по площади выемок.

3.2. Метод оттаивания грунта с разработкой его в талом состоянии

Оттаивание происходит за счёт теплового воздействия и характеризуется значительной трудоёмкостью и энергетическими затратами. Применяется в редких случаях, когда другие методы недопустимы или неприемлемы – вблизи действующих коммуникаций и кабелей, в стеснённых условиях, при аварийных и ремонтных работах.

Классификация способов оттаивания мёрзлого грунта по направлению распространения теплоты в грунте

сверху вниз

Способ неэффективен т.к. источник теплоты размещается в зоне холодного воздуха, что вызывает большие потери. Преимущество – его легко и просто осуществить, требует минимальных подготовительных работ.

снизу вверх

Минимальный расход энергии, т.к. оттаивание происходит под защитой льдоземляной корки и теплопотери при этом практически исключаются. Главный недостаток способа – необходимость выполнения трудоёмких подготовительных операций, что ограничивает область его применения.

радиальному

Теплота распространяется в грунте радиально от вертикально установленных прогревающих элементов, погружённых в грунт. Этот способ по своим экономическим показателям занимает промежуточное положение между двумя ранее описанными, а для своего осуществления требует значительных подготовительных работ.

В зависимости от применяемого теплоносителя существует несколько методов оттаивания.

1. Оттаивание непосредственным сжиганием топлива.

Если в зимнее время необходимо выкопать 1...2 ямы, самое простое решение – обойтись простым костром. Поддерживание костра в течение смены приведёт к оттаиванию грунта под ним на 30...40 см. Погасив костёр и хорошо утеплив место прогрева опилками, оттаивание грунта внутрь будет продолжаться за счёт аккумулированной энергии и за смену может достигнуть общей глубины до 1 м. При необходимости можно снова расжечь костёр или разработать талый грунт и на дне ямы развести костер. Применяют способ крайне редко, так как только незначительная часть тепловой энергии расходуется продуктивно.

2. Огневой способ применим для отрывки небольших траншей, используется звеньевая конструкция (рис. 22) из ряда металлических коробов усечённого типа, из которых легко собирается галерея необходимой длины, в первом из них устраивают камеру сгорания твёрдого или жидкого топлива (костёр из дров, жидкое и газообразное топливо с сжиганием через форсунку).

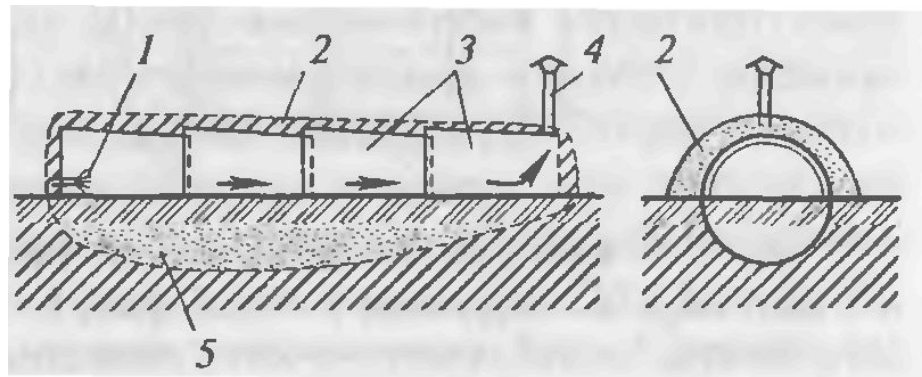


Рис. 22. Установка для оттаивания грунта жидким топливом:

1 – форсунка; 2 – утеплитель (обсыпка талым грунтом); 3 – коробка; 4 – вытяжная труба; 5 – полость оттаявшего грунта

Тепловая энергия перемещается к вытяжной трубе последнего короба, создающей необходимую тягу, благодаря которой горячие газы проходят вдоль всей галереи и грунт под коробами прогревается по всей длине. Сверху короба желательно утеплить, часто утеплителем используют талый грунт. После смены агрегат убирают, полосу оттаявшего грунта засыпают опилками, дальнейшее оттаивание продолжается за счёт аккумулированного в грунте тепла.

3. Способ электропрогрева основан на пропуске тока через разогреваемый материал, в результате чего он приобретает положительную температуру. Основными техническими средствами являются горизонтальные или вертикальные электроды.

3.1. При оттаивании грунта **горизонтальными электродами** по поверхности грунта укладывают электроды из полосовой или круглой стали, концы которых отгибают на 15... 20 см для подключения к проводам (рис. 23).

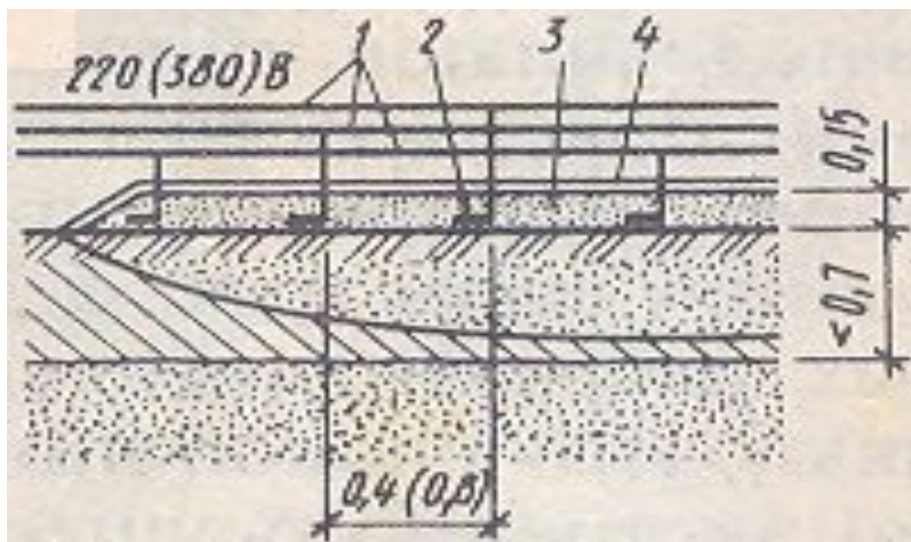


Рис. 23. Оттаивание грунта горизонтальными электродами (размеры в м):

1 – трёхфазная электрическая сеть; 2 – горизонтальные полосовые электроды; 3 – слой опилок, смоченный солёной водой; 4 – слой толя или рубероида; 5 – стержневой электрод

Поверхность отогреваемого участка покрывают слоем опилок толщиной 15... 20 см, которые смачивают солевым раствором с концентрацией 0,2... 0,5% с таким расчётом, чтобы масса раствора была не менее массы опилок.

Вначале смоченные опилки являются токопроводящим элементом, так как замёрзший грунт не является проводником. Под воздействием теплоты, генерируемой в слое опилок, оттаивает верхний слой грунта, который превращается в проводник тока от электрода к электроду. После этого под воздействием теплоты начинает оттаивать следующий слой грунта, а затем нижележащие слои. В дальнейшем опилочный слой защищает отогреваемый участок от потерь теплоты в атмосферу, для чего слой опилок покрывают толем или щитами. Этот способ применяют при глубине промерзания грунта до 0,7 м; расход электроэнергии на обогрев 1 м³ грунта колеблется от 150 до 300 кВт.ч, температура в опилках не превышает 80...90°C.

3.2. Оттаивание грунта **вертикальными электродами** осуществляют с применением стержней из арматурной стали с заострёнными нижними концами. При глубине промерзания 0,7 м их забивают в грунт в шахматном порядке на глубину 20... 25 см, а по мере оттаивания верхних слоев грунта погружают на большую глубину (рис. 24).

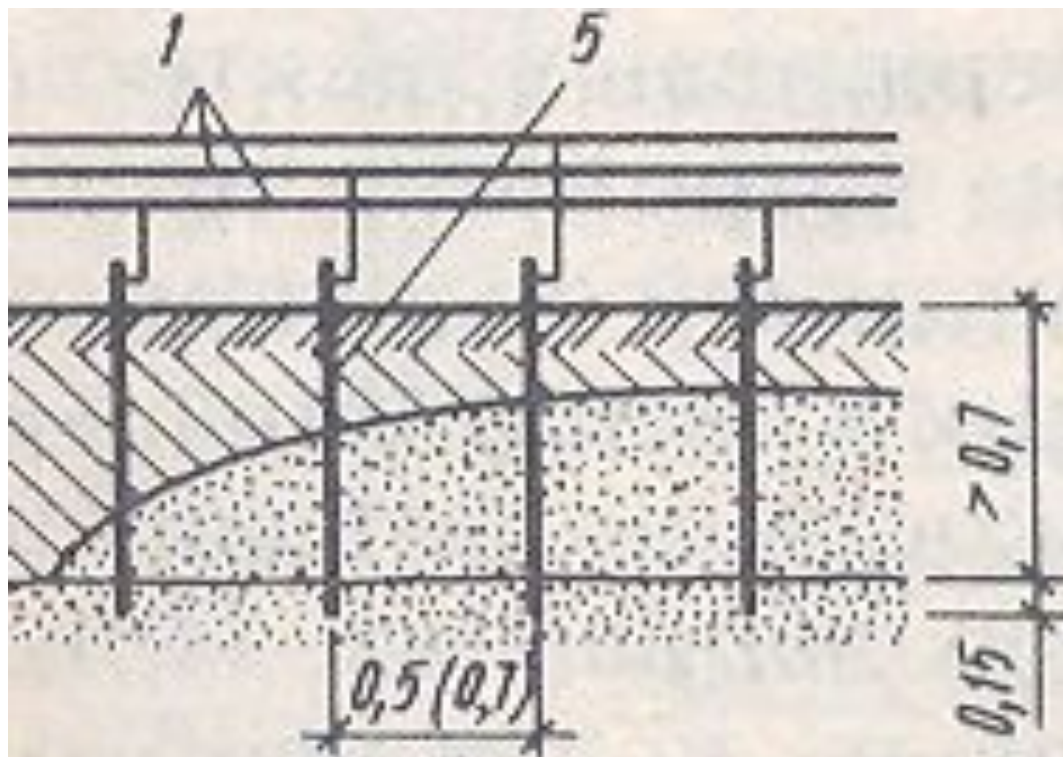


Рис. 24. Оттаивание грунта способом электропрогрева вертикальными электродами сверху вниз (размеры в м):

1 – трёхфазная электрическая сеть; 5 – стержневой электрод

При оттаивании сверху вниз необходимо систематически убирать снег и устраивать опилочную засыпку, увлажнённую солевым раствором. Режим прогрева при стержневых электродах такой же, как и при полосовых, причем во время отключения электроэнергии электроды следует дополнительно заглублять до 1,3... 1,5 м.

После отключения электроэнергии в течение 1...2 дней глубина оттаивания продолжает увеличиваться за счёт аккумулированной в грунте теплоты под защитой опилочного слоя. Расход энергии при этом способе несколько ниже, чем при способе горизонтальных электродов.

Применяя **прогрев снизу вверх**, до начала прогрева необходимо бурить скважины, расположенные в шахматном порядке, на глубину, превышающую на 15...20 см толщину мёрзлого грунта. Расход энергии при отоплении грунта снизу вверх существенно снижается составляя 50...150 кВт.ч на 1 м³, а применять слой опилок не требуется.

При заглублении стержневых электродов в подстилающий талый грунт и одновременном устройстве на дневной поверхности опилочной засыпки, пропитанной солевым раствором, оттаивание происходит как в направлении сверху вниз, так и снизу вверх (рис. 25).

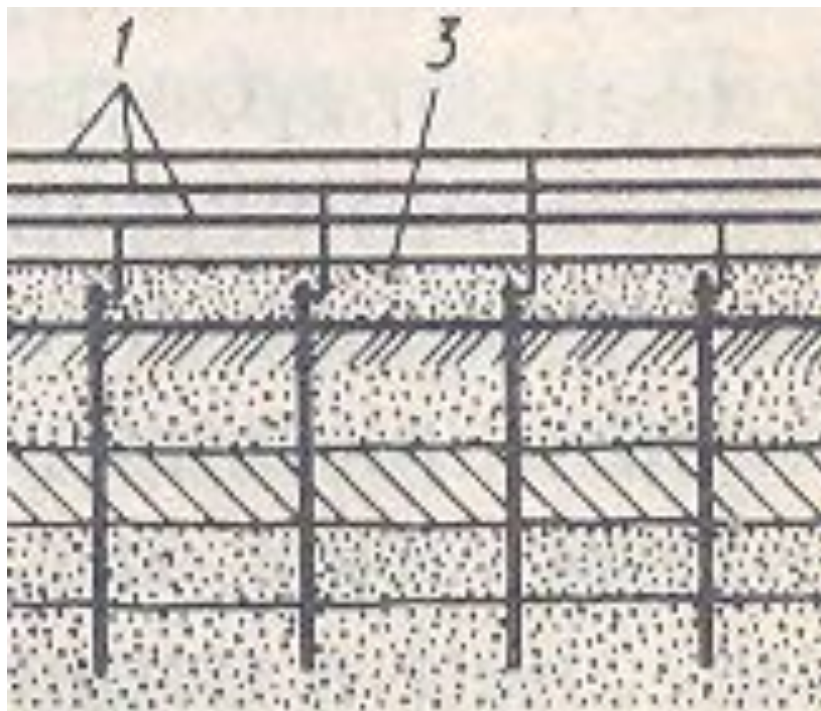


Рис. 25. Оттаивание грунта способом электропрогрева вертикальными электродами сверху вниз и снизу вверх (размеры в м):

1 – трёхфазная электрическая сеть;

3 – слой опилок , смоченный солёной водой

В этом варианте трудоёмкость подготовительных работ значительно выше, чем в первых двух вариантах. Применяют этот способ лишь в исключительных случаях, когда необходимо экстренно осуществить оттаивание грунта.

4. Оттаивание токами высокой частоты. Метод позволяет резко сократить подготовительные работы, так как промёрзший грунт сохраняет проводимость к токам высокой частоты, поэтому отпадает надобность в большом заглублении электродов в грунт и в устройстве опилочной засыпки. Расстояние между электродами может быть увеличено до 1,2 м, т. е. сокращено их количество почти в два раза. Процесс оттаивания грунта протекает относительно быстро. Ограниченное использование способа связано с недостаточным выпуском генераторов токов высокой частоты.

5. Оттаивание грунта теплоэлектронагревателями. Данный метод основан на передаче теплоты мёрзлому грунту контактным способом. В качестве основных технических средств применяются электроматы, изготавливаемые из специального теплопроводящего материала, через который пропускают электрический ток. Прямоугольные маты, размеры которых могут закрывать поверхность от 4...8 м², укладываются на оттаиваемый участок и подсоединяются к источнику электричества напряжением 220 В. При этом образующееся тепло эффективно распространяется сверху вниз в толщу мёрзлого грунта, что приводит к его оттаиванию. Время, необходимое для оттаивания, зависит от температуры окружающего воздуха и от глубины промерзания грунта и в среднем составляет 15-20 ч.

6. Паровое оттаивание основано на впуске пара в грунт, для чего применяют специальные технические средства - паровые иглы (рис. 26), представляю-

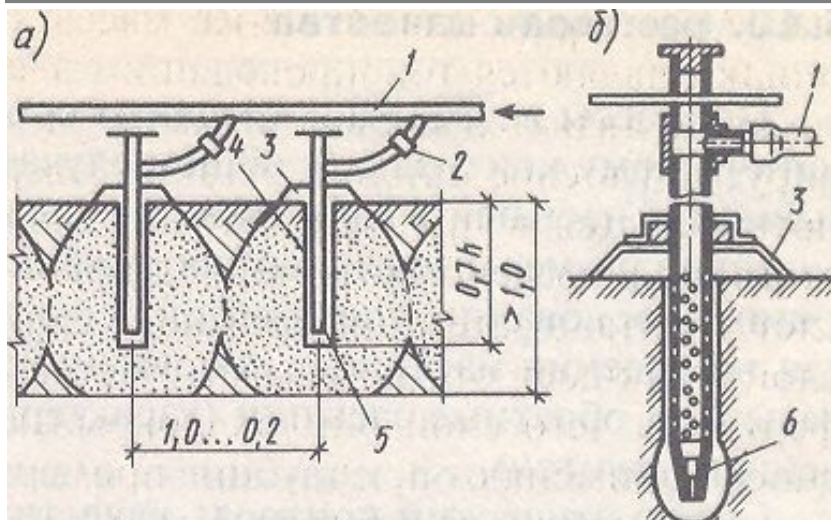


Рис. 26. Оттаивание грунта паром (размеры в м): *а* – общая схема; *б* – паровая игла;
1 – паропровод; 2 – паровой вентиль;
3 – колпак; 4 – пробуренная скважина;
5 – паровая игла; 6 – наконечник

щие собой металлическую трубу длиной до 2 м, диаметром 25... 50 мм. На нижнюю часть трубы насажен наконечник с отверстиями диаметром 2... 3 мм. Иглы соединяют с паропроводом гибкими резиновыми шлангами с кранами. Иглы заглубляют в скважины, предварительно пробуриваемые на глубину, равную 0,7 глубины оттаивания. Скважины закрывают защитными колпаками, снабжёнными сальниками для пропуска паровой иглы. Пар подают под давлением $\approx 0,06$ МПа.

После установки аккумулялированных колпаков прогреваемую поверхность покрывают слоем термоизолирующего материала (например, опилок). Иглы располагают в шахматном порядке с расстоянием между центрами 1... 1,5 м. Этот метод требует расхода теплоты примерно в 2 раза больше, чем метод глубинных электродов. Поэтому методы оттаивания грунта паровыми и водяными иглами утратили свою эффективность и вытесняются более современными.

2.6.5.3. Разработка грунта в мёрзлом состоянии с предварительным рыхлением

Рыхление мёрзлого грунта с последующей разработкой землеройными и землеройно-транспортными машинами осуществляют механическим или взрывным методом. В соответствии с требованиями экологии, перед зимней разработкой грунта необходимо в осенний период снять бульдозером слой растительного грунта с намеченного для разработки участка.

Механическое рыхление базируется на резании, раскалывании или сколе мёрзлого грунта статическим или динамическим воздействием.

Динамическое воздействие основано на создании ударных нагрузок на открытой поверхности мёрзлого грунта. Этим способом грунт разрушают молотами свободного падения (рыхление раскалыванием) либо молотами направленного действия (рыхление сколом). Молот свободного падения может иметь форму шара или клина (рис. 27, а) массой до 5 т, подвешиваемого на канате к стреле экскаватора и сбрасываемого с высоты 5...8 м. Шары рекомендуется применять при рыхлении песчаных и супесчаных грунтов, а клинья — глинистых (при глубине промерзания 0,5... 0,7 м).

В качестве молота направленного действия широко применяют дизель-молоты, используемые в качестве навесного оборудования к экскаватору (рис. 27, б) или трактору. Дизель-молоты позволяют разрушать грунт на глубину до 1,3 м (рис. 28).

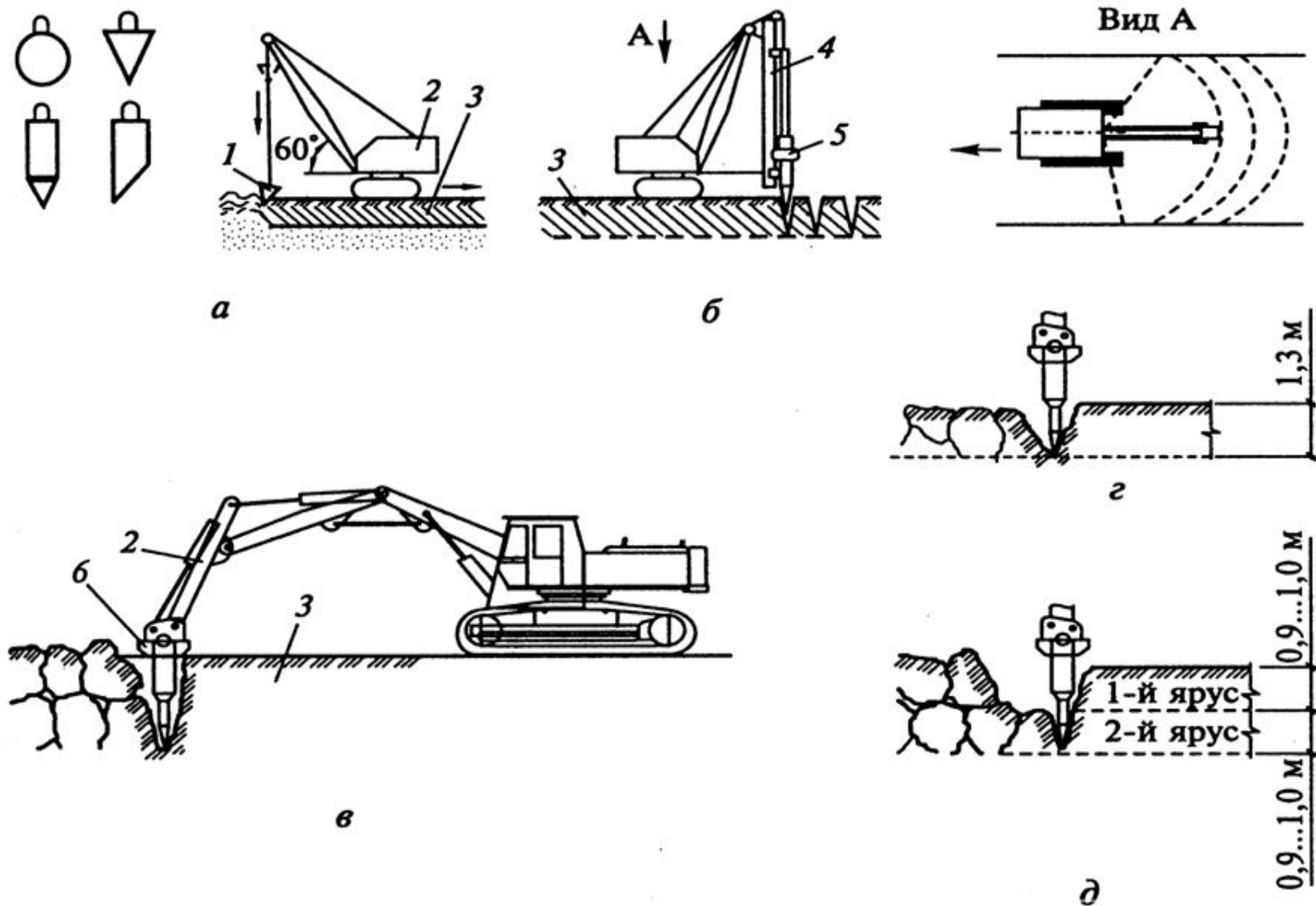


Рис. 27. Рыхление мёрзлого грунта динамическим воздействием (размеры в м):
а – схема рыхления молотом свободного падения; *б* – то же, дизель-молотом; *в* – то же, гидромолотом, *г* – глубина промерзания < 1,5 м; *д* – глубина промерзания > 1,5 м;
 1 – молот; 2 – экскаватор; 3 – мерзлый слой грунта; 4 – направляющая штанга;
 5 – дизель-молот; 6 – гидромолот

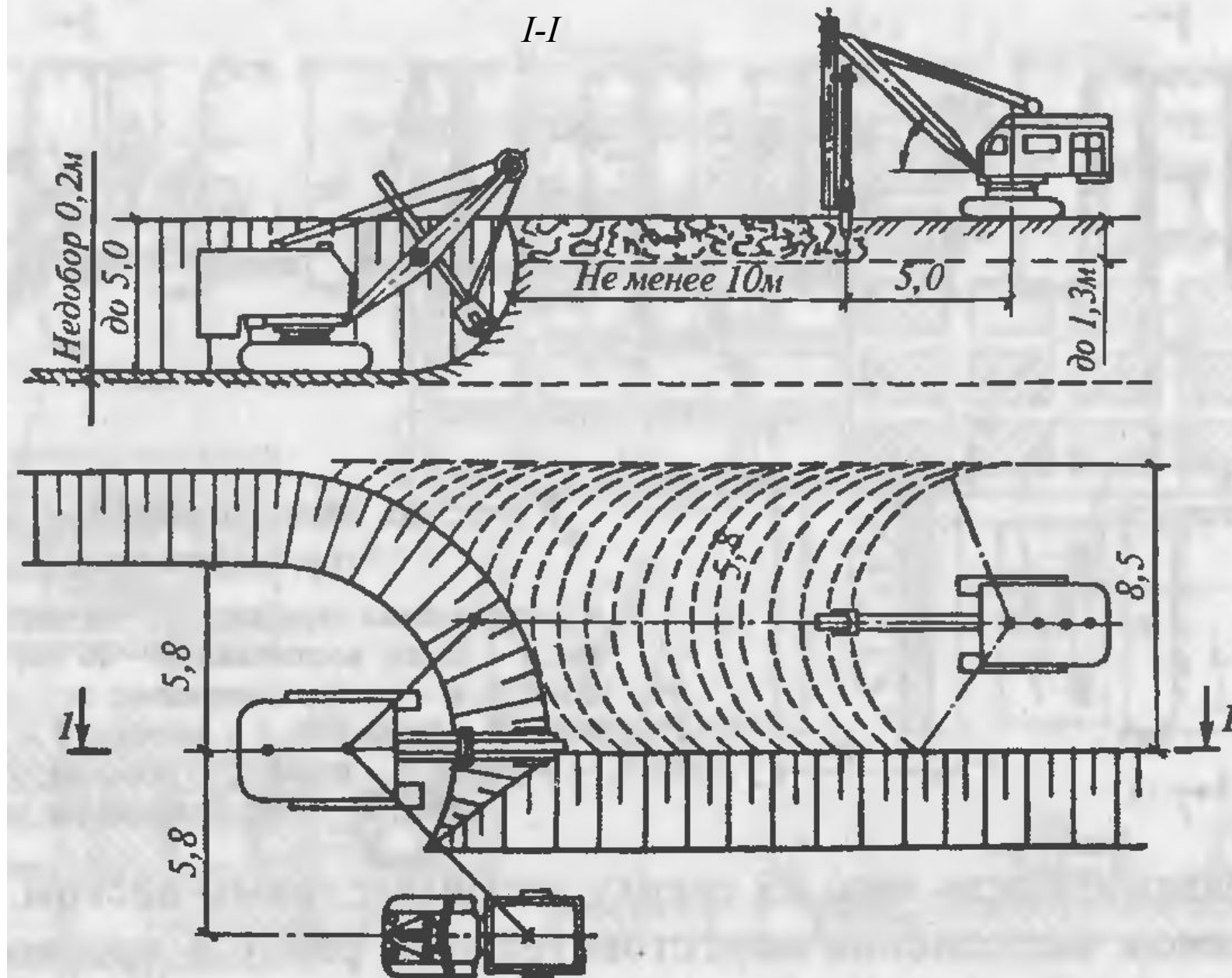


Рис. 28. Схема совместной работы дизель-молота и экскаватора «прямая лопата»

Статическое воздействие основано на воздействии непрерывного режущего усилия в мёрзлом грунте специальным рабочим органом – зубом. Для этого применяют специальное оборудование, у которого непрерывное режущее усилие зуба создаётся за счёт тягового усилия трактора-тягача (рис. 29, а). Машины этого типа производят послойную проходку мёрзлого грунта, обеспечивая за каждую проходку глубину рыхления порядка 0,3...0,4 м. Рыхлят грунт параллельными (примерно через 0,5 м) проходками с последующими поперечными проходками под углом 60... 90° к предыдущим. Производительность рыхлителя 15... 20 м³/ч. В качестве статических рыхлителей применяют гидравлические экскаваторы с рабочим органом – зубом-рыхлителем (рис. 29, б).

Стоимость разработки грунта с применением рыхлителей по сравнению с взрывным способом рыхления в 2...3 раза ниже.

Широко используются для рыхления баровые установки.

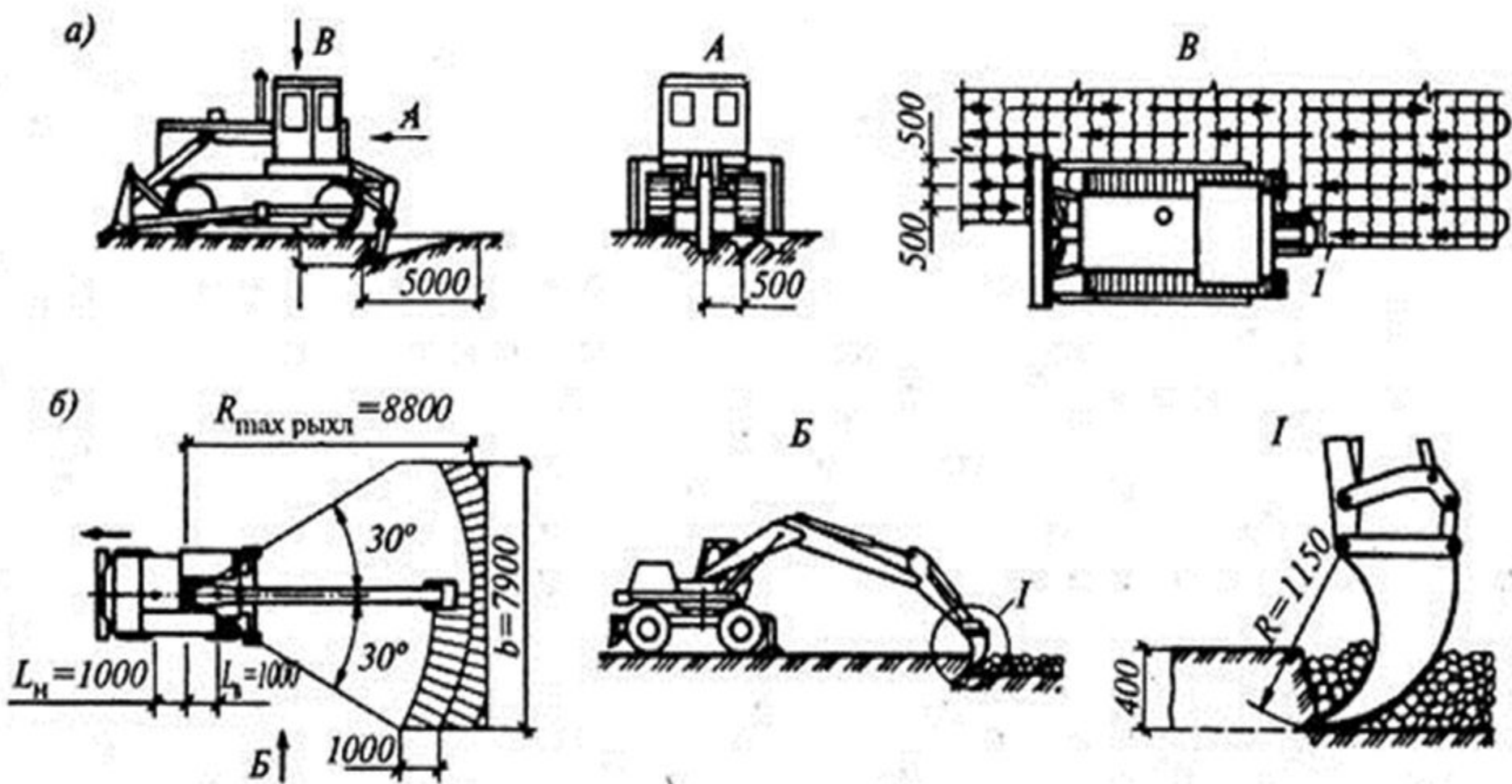


Рис. 29. Рыхление мёрзлого грунта статическим воздействием:

a – бульдозерно-рыхлительным агрегатом;

б – экскаватором-рыхлителем;

I – направление хода рыхлителя

Рыхление грунтов взрывом является экономичным, его целесообразно применять при больших объёмах работ и глубине промерзания более 1,5 м в новых районах застройки, где вблизи нет зданий и сооружений. При рыхлении на глубину до 1,5 м применяют шпуровой и щелевой методы, а при больших глубинах - скважинный или щелевой. Шпуры диаметром 50-70 мм, располагают в шахматном порядке на расстоянии друг от друга не более 1 м, глубиной 0,8-0,9 толщины мёрзлого слоя. Щели шириной 6-25 см нарезают щеленарезными машинами фрезерного типа или баровыми машинами (рис. 30) на расстоянии 0,9-1,2 м одна от другой (рис. 31, *а*).



Щеленарезная машина



Однobarовая машина



Двухбаровая машина

Рис. 30

Из трёх соседних щелей заряжается одна средняя; крайние и промежуточные щели служат для компенсации сдвига мёрзлого грунта во время взрыва и для снижения сейсмического эффекта. Заряжают щели зарядами, после чего их засыпают песком. При взрыве мёрзлый грунт полностью дробится, не повреждая стенок котлована или траншеи (рис. 12, б).

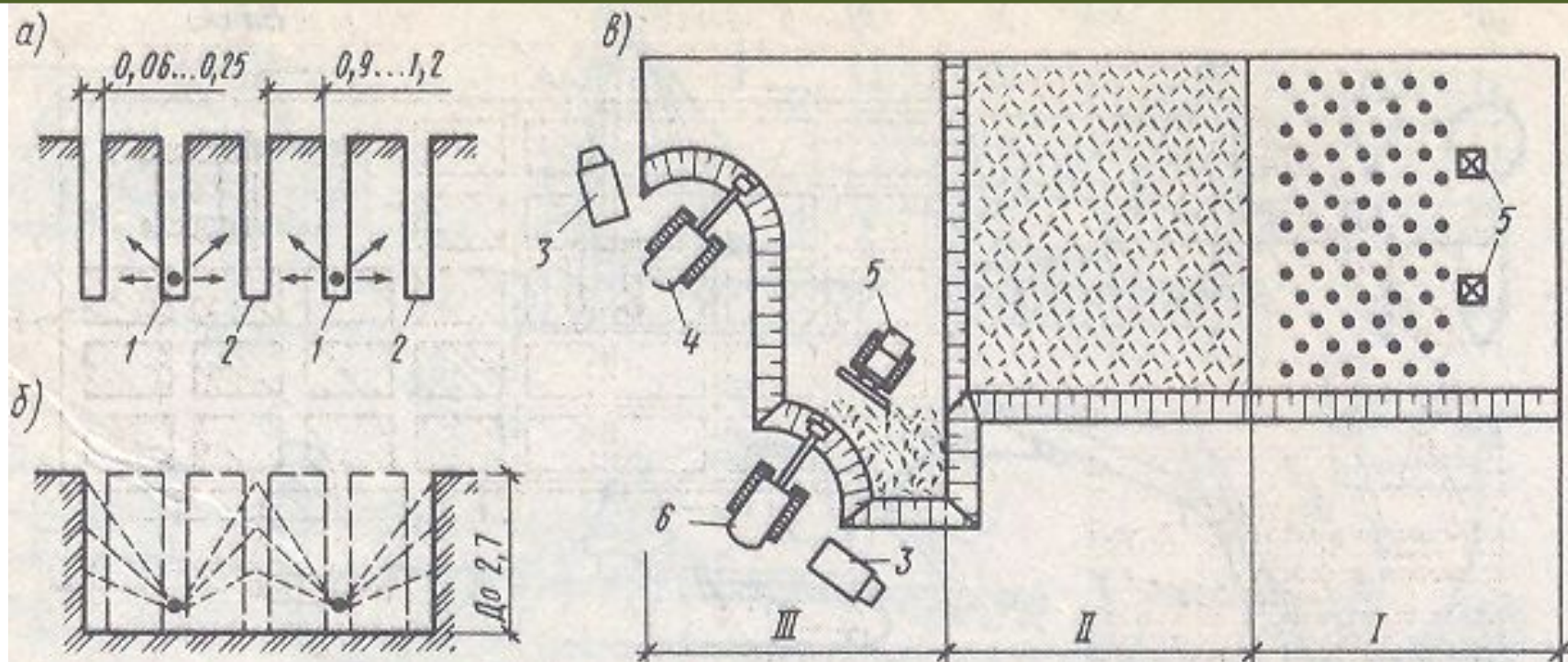


Рис. 31. Рыхление мёрзлого грунта взрывом (размеры в м): *а* – схема расположения щелевых зарядов; *б* – профиль выемки; *в* – общая организационная схема:
1 – зарядная щель; *2* – компенсирующая щель; *3* – автосамосвал; *4* – экскаватор для разработки немерзлого грунта; *5* – бульдозер; *6* – экскаватор для погрузки мёрзлого разрыхлённого взрывом грунта; *I...III* – захватки

2.6.5.4. Непосредственная разработка мёрзлого грунта

Разработка (без предварительного рыхления) может осуществляться двумя методами - блочным и механическим.

Блочный метод разработки применим для больших площадей и основан на том, что монолитность мёрзлого грунта нарушается за счёт разрезки его на блоки. С помощью навесного оборудования на тракторе – баровой машины грунт разрезают при взаимно-перпендикулярных проходках на блоки шириной 0,6... 1,0 м (рис. 32). При малой глубине промерзания (до 0,6 м) достаточно сделать только продольные разрезы, так как ослабленный слой на границе мёрзлой и талой зон не препятствует отрыву блоков от массива.

Баровые машины, осуществляющие нарезку щелей, имеют одну, две или три врубовые цепи, навешенные на тракторы или траншейные экскаваторы. Баровые машины позволяют прорезать в мёрзлом грунте щели глубиной 1,2...2,5 м. Расстояние между барами принимается в зависимости от грунта через 60... 100 см. Разработку производят экскаваторами «обратная лопата» с ковшем большой вместимости или глыбы грунта волоком перемещают с разрабатываемой площадки в отвал бульдозерами или тракторами.

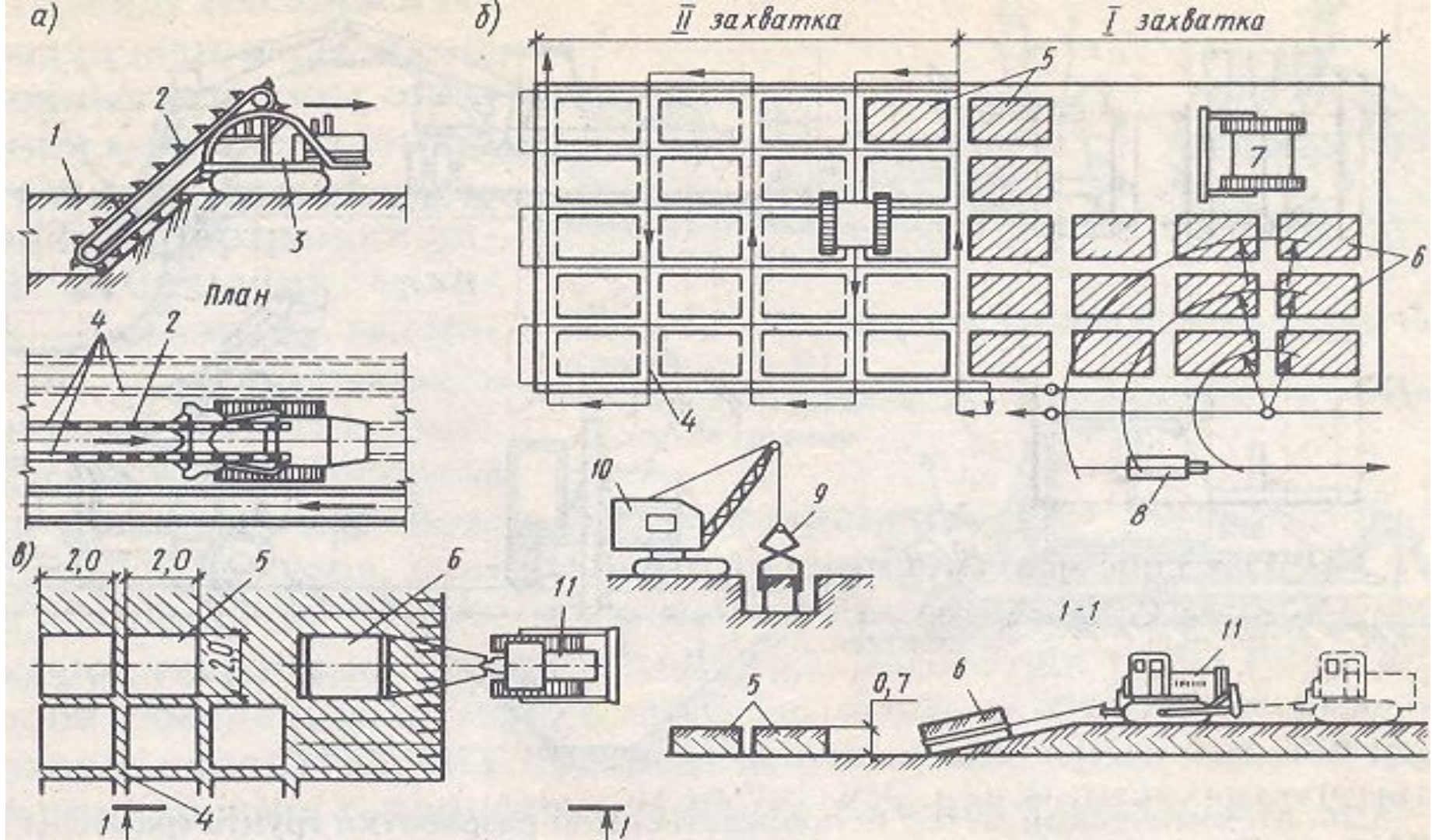


Рис. 32. Схема блочной разработки грунта (размеры в м): а – нарезка щелей баровой машиной; б – метод разработки котлована с извлечением блоков из забоя строительным краном; в – то же, с извлечением блоков трактором; 1 – мерзлый слой грунта; 2 – режущие цепи (бары); 3 – экскаватор; 4 – щели в мерзлом грунте; 5 – нарезанные блоки; 6 – удаляемые блоки; 7 – стоянка крана; 8 – транспортное средство; 9 – клещевой захват; 10 – строительный кран; 11 – трактор

Механический метод основан на силовом (иногда в сочетании с ударным или вибрационным) воздействии на массив мёрзлого грунта. Реализуется применением как обычных землеройных и землеройно-транспортных машин, так и машин, оборудованных специальными рабочими органами.

Обычные машины применяют при небольшой глубине промерзания грунта: экскаваторы с прямой и обратной лопатой с ковшем вместимостью до $0,65 \text{ м}^3$ – при промерзании $0,25 \text{ м}$; то же, с ковшем вместимостью до $1,6 \text{ м}^3$ – $0,4 \text{ м}$; экскаваторы-драглайны – до $0,15 \text{ м}$; бульдозеры и скреперы – $0,05... 0,1 \text{ м}$.

Для применения в зимнее время одноковшовых экскаваторов используется специальное оборудование: ковши с виброударными активными зубьями (рис. 33, а) и ковши с захватно-клещевым устройством (рис. 33, б). За счёт избыточного режущего усилия одноковшовые экскаваторы могут послойно разрабатывать массив мёрзлого грунта, объединяя процессы рыхления и экскавации (понимается весь рабочий цикл, т. е. копание, перемещение и разгрузка грунта с применением экскаватора).

Послойную разработку грунта осуществляют специализированной землеройно-фрезерной машиной, снимающей слой толщиной до $0,3 \text{ м}$ и шириной $2,6 \text{ м}$ (рис. 33, в). Перемещение разработанного мёрзлого грунта производят бульдозерным оборудованием.

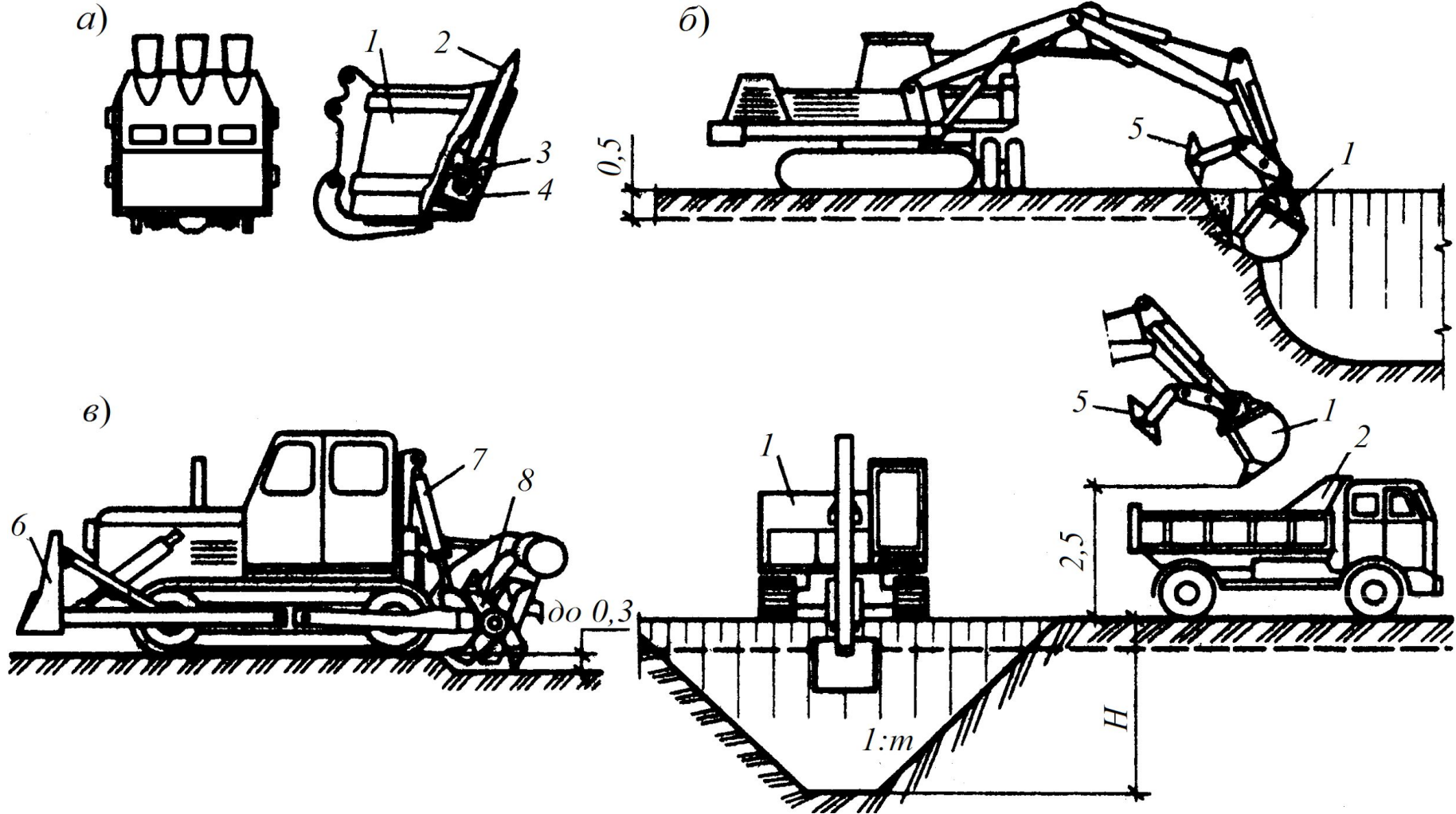


Рис. 33. Механический метод непосредственной разработки грунта (размеры в м):
 а – ковш экскаватора с активными зубьями; б – схема разработки выемки экскаватором, оборудованным обратной лопатой и захватно-клешевым устройством; в – землеройно-фрезерная машина;

1 – ковш; 2 – зуб ковша; 3 – ударник; 4 – вибратор; 5 – захватно-клешевое устройство;
 6 – бульдозерное устройство; 7 – гидроцилиндр для подъёма и опускания рабочего органа;
 8 – рабочий орган (фреза)

2.7. Контроль качества земляных работ

Процессы возведения земляных сооружений систематически контролируют, проверяя:

положение
выемок и
насыпей в
пространстве

геометриче-
ские размеры
земляных
сооружений

Проверяют: расположение на плане земляных сооружений и их размеры; отметки бровок и дна выемок; отметки верха насыпей с учётом запаса на осадку; отметки спланированных поверхностей; уклоны откосов выемок и насыпей

Контроль осуществляют с помощью геодезических приборов, простейших инструментов и приспособлений - строительных уровней, рулеток, метров, отвесов, шаблонов, мерных реек, откосников, наборов визирок

свойства
грунтов,
залегающих
в основании
сооружений

Оценку свойств грунтов в основаниях сооружений, карьерах (резервах), насыпях и обратных засыпках проводят для установления соответствия их ранее принятым в процессе проектирования сооружений и оснований под ними. Для этого определяют основные характеристики - плотность и влажность, являющиеся критериями качества. Для отдельных сооружений при необходимости контролируют гранулометрический состав, коэффициент сдвига, фильтрационные свойства грунтов выемок и насыпей в пространстве

Оценку основных свойств проводят, как правило, на пробах, взятых из массивов грунтов естественного залегания или уложенных и уплотненных.

свойства грун-
тов, используе-
мых для устрой-
ства насыпных
сооружений

качество ук-
ладки грун-
та в насыпи
и обратные
засыпки