

Рис 12.7. Мобильные буровые установки марки ЛБУ-50, УГБ-001 и УСГ-002 «Атлант»

Контрольные вопросы.

1. Для чего в строительстве применяют бурение грунтов?
2. Перечислите способы бурения и виды бурового инструмента.
3. Какие машины служат базовыми бурильных машин и назовите главный параметр бурильных машин.
4. Как работают бурильно-крановые машины на базе грузовых автомобилей, в том числе большие-фузных? Каким рабочим инструментом их оснащают? Какие базовые машины используют для работы с ковшовым буром?
5. Как устроена и как работает машина для бурения шпуров?

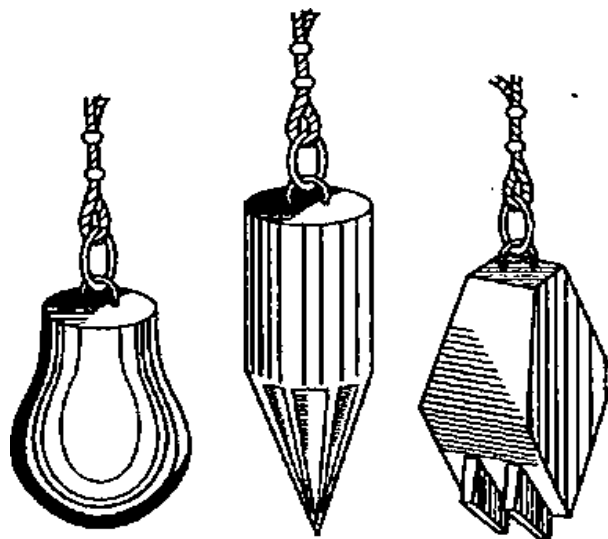
Глава 13. Машины для разработки прочных и мерзлых грунтов.

13.1. Общие сведения о машинах и оборудовании для разработки прочных и мерзлых грунтов.

Мерзлые и прочные грунты по сравнению с немерзлыми (талыми) характеризуются значительно большим сопротивлением разрушению (в 15...20 раз) и абразивностью (в 100...150 раз), трудоемкостью и стоимостью разработки. Производительность землеройных и землеройно-транспортных машин при разработке мерзлых грунтов резко снижается. При небольших объемах работ, например при выполнении ремонтов, применяют оттаивание, которое может выполняться различными способами.

Для разрушения прочных и мерзлых грунтов с промерзанием на глубину до 0,5...0,7 м применяют специальные снаряды в виде *шар-молотов* (рис. 13.1, *а*) массой 500 кг и более и *клин-молотов* (рис. 13.1, *б* и *в*) массой 2000...3000 кг, подвешиваемые на канатах грузовых лебедок гусеничных кранов и экскаваторов с крановым оборудованием. Снаряд поднимают лебедкой на высоту 6...8 м и сбрасывают его на разрабатываемый грунт. Известны также специальные машины на базе гусеничного трактора, в которых вертикально перемещающийся снаряд движется в трубе.

Рис. 13.1. Сменное оборудование для разработки мерзлых фунтов: а - шар-молот; б - клин-молот; в - клин-молот с зубьями.



Способ разрушения мерзлых грунтов свободно падающим снарядом хотя и является наиболее простым, все же широкого распространения не получил из-за низкой производительности (4... 10 м³/ч), а также из-за повышенных динамических нагрузок, вредно воздействующих как на базовую машину, так и на близко расположенные коммуникации и сооружения. В настоящее время для подготовки к экскавации больших площадей и объемов мерзлых грунтов наиболее часто применяют *навесные рыхлители* и *щеленарезные машины*.

В современном строительстве разработку мерзлых и прочных грунтов ведут в основном двумя способами – ***взрывным и механическим***.

Взрывной способ рыхления мерзлых грунтов применяется обычно при больших объемах работ на открытых, удаленных от сооружений площадках при глубине промерзания более 1 м. В последнее время взрывной способ находит применение в стесненных городских условиях с использованием локализаторов взрыва, не допускающих разлета кусков грунта и повреждения сооружений. Преимущественное распространение (более 80% общего объема работ с прочными и мерзлыми грунтами, а также снятия твердых покрытий) получил высокоэффективный и универсальный механический способ разработки мерзлых грунтов с использованием специальных машин, условно подразделяемых на две группы: машины для подготовки (предварительного рыхления, нарезания на блоки) мерзлых грунтов и последующей окончательной разработки взаимодействующими с ними в комплексе землеройными машинами общего назначения; машины, самостоятельно выполняющие весь комплекс разработки до заданной отметки и эвакуации мерзлого грунта из забоя. К первой группе относятся навесные рыхлители на тракторах класса 10...50.

Рыхлители (рис. 13.2) применяют для послойной разработки прочных грунтов, включая мерзлые, многолетнемерзлые и скальные, с последующей уборкой землеройно-транспортными или погрузочными машинами. Их применяют при рытье котлованов и широких траншей, устройстве выемок в гидротехническом строительстве, корыт под дорожное полотно, разработке мерзлых россыпей полезных ископаемых и на вскрышных работах.

Как основные, так и вспомогательные рыхлители оборудуют одним или несколькими зубьями 6 (см. рис. 13.2, а), устанавливаемыми на поперечной балке 2 жестко или с возможностью незначительных угловых перемещений в плане через поворотные кронштейны 5, закрепленные на балке шарнирно. При трех зубьях их располагают на одной балке в ряд, при пяти зубьях — в два ряда по шахматной схеме. Зубья с поперечной балкой навешивают на базовый трактор через стойку 3 по схеме *трехточечной* или *четырёхточечной* (*параллелограммной*) (см. рис. 13.2, б) подвесок, регулируя глубину пофужения зубьев одним или двумя гидроцилиндрами 4 (см. рис. 13.2, а).

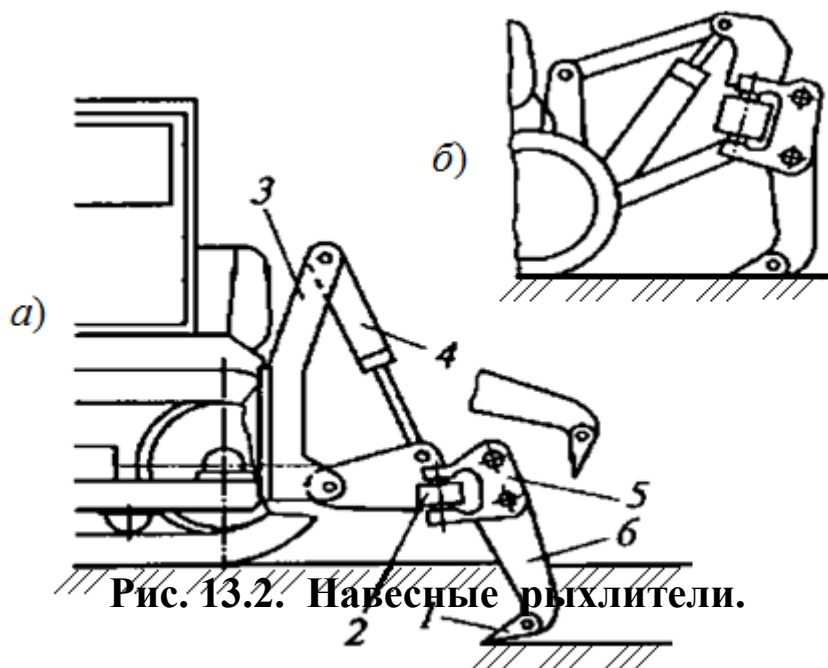


Рис. 13.2. Навесные рыхлители.

Различают основные и вспомогательные рыхлители.

Основные рыхлители изготавливают как навесное оборудование к гусеничным или пневмоколесным тракторам, а *вспомогательные* агрегируют с основным оборудованием ЗТМ и погрузчиков для рыхления плотных грунтов и слежавшихся материалов.

Параллелограммная подвеска обеспечивает постоянство угла резания независимо от глубины пофужения зубьев, что по сравнению

с трехточечной подвеской позволяет снизить рабочие сопротивления на зубьях, повысить производительность рыхлителя и увеличить срок службы сменных наконечников зубьев 1.

Машины ударного действия для рыхления грунта ударными импульсами, машины безударного действия для отрыва грунта от массива, баровые и дискофрезерные машины для нарезания щелей в мерзлых грунтах; ко второй – землеройно-фрезерные машины и траншейные цепные и роторные экскаваторы, рабочие органы и скоростные режимы которых приспособлены для послойной разработки мерзлых грунтов с промерзанием на всю глубину траншеи. Твердые дорожные покрытия и грунты при относительно неглубоком промерзании (до 1 м) можно эффективно взламывать рыхлителями, установленными на мощных гусеничных тракторах. Машины ударного действия воздействуют на разрушаемую среду (мерзлый грунт, твердое дорожное покрытие, фундамент и т.п.) ударными импульсами свободно падающих или забиваемых рабочих органов. Самым распространенным видом свободно падающих рабочих органов являются клинмолоты конусообразной, пирамидальной и клиновидной форм массой 0,5...4 т. Клин-молот 3 (рис. 13.3, а) подвешивается к подъемному канату 2 грузовой фрикционной лебедки стрелового самоходного крана или одноковшового механического экскаватора с крановой стрелой 1 и при работе подтягивается лебедкой к оголовку стрелы и сбрасывается с высоты 6...8 м. Свободно падающий клин-молот наносит ненаправленные удары, что приводит к высоким затратам энергии на разрушение грунта, снижает качество работ и способствует опасному интенсивному разлету кусков грунта в стороны. Клин-молот может быть помещен в жесткие направляющие 5 (рис. 13.3 б) и при сбрасывании попадает в точно заданное место, что позволяет разрушать грунт наименее энергоемким методом крупного скола и уменьшить опасность разлета осколков. Клин-молот с направляющим устройством обычно монтируется на гусеничном или пневмоколесном тракторе, на котором устанавливается подъемная зубчато-фрикционная лебедка с приводом от коробки отбора мощности трактора. Направляющее устройство соединяется с базовой машиной упругими амортизирующими элементами 4, что снижает воздействие динамических нагрузок на трактор при работе. Оборудование с забиваемым рабочим органом разрабатывает мерзлые грунты большой прочности с глубиной промерзания 1...1,5 м наиболее эффективным методом крупного скола. Забивание рабочего органа в

грунт может осуществляться: свободно падающим грузом 6 (рис. 13.3, в), подвешенным на канате подъемной лебедки базовой машины и движущимся относительно направляющей 5; дизель-молотами, вибромолотами; гидравлическими, пневматическими гидропневматическими молотами, используемыми в качестве сменного рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов.

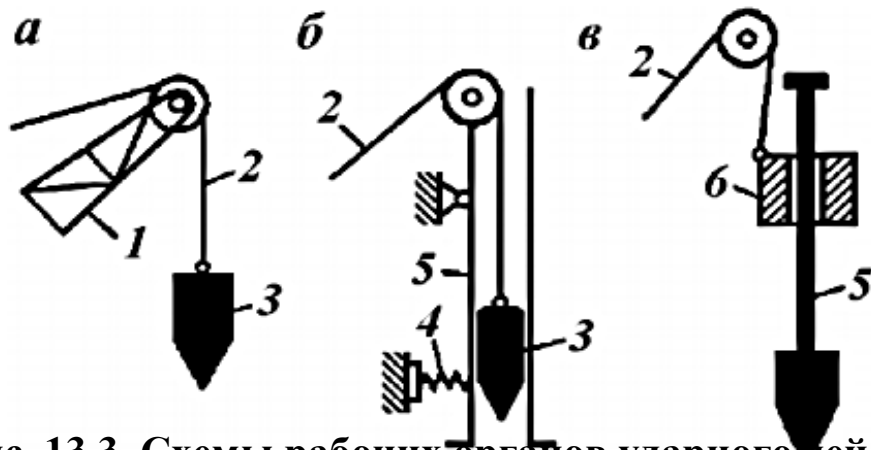


Рис. 13.3. Схемы рабочих органов ударного действия:

а – с ненаправленными ударами, *б* – с направленными ударами; *в* – с забиваемым клином.

Гидро и пневмомолоты в настоящее время являются самым распространенным и эффективным оборудованием для разрушения мерзлых грунтов ударной нагрузкой.

Гидравлические молоты навешиваются на экскаваторы вместо ковша обратной лопаты и соединяются с рукоятью посредством быстросъемного крепления. Экскаватор, оборудованный гидромолотом с рабочим инструментом в виде клина, пики и трамбовки, можно применять при рыхлении мерзлого грунта, дроблении негабаритов твердых и горных пород, взламывании мерзлого грунта и дорожных покрытий, кирпичных и бетонных фундаментов и других работах, а также для уплотнения грунта. При разработке грунта можно изменять угол наклона гидромолота к поверхности грунта. В комплект оборудования гидромолота (рис. 13.4) входят: стрела 1, рукоять 4, гидромолот 5 и гидроцилиндры 2, 3, 6 подъема стрелы, поворота рукояти и молота. Гидромолоты приводятся в действие от насосов гидросистемы базового экскаватора, что обеспечивает лучшее использование установленной мощности и снижение эксплуатационных затрат. Гидромолоты создают значительные импульсы силы направленного действия и

обеспечивают наименьшую энергоемкость процесса разработки мерзлых грунтов и разрушения твердых покрытий.

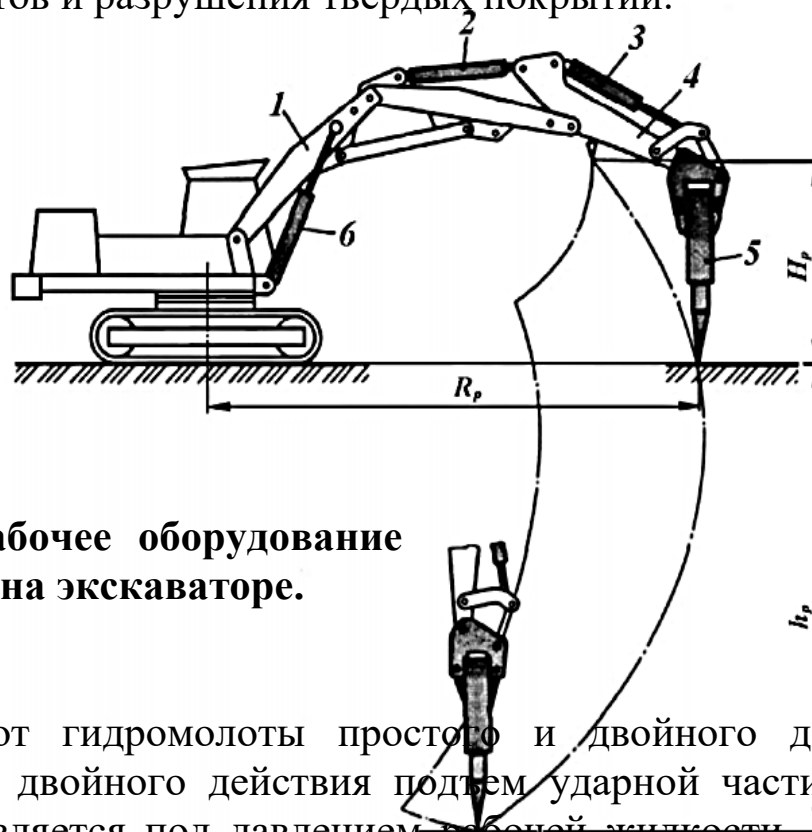


Рис. 13.4. Рабочее оборудование гидромолота на экскаваторе.

Различают гидромолоты простого и двойного действия. В гидромолотах двойного действия подъем ударной части (холостой ход) осуществляется под давлением рабочей жидкости, а разгон ее вниз при рабочем ходе – под действием собственного веса и энергии рабочей жидкости или сжатого газа, накопленной во время холостого хода в гидравлическом или пневматическом аккумуляторе. Молоты с пневмоаккумулятором называют также гидропневматическими.

Молоты с гидроаккумулятором просты в управлении и обслуживании, имеют довольно высокий к.п.д. (0,55...0,65). Они издают при работе слабый шум, поэтому их можно использовать в густонаселенных местах. Гидравлические молоты развивают энергию удара 1800...9000 Дж, имеют частоту ударов 2,2...5 Гц, массу ударной части 100...600 кг, рабочее давление в гидросистеме 10...16 МПа. У гидропневматических молотов давление рабочей жидкости воздействует на боек при рабочем и холостом ходах. Одновременное воздействие на боек давления жидкости и энергии газа аккумулятора при рабочем ходе позволяет повысить коэффициент использования мощности насосной установки, снизить пульсацию давления рабочей жидкости, улучшить технико-эксплуатационные показатели молотов.

Гидромолоты могут быть использованы по двум технологическим схемам:

1) экскаватор с молотом работает непрерывно, а выемка грунта осуществляется другим экскаватором;

2) экскаватор с молотом выполняет заданную часть работы, а затем производится замена молота ковшом. При работе с молотами стрела экскаватора устанавливается в плавающее положение, что обеспечивает полную виброизоляцию рабочего места машиниста. Молоты комплектуются легко сменяемыми рыхлительными, дробящими, сваебойными, трамбуемыми инструментами и запускаются в работу автоматически при опирании с определенным усилием рабочего инструмента на разрушаемый (забиваемый) объект. Гидропневматические молоты развивают энергию удара 500...9000 Дж, имеют частоту ударов 3,5...12 Гц. Давление зарядки газового аккумулятора 0,6...1,2 МПа, рабочее давление в гидросистеме 10...16 МПа. При работе машин ударного действия возникают динамические нагрузки, вредно воздействующие как на базовую машину, так и на расположенные поблизости сооружения и коммуникации. В стесненных условиях сложившейся застройки при работе вблизи зданий и подземных коммуникаций широко применяют гидравлические экскаваторы с рыхлительным и захватно-клещевым рабочим оборудованием, которое разрушает мерзлый грунт безударным методом отрыва его от массива. Для разрушения больших объемов мерзлого грунта (например при прокладке линейных коммуникаций открытым способом) используют высокопроизводительные землерезные и землеройно-фрезерные машины. Оборудование захватно-клещевого типа навешивается на гусеничные гидравлические экскаваторы и предназначено для рыхления мерзлых грунтов, взламывания асфальтобетонных дорожных покрытий, разборки старых зданий, снятия и укладки дорожных плит, труб, установки колодцев, погрузки негабаритов и т.п. Это оборудование, выпускаемое в двух исполнениях (с одно- и трехзубым рыхлителем-захватом), устанавливают вместо ковша и рукояти обратной лопаты. Зубья одно- и трехзубых рыхлителей наплавляют твердым сплавом. В комплект однозубого рыхлителя (рис. 13.5, а) входят: двусторонний клык-рыхлитель 6 со сменными передним 7 и задним 8 зубьями, шарнирно прикрепленный к двуплечему рычагу 5, ковш обратной лопаты 4 и пара гидроцилиндров 2 поворота рычага с рыхлителем относительно рукояти 1, взаимозаменяемых с гидроцилиндрами 3 ковша обратной лопаты. Разработка грунта осуществляется при перемещении рукояти с клыком-рыхлителем к экскаватору или поворотом клыка в обе стороны относительно рукояти гидроцилиндрами 2, работающими от

гидросистемы машины. Шарнирное соединение клыка-рыхлителя с рычагом позволяет разрыхлять грунты с наиболее рациональными углами резания. При разрушении грунта передним зубом 7 клык-рыхлитель движется к опирающемуся на грунт зубьями ковшу 4, прорезая в грунте щель. Возникающие при этом усилия на зубьях рыхлителя и ковша направлены навстречу друг другу, чем значительно снижается передача нагрузки на базовую машину. Задний зуб клыка-рыхлителя, движущийся снизу вверх к экскаватору, используется как при рыхлении мерзлого грунта, так и при взламывании дорожных покрытий и погрузочно-разгрузочных работах.

Трехзубый рыхлитель (рис. 13.5, б) состоит из сварной рамы 9 и трех сменных зубьев – центрального 11 и двух боковых 10. Боковые зубья можно устанавливать в трех положениях для получения различных по значению усилий рыхления в зависимости от прочности разрушаемого грунта.

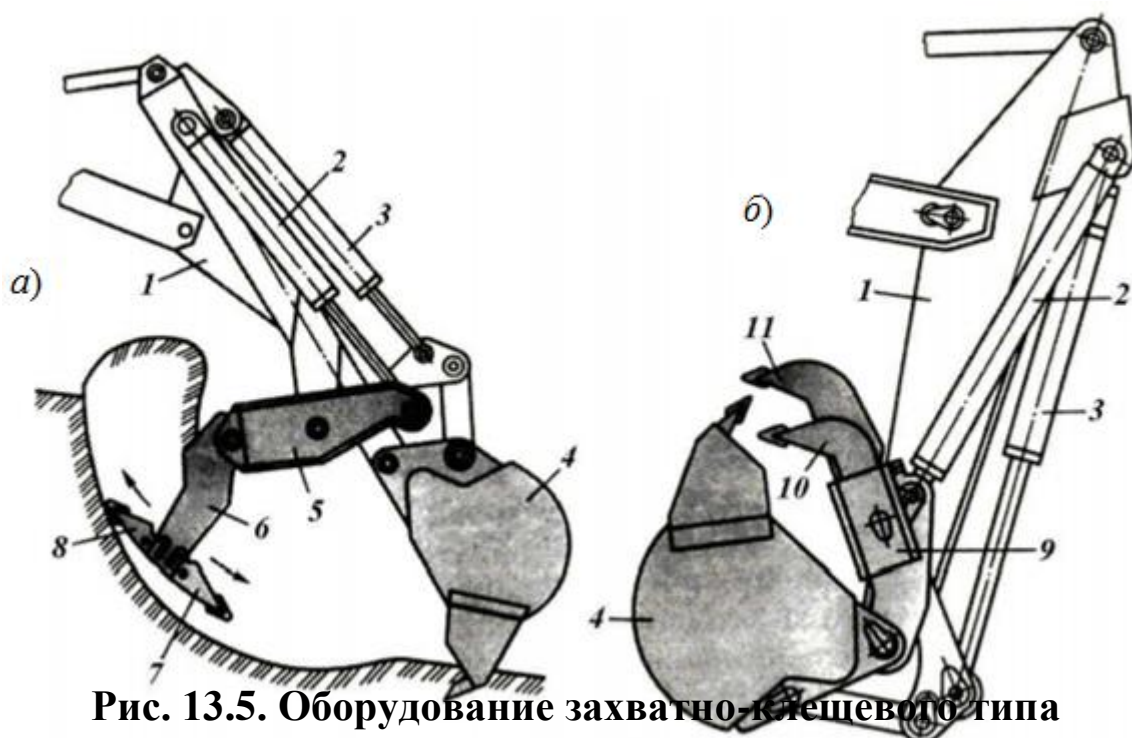


Рис. 13.5. Оборудование захватно-клещевого типа с однозубым (а) и трехзубым (б) рыхлителями.

Щелерезные машины применяют для нарезания щелей шириной до 0,3 м в однородных, мерзлых и труднорабатываемых немерзлых прочных грунтах. Они представляют собой баровое, цепное и дискфрезерное рабочее оборудование, которое навешивается на серийные цепные траншейные экскаваторы (вместо основного рабочего органа), на гусеничные и пневмоколесные тракторы, дооборудованные гидромеханическими ходоуменьшителями,

механизмами привода рабочих органов и гидравлическими подъемными механизмами для управления навесным оборудованием. Цепные и дискофрезерные рабочие органы могут навешиваться на одинаковые базовые шасси. Главный параметр землерезных машин – максимальная глубина нарезаемой щели.

Баровые рабочие органы – цепные бары от угольных врубовых машин или комбайнов в виде бесконечной цепи с резцами, обегавшей плоскую раму с приводной и натяжной звездочками. Баровыми рабочими органами, прорезающими щели шириной 0,14 м, оборудуются цепные траншейные экскаваторы. Барами прорезают вертикальные продольные щели в однородных мерзлых грунтах на глубину до 2,0 м. На одну базовую машину могут быть навешены индивидуально гидроуправляемые один, два или три бара. Однobarовые машины имеют центральное и боковое (смещенное) расположение рабочего органа для нарезания щелей вдоль тротуаров. Барами разрезают массив мерзлого грунта на отдельные блоки массой 5...10 т, которые удаляют из забоя лебедками и кранами. Иногда нарезанный барами грунт предварительно рыхлят машинами ударного действия, а его дальнейшую выемку производят экскаваторами. Наибольшее распространение получили цепные землерезные машины, на которых используется однотипное максимально унифицированное навесное землеройное оборудование, состоящее из четырех модулей: цепного рабочего органа 4, механизмов его привода 2 и заглубления 3 и гидромеханического ходоуменьшителя 5 базового трактора 1 (рис. 13.6). Цепные щелерезные органы представляют собой гусеничные цепи движителей тракторов класса 10 с резцами и состоят из направляющей рамы, ведущей (приводной) звездочки, установленной на выходном валу механизма привода, натяжного направляющего ролика и натяжного винтового устройства. На звеньях режущей цепи крепят сменные резцедержатели с резцами от баров угольных врубовых машин или комбайнов. Для улучшения транспортирующей способности при резании мерзлых грунтов и повышения производительности машины при работе в талых грунтах к резцедержателям дополнительно крепят скребки.

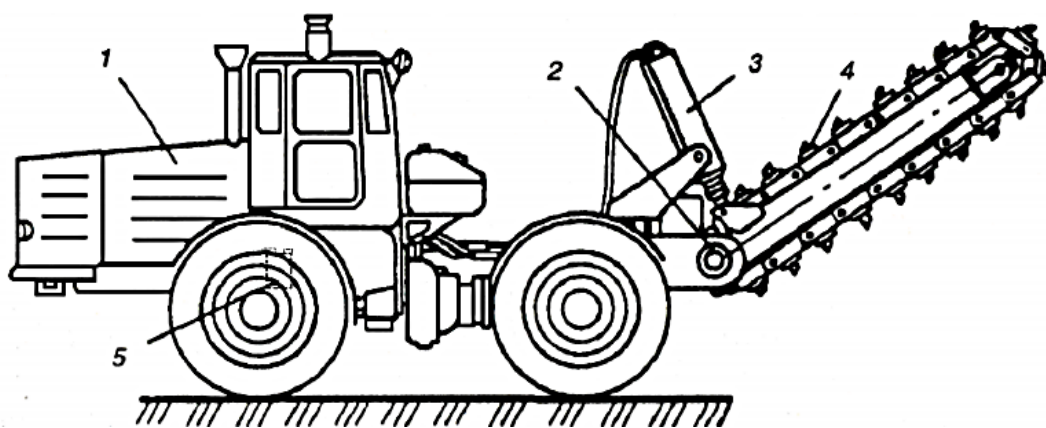


Рис. 13.6. Однобаровая щелерезная машина.

Основными достоинствами цепных и баровых землерезных машин являются простота конструкции и удобство в эксплуатации, небольшая металлоемкость и достаточно высокая (до $70 \text{ м}^3/\text{ч}$) производительность, недостатками – большие затраты мощности (до 60% от всей потребляемой) на измельчение грунта и преодоление трения в цепях, низкая долговечность рабочего органа, работающего в абразивной среде. Дисковые щелерезные машины (дискофрезерные) нарезают в мерзлых грунтах щели шириной 80...120 мм на глубину до 1...2 м с помощью одного или двух оснащенных резами дисков (роторов) диаметром до 3 м. Эти машины применяют также для рытья узких траншей прямоугольного профиля под кабели электропередач и связи, трубопроводов малых диаметров, а также вскрытия асфальтовых дорожных покрытий.

Из щеленарезных машин наибольшее распространение в строительстве получили баровые машины (рис. 13.7), рабочее оборудование которых состоит из одного или двух цепных баров 1 врубковых машин, приводимых в движение через механическую трансмиссию от двигателя базового гусеничного трактора 3. В рабочее положение и обратно бары переводятся гидроцилиндрами 2. Баровые цепи, оснащенные резами, прорезают в грунте щели шириной 0,14 м глубиной до 2 м. Оконтуренные с двух сторон прорезанными щелями полосы грунта разрабатываются затем одноковшовыми экскаваторами и экскаваторами непрерывного действия. Рабочая скорость движения машины при глубине промерзания до 1 м - около 60 м/ч.

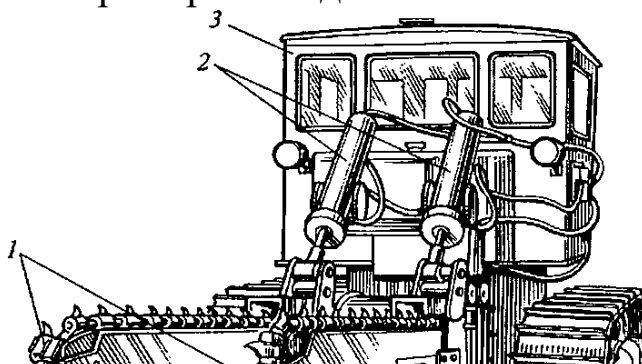


Рис. 13.7. Двухбаровая щеленарезная машина.

Дисковым рабочим оборудованием оснащаются траншейные экскаваторы и гусеничные тракторы, оборудованные ходоуменьшителями и бульдозерными отвалами. Привод рабочего органа может быть механическим и гидравлическим. Скорость резания составляет 2...3 м/с. Дисковая щелерезная машина (рис.13.8.) предназначена для рытья траншей и щелей шириной 0,28 м и глубиной до 1,3 м в мерзлых и плотных грунтах. Навесное рабочее оборудование экскаватора включает дисковый ротор с гидравлическим приводом, раму 8 с зачистным устройством 10 и гидравлический механизм подъема-опускания ротора. Ротор состоит из диска 13, на котором с помощью зубодержателей 11 установлены восемнадцать зубьев 12, разрыхляющих грунт и выносящих его на поверхность. Ротор установлен на опоре 14 рамы и приводится во вращение от высокомоментного гидромотора 6 через зубчатый редуктор 7. Выходная шестерня 16 редуктора входит в зацепление с зубчатым венцом 9, жестко прикрепленным к диску ротора.

Рабочий орган не имеет специального оборудования для транспортирования разработанного грунта; вынесенный зубьями на поверхность грунт отодвигается в обе стороны от бровки траншеи плужками 15 рамы 8 и располагается валиком вдоль отрываемой траншеи. Подъем и опускание рабочего органа осуществляется гидравлическим подъемным механизмом, включающим два гидроцилиндра 3, раму 4 и телескопические тяги 5. Рабочие скорости экскаватора при копании траншей обеспечиваются гидромеханическим ходоуменьшителем и бесступенчато регулируются в диапазоне 10...480 м/ч. Для получения транспортных скоростей передвижения машины (2,2...9,8 км/ч) используется тракторная коробка передач. Привод насосов гидросистемы экскаватора и гидромотора ходоуменьшителя осуществляется от раздаточной коробки 2.

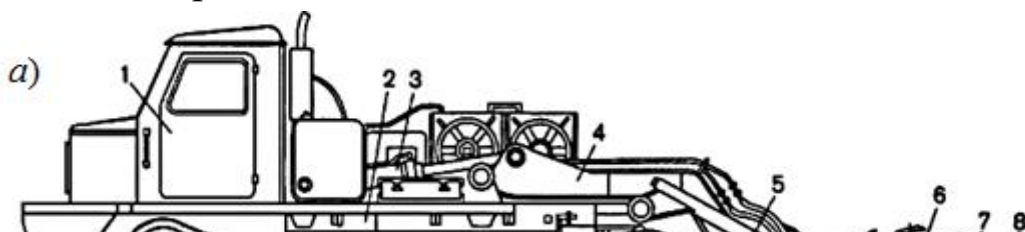


Рис. 13.8. Дискová щелерезная машина: а – общий вид; б – кинематическая схема привода ротора.

Основные достоинства дискофрезерных машин по сравнению с баровыми и цепными – пониженная энергоемкость процесса резания за счет малого количества трущихся поверхностей ротора более высокие производительность и долговечность (в 2...3 раза) жесткого рабочего органа; основные недостатки – высокая металлоемкость и ограниченная глубина копания, составляющая примерно 0,5 диаметра ротора.

Эксплуатационную производительность щеленарезных машин ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяют по объему разрушенного грунта:

$$P_{\text{э}} = n \cdot v_{\text{р}} \cdot H_{\text{щ}} \cdot B_{\text{щ}} \cdot K_{\text{в}} ;$$

где n – число одновременно нарезаемых щелей; $H_{\text{щ}}$, $B_{\text{щ}}$ – глубина и ширина прорезаемой щели, м; $v_{\text{р}}$ – рабочая скорость движения машины, м/ч; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени.

Землеройно-фрезерные машины (ЗФМ) (рис.13.9.) применяют для послойной разработки (фрезерования) мерзлых грунтов и твердых пород при выполнении планировочных работ, отрывке корыт под внутриквартальные дороги, трамвайные и подкрановые пути, а также разрушения асфальтобетонных покрытий с последующей экскавацией разрушенных материалов бульдозерным отвалом.

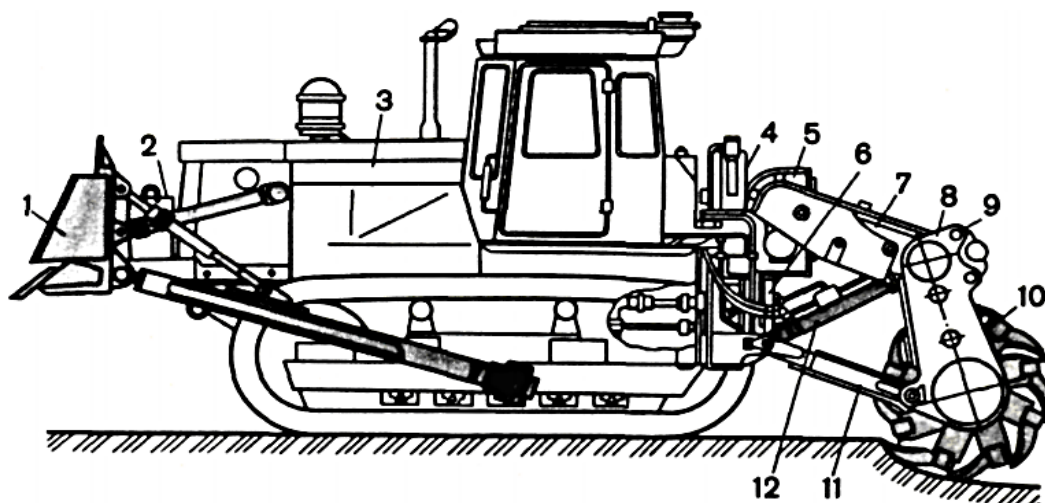


Рис. 13.9. Землеройно-фрезерная машина.

Главным параметром ЗФМ является ширина фрезеруемой за один проход полосы. ЗФМ базируются на серийных гусеничных бульдозерах тягового класса 10...15, оборудованных гидромеханическими ходоуменьшителями для получения пониженных рабочих скоростей передвижения, бесступенчато регулируемых в диапазоне 0...500 м/ч. Конструкции современных ЗФМ имеют мало различий. Рабочий орган ЗФМ-фреза диаметром 900...1020 мм, представляющая собой горизонтальный полый вал с приваренными перпендикулярно его оси кронштейнами, которые оснащены сменными режущими наконечниками (клыками) с износостойкой твердосплавной наплавкой. Кронштейны в количестве от 21 до 26 расположены на валу по одной или двум винтовым линиям, расходящимся от середины вала. Такая расстановка кронштейнов обеспечивает определенную последовательность работы каждого резца, минимальные колебания энергозатрат в процессе фрезерования, ровность планируемой поверхности, а также транспортирование части разрушенного грунта к краям обрабатываемой полосы.

Современные ЗФМ за один проход обрабатывают полосу грунта шириной 2,6...3,4 м при глубине фрезерования до 0,25...0,35 м. После каждого прохода фрезой разрушенный грунт (материал) убирается бульдозерным отвалом 1. Производительность ЗФМ при разработке мерзлого грунта составляет 140...400 м³/ч. Основным недостатком землеройно-фрезерных машин является интенсивный абразивный износ режущих элементов.

Контрольные вопросы.

1. Какими машинами разрабатывают прочные и мерзлые грунты непосредственно?

5. Какие машины и оборудование применяют для предварительного разрушения (разрыхления) мерзлых грунтов?

6. Опишите способ разрушения мерзлых грунтов падающими снарядами. Каковы достоинства и недостатки этого способа?

7. Для чего предназначены рыхлители? Чем отличаются основные рыхлители от вспомогательных? Как устроены и как работают основные рыхлители? В каких случаях выгоднее использовать однозубые рыхлители? Какими другими мерами можно повысить эффективность работы рыхлителей? Как определяют техническую производительность рыхлителей?

8. Для чего применяют баровые машины? Как они устроены и как работают?.

Глава 14. Машины для уплотнения грунтов.

14.1. Общие сведения о грунтоуплотняющих машинах.

При разработке грунта нарушается его структура, он разрыхляется, значительно уменьшается его плотность по сравнению с той, какую грунт имел в состоянии естественного залегания. Во избежание последующих оседаний и деформаций зданий и сооружений, обеспечения их устойчивости в течение всего срока эксплуатации грунты, на которых они возводятся, должны обладать достаточной плотностью, регламентированной СНиП и другими нормативными документами. Просадочные и насыпные грунты перед возведением на них зданий и сооружений подлежат искусственному уплотнению. Уплотнение грунтов относится к числу наиболее важных элементов технологического процесса подготовки оснований под строительные объекты, возведения земляного полотна автомобильных дорог и т.п. От качества выполнения этого процесса зависит дальнейшая их служба.

С этой целью для каждого из сооружений установлены технические требования к плотностям их грунтов. При этом в основу оценки степени уплотнения положен метод стандартного уплотнения, и потому требования к плотностям грунтов обычно выражены в виде