

Разработка грунта в зимних условиях.

В строительстве из общего объема земляных работ от 20 до 25% выполняется в зимних условиях, при этом доля грунта, разрабатываемого в мерзлом состоянии, остается постоянной - 10-15% с возрастанием из года в год абсолютного значения этого объема.

В практике строительства возникает необходимость разрабатывать грунты, находящиеся в мерзлом состоянии только в зимний период года, т.е. грунты сезонного промерзания, или в течение всего года, т.е. вечномерзлые грунты.

Разработка вечномерзлых грунтов может производиться теми же способами, что и мерзлых грунтов сезонного промерзания. Однако при возведении земляных сооружений в условиях вечной мерзлоты необходимо учитывать специфические особенности геотермического режима вечномерзлых грунтов и изменение свойств грунтов при его нарушении.

При отрицательных температурах замерзание воды, содержащейся в порах грунта, существенно изменяет строительно-технологические свойства нескальных грунтов. В мерзлых грунтах значительно увеличивается механическая прочность, в связи с чем, разработка их землеройными машинами затрудняется или вообще невозможна без подготовки.

Глубина промерзания зависит от температуры воздуха, длительности воздействия отрицательных температур, рода грунта и др.

Земляные работы зимой осуществляют следующими тремя методами. При первом методе предусматривают предварительную подготовку грунтов с последующей их разработкой обычными методами; при втором — мерзлые грунты нарезают предварительно на блоки; при третьем методе грунты разрабатывают без их предварительной подготовки. Предварительная подготовка грунта для разработки зимой заключается в предохранении его от промерзания, оттаивании мерзлого грунта, предварительном рыхлении мерзлого грунта.

Предохранение грунта от промерзания. Известно, что наличие на дневной поверхности термоизоляционного слоя уменьшает как период, так и глубину промерзания. После отвода поверхностных вод можно устроить термоизоляционный слой одним из следующих способов.

Рыхление грунта. При вспахивании и бороновании грунта на участке, предназначенном для разработки зимой, его верхний слой приобретает рыхлую структуру с замкнутыми пустотами, заполненными воздухом, обладающую достаточными термоизоляционными свойствами. Вспашку ведут тракторными плугами или рыхлителями на глубину 20...35 см с последующим боронованием на глубину 15...20 см в одном направлении (или в перекрестных направлениях), что повышает термоизоляционный эффект на 18...30%. Снеговой покров на утепляемой площади можно искусственно увеличить, сгребая снег бульдозерами, автогрейдерами или путем снегозадержания с помощью щитов. Чаще всего механическое рыхление применяют для утепления значительных по площади участков. Защита поверхности грунта термоизоляционными материалами. Утепляющий слой может быть также выполнен из дешевых местных материалов: древесных листьев, сухого мха, торфа, соломенных матов, шлака, стружек и опилок. Поверхностное утепление грунта применяют в основном для небольших по площади выемок.

Пропитку грунта солевыми растворами ведут следующим образом. На поверхности песчаного и супесчаного грунта рассыпают заданное количество соли (хлористого кальция 0,5 кг/м², хлористого натрия 1 кг/м²), после чего грунт вспахивают. В грунтах с низкой фильтрующей способностью (глины, тяжелые суглинки) пробуривают скважины, в которые под давлением нагнетают раствор соли. Из-за высокой трудоемкости и стоимости таких работ они являются, как правило, недостаточно эффективными.

Способы оттаивания мерзлого грунта можно классифицировать как по направлению распространения тепла в грунте, так и по применяемому виду теплоносителя. По первому признаку можно выделить следующие три способа оттаивания грунта.

Оттаивание грунта сверху вниз. Этот способ — наименее эффективный, так как источник тепла в этом случае размещается в зоне холодного воздуха, что вызывает большие потери тепла. В то же время этот способ достаточно легко и просто осуществить, он требует минимальных подготовительных работ, в связи с чем, часто применяется на практике.

Оттаивание грунта снизу вверх требует минимального расхода энергии, так как оно происходит под защитой земляной корки и теплопотери при этом практически исключаются. Главный недостаток этого способа — необходимость выполнения трудоемких подготовительных операций, что ограничивает область его применения.

При *оттаивании грунта по радиальному направлению* тепло распространяется в грунте радиально от вертикально установленных прогревающих элементов, погруженных в грунт. Этот способ по экономическим показателям занимает промежуточное положение между двумя ранее описанными, а для своего осуществления требует также значительных подготовительных работ.

По виду теплоносителя различают следующие способы оттаивания мерзлых грунтов.

Огневой способ. Для отрывки зимой небольших траншей применяют установку (рис. 1а), состоящую из ряда металлических коробов в форме разрезанных по продольной оси усеченных конусов, из которых собирают сплошную галерею. Первый из коробов представляет собой камеру сгорания, в которой сжигают твердое или жидкое топливо. Вытяжная труба последнего короба обеспечивает тягу, благодаря которой продукты сгорания проходят вдоль галереи и прогревают расположенный под ней грунт. Для уменьшения теплопотерь галерею обсыпают слоем талого грунта или шлака. Полосу оттаявшего грунта засыпают опилками, а дальнейшее оттаивание вглубь продолжается за счет аккумулированного в грунте тепла.

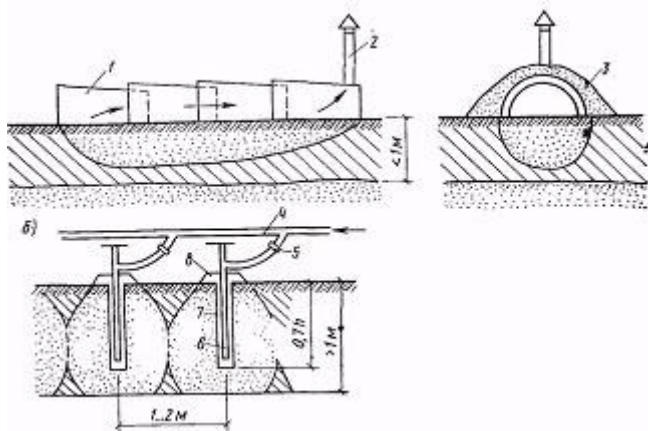


Рисунок 1. Схемы оттаивания грунта огневым способом и паровыми иглами: а — огневой способ; б — паровыми иглами; 1 — камера сгорания; 2 — вытяжная труба; 3 — обсыпка талым грунтом; 4 — паропровод; 5 — паровой вентиль; 6 — паровая игла; 7 — пробуренная скважина; 8 — колпак.

Оттаивание в тепляках и отражательными печами. Тепляки — это открытые снизу короба с утепленными стенками и крышей, внутри которых размещают спирали накаливания, водяные или паровые батареи, подвешенные к крышке короба. Отражательные печи имеют сверху криволинейную поверхность, в фокусе которой располагается спираль накаливания или излучатель инфракрасных лучей, при этом энергия расходуется более экономично, а оттаивание грунта происходит более интенсивно. Тепляки и отражательные печи питаются от электросети 220 или 380 В. Расход энергии на 1 м³ оттаянного грунта (в зависимости от его вида, влажности и температуры) колеблется в пределах 100...300 МДж, при этом внутри тепляка поддерживается температура 50...60°C.

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

опилок. Вначале смоченные опилки представляют собой токопроводящие элементы, так как замерзающий грунт не является проводником. Под воздействием тепла, генерируемого в слое опилок, оттаивает верхний слой грунта, который превращается в проводник тока от электрода к электроду. После этого под воздействием тепла начинает оттаивать верхний слой грунта, а затем — нижние слои. В дальнейшем опилочный слой защищает отогреваемый участок от потерь тепла в атмосферу, для чего слой опилок покрывают полиэтиленовой пленкой или щитами.

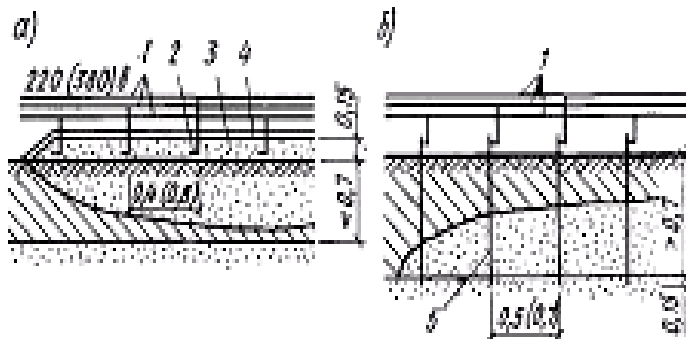


Рисунок 2. Схема оттаивания грунта электропрогревом: а — горизонтальными электродами; б — вертикальными электродами; 1 — трехфазная электрическая сеть; 2 — горизонтальные полосовые электроды; 3 — слой опилок, смоченных соленой водой; 4 — слой толя или рубероида; 5 — стержневой электрод.

Этот способ используют при глубине промерзания грунта до 0,7 м, расход электроэнергии на отогрев 1 м³ грунта колеблется от 150 до 300 МДж, температура в опилках не превышает 80... 90 °С.

Оттаивание грунта вертикальными электродами. Электроды представляют собой стержни из арматурной стали с заостренными нижними концами. При глубине промерзания более 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. При оттаивании сверху вниз необходимо систематически убирать снег и устраивать опилочную засыпку, увлажненную соевым раствором. Режим прогрева при стержневых электродах такой же, как и при полосовых, причем во время отключения электроэнергии электроды следует дополнительно заглублять на 1,3... 1,5 м. После отключения электроэнергии в течение 1 ... 2 сут глубина оттаивания продолжает увеличиваться за счет аккумулированного в грунте тепла 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 в шахматном порядке на глубину, превышающую на 15...20 см толщину мерзлого грунта. Расход энергии при отогреве грунта снизу вверх существенно снижается (50... 150 МДж на 1 м³), применять слой опилок не требуется. При заглублении стержневых электродов в подстилающий талый грунт одновременном устройстве на дневной поверхности опилочной засыпки, пропитанной соевым раствором, оттаивание происходит сверху вниз и снизу вверх. При этом трудоемкость подготовительных работ значительно выше, чем в первых двух вариантах. Применяют этот способ, только когда необходимо экстренно оттаять грунт.

Оттаивание грунта сверху вниз с помощью паровых или водяных регистров. Регистры укладывают непосредственно на расчищенную от снега поверхность отогреваемого участка и закрывают теплоизоляционным слоем из опилок, песка или талого грунта для уменьшения теплотерь в пространстве. Регистрами оттаивают грунт при толщине мерзлой корки до 0,8 м. Этот способ целесообразен при наличии источников пара или горячей воды, так как монтаж для этой цели специальной котельной установки обычно оказывается слишком дорогим.

Оттаивание грунта паровыми иглами является одним из эффективных средств, но вызывает излишнее увлажнение грунта и повышенный расход тепла. Паровая игла — это металлическая труба длиной 1,5... 2 м, диаметром 25...50мм. На нижнюю часть трубы насажен наконечник с отверстиями диаметром 2...3 мм. Иглы соединяют с паропроводом

гибкими резиновыми рукавами с кранами (рис. 16). Иглы заглубляют в скважины, предварительно пробуренные на глубину 0,7 глубины оттаивания. Скважины закрывают защитными колпаками из дерева, оббитого кровельной сталью с отверстием, снабженным сальником для пропуска паровой иглы. Пар подают под давлением 0,06... 0,07 МПа. После установки аккумулярующих колпаков прогреваемую поверхность покрывают слоем термоизолирующего материала (например, опилок). Для экономии пара режим прогрева иглами должен быть прерывистым (например, 1 ч — подача пара, 1 ч — перерыв) с поочередной подачей пара в параллельные группы игл. Иглы располагают в шахматном порядке с расстоянием между их центрами 1 ... 1,5 м. Расход пара на 1 м³ грунта 50... 100 кг. Этот способ требует большего расхода тепла, чем способ глубинных электродов, примерно в 2 раза.

При *оттаивании грунта водяными циркуляционными иглами* в качестве теплоносителя используют воду, нагретую до 50...60°C и циркулирующую по замкнутой системе «котел — разводящие трубы — водяные иглы — обратные трубы — котел». Такая схема обеспечивает наиболее полное использование тепловой энергии. Иглы устанавливают в пробуренные для них скважины. Водяная игла состоит из двух коаксиальных труб, из которых внутренняя имеет внизу открытый, а наружная — заостренный концы. Горячая вода входит в иглу по внутренней трубе, а через нижнее ее отверстие поступает в наружную трубу, по которой поднимается к выходному патрубку, откуда по соединительной трубе идет к следующей игле. Иглы соединяют последовательно по несколько штук в группы, которые включают параллельно между разводящими и обратными трубопроводами. Оттаивание грунта иглами, в которых циркулирует горячая вода, происходит значительно медленнее, чем вокруг паровых игл. После непрерывной работы водяных игл в течение 1,5... 2,5 сут их извлекают из грунта, поверхность его утепляют, после чего в течение 1 ... 1,5 сут происходит расширение талых зон за счет аккумулярованного тепла. Иглы располагают в шахматном порядке на расстоянии 0,75... 1,25 м между собой и применяют при глубинах промерзания от 1 метра и более.

Оттаивание грунта ТЭНами (электроиглами). ТЭНы представляют собой стальные трубы длиной около 1 м диаметром до 50 ... 60 мм, которые вставляют в предварительно пробуренные в шахматном порядке скважины.

Внутри игл монтируют нагревательный элемент, изолированный от корпуса трубы. Пространство между нагревательным элементом и стенками иглы заполняют жидкими или твердыми материалами, которые являются диэлектриками, но в то же время хорошо передают и сохраняют тепло. Интенсивность оттаивания грунта зависит от температуры поверхности электроигл, в связи с чем наиболее экономичной является температура 60...80°C, но расход тепла при этом по сравнению с глубинными электродами выше в 1,6... ...1,8 раза.

При *оттаивании грунта солевыми растворами* на поверхности предварительно пробуривают скважины на глубину, подлежащую оттаиванию. Скважины диаметром 0,3...0,4 м располагают в шахматном порядке с шагом около 1 м. В них наливают подогретый до 80...100°C солевой раствор, которым скважины пополняют в течение 3...5 дней. В песчаных грунтах достаточна скважина глубиной 15...20 см, так как раствор проникает вглубь за счет дисперсности грунта. Оттаявшие таким образом грунты после их разработки вторично не смерзаются.

Способ *послойного оттаивания вечномерзлых грунтов* наиболее целесообразен в весенний период, когда для этих целей можно использовать теплый воздух окружающей атмосферы, теплые дождевые воды, солнечную радиацию. Верхний оттаивающий слой грунта можно удалять любыми землеройно-транспортными или планировочными машинами, обнажая лежащий под ним мерзлый слой, который в свою очередь оттаивает под действием перечисленных выше факторов. Грунт срезают на границе между мерзлым и талым слоями, где грунт имеет ослабленную структуру, что создает благоприятные условия для работы машин. В районах вечной мерзлоты этот способ — один из самых эконо-

мичных и распространенных для разработки грунта при планировке выемок, траншей и т. п.

Способ *послойного вымораживания водоносных грунтов* предусматривает разработку до наступления морозов верхнего слоя грунта, лежащего выше горизонта грунтовых вод. Когда под действием холодного атмосферного воздуха расчетная глубина промерзания достигает 40...50 см, приступают к разработке грунта в выемке в мерзлом состоянии. Разработку ведут отдельными участками, между которыми оставляют переемы из мерзлого грунта толщиной около 0,5 м на глубину около 50 % толщины промерзшего грунта. Переемы предназначены для изоляции отдельных участков от соседних в случае прорыва грунтовой воды. Фронт разработки перемещается от одной секции к другой, в то время как на уже разработанных секциях глубина промерзания возрастает, после чего разработку их повторяют. Поочередное вымораживание и разработку участков повторяют до достижения проектного уровня, после чего защитные переемы снимают. Такой способ позволяет разрабатывать при мерзлом состоянии грунта (без крепления и водоотлива) выемки, значительно превосходящие по своей глубине толщину сезонного промерзания грунта.

Предварительное рыхление мерзлого грунта средствами малой механизации применяют при незначительных объемах работ. При больших объемах работ целесообразно использовать механические и мерзлоторезные машины.

Взрывной способ рыхления грунта наиболее экономичен при больших объемах работ, значительной глубине промерзания, в особенности если энергию взрыва используют не только для рыхления, но и для выброса земляных масс в отвал. Но этот способ можно применять только на участках, расположенных вдали от жилых домов и промышленных зданий. При использовании локализаторов взрывной способ рыхления грунтов можно применять и вблизи зданий.

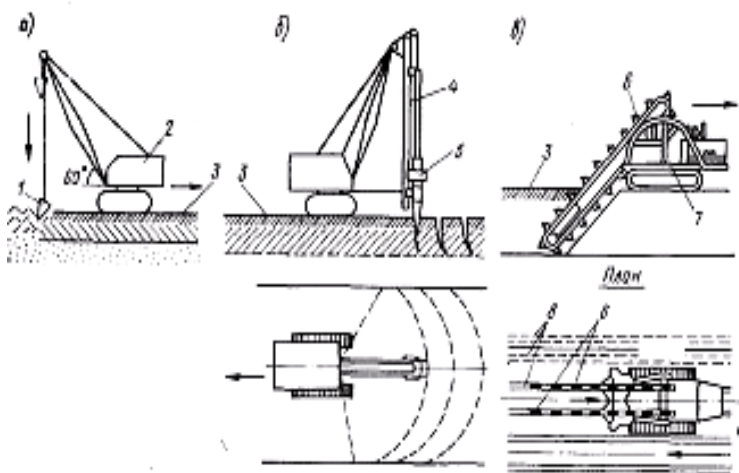


Рисунок 3. Схемы рыхления и резания мерзлого грунта: а — рыхление клином-молотом; б — рыхление дизель-молотом; в — резка в мерзлом грунте щелей многоковшовым экскаватором, оборудованным режущими цепями — барами; 1 — клин-молот; 2 — экскаватор; 3 — мерзлый слой грунта; 4 — направляющая штанга; 5 — дизель-молот; 6 — режущие цепи (бары); 7 — многоковшовый экскаватор; 8 — щели в мерзлом грунте.

Механическое рыхление мерзлых грунтов применяют при отрывке небольших по объему котлованов и траншей. В этих случаях мерзлый грунт на глубину 0,5...0,7 м рыхлят клином-молотом (рис. 3а), подвешенным к стреле экскаватора (драглайна), — так называемое рыхление раскалыванием. При работе с таким молотом стрелу устанавливают под углом не менее 60°, что обеспечивает достаточную высоту падения молота. При использовании молотов свободного падения из-за динамической перегрузки быстро изнашиваются стальной канат, тележка и отдельные узлы машины; кроме того, от удара по грунту колебания его могут вредно действовать на близко расположенные сооружения. Механическими рыхлителями рыхлят грунт при глубине промерзания более 0,4 м. В этом случае грунты рыхлят путем скола или нарезки блоков, причем трудоемкость разрушения грунта сколом в несколько раз меньше, чем при рыхлении грунтов резанием. Число уда-

ров по одному следу зависит от глубины промерзания, группы грунта, массы молота (2250...3000 кг), высоты подъема, определяют его ударником конструкции ДорНИИ.

Дизель-молоты (рис. 3б) могут рыхлить грунт при глубине промерзания до 1,3 м и наравне с клиньями являются навесным оборудованием к экскаватору, трактору-погрузчику и трактору. Рыхлить мерзлый грунт дизель-молотом можно по двум технологическим схемам. По первой схеме дизель-молот рыхлит мерзлый слой, двигаясь зигзагом по точкам, расположенным в шахматном порядке с шагом 0,8 м. При этом сферы дробления от каждой рабочей стоянки сливаются между собой, образуя сплошной разрыхленный слой, подготовленный для последующей разработки. Вторая схема требует предварительной подготовки открытой стенки забоя, разрабатываемого экскаватором, после чего дизель-молот устанавливают на расстоянии примерно 1 м от бровки забоя и наносят им удары по одному месту до тех пор, пока не произойдет скол глыбы мерзлого грунта. Затем дизель-молот перемещают вдоль бровки, повторяя эту операцию.

Ударные мерзлоторыхлители (рис. 4б) хорошо работают при низких температурах грунта, когда для него характерны не пластичные, а хрупкие деформации, способствующие его раскалыванию под действием удара.

Рыхление грунта тракторными рыхлителями. К этой группе относится оборудование, у которого непрерывное режущее усилие ножа создается за счет тягового, усилия трактора-тягача. Машины этого типа послойно проходят мерзлый грунт, обеспечивая за каждую проходку глубину рыхления 0,3...0,4 м: Поэтому разрабатывают мерзлый слой, предварительно разрыхленный такими машинами, как бульдозеры. В противоположность ударным рыхлителям статические рыхлители хорошо работают при высоких температурах грунта, когда он имеет значительные пластические деформации, а механическая прочность его понижена. Статические рыхлители могут быть прицепными и навесными (на заднем мосту трактора). Очень часто их используют совместно с бульдозером, который может в этом случае попеременно рыхлить или разрабатывать грунт. Прицепной рыхлитель при этом отцепляют, а навесной поднимают. В зависимости от мощности двигателя и механических свойств мерзлого грунта число зубьев рыхлителя колеблется от 1 до 5, причем чаще всего пользуются одним зубом. Для эффективной работы тракторного рыхлителя на мерзлом грунте необходимо, чтобы двигатель имел достаточную мощность (100...180 кВт). Рыхлят грунт параллельными (примерно через 0,5 м) проходками с последующими поперечными проходками под углом 60...90° к предыдущим.

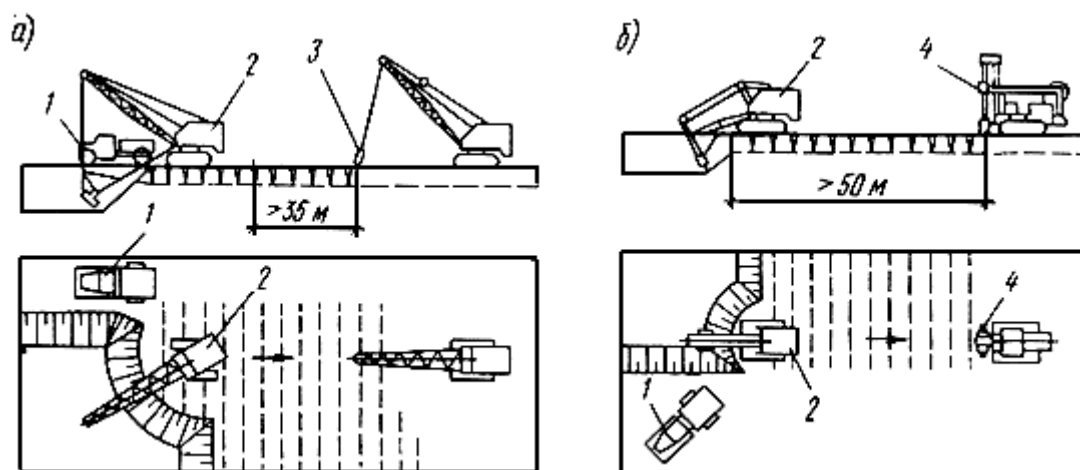


Рисунок 4. Схемы разработки мерзлых грунтов с предварительным рыхлением: а - рыхление клин-молотом; б - тракторным виброклиновым рыхлителем; 1 - автосамосвал; 2 - экскаватор; 3 - клин-молот; 4 - виброклин.

Мерзлый грунт, разрыхленный перекрестными проходками одностоечного рыхлителя, можно успешно разрабатывать тракторным скрепером, причем этот способ считается весьма экономичным и с успехом конкурирует с буровзрывным способом.

При разработке мерзлых грунтов с предварительной нарезкой блоками в мерзлом слое нарезают щели (рис. 5), разделяющие грунт на отдельные блоки, которые затем удаляют экскаватором или строительными кранами. Глубина прорезаемых в мерзлом слое щелей должна составлять примерно 0,8 глубины промерзания, так как ослабленный слой на границе мерзлой и талой зон не является препятствием для разработки экскаватором. В районах с вечно-мерзлыми грунтами, где подстилающий слой отсутствует, метод блочной разработки не применяют.

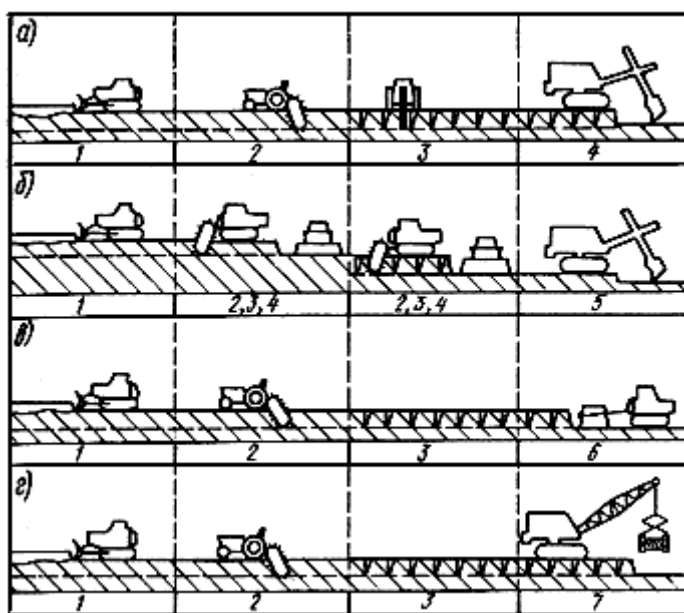


Рисунок 5. Схемы разработки мерзлых грунтов блочным способом: а, б - мелкоблочным способом; в, г - крупноблочным; 1 - удаление снежного покрова; 2, 3 - нарезка блоков мерзлого грунта баровой машиной; 4 - разработка мелких блоков экскаватором или бульдозером; 5 - разработка талого грунта; 6 - разработка крупных блоков мерзлого грунта трактором; 7 - то же, краном.

Расстояния между нарезанными щелями зависят от размеров ковша экскаватора (размеры блоков должны быть на 10... 15% меньше ширины зева ковша экскаватора). Блоки отгружают экскаваторами с ковшами вместимостью от 0,5 м и выше, оборудованными преимущественно обратной лопатой, так как выгрузка блоков из ковша прямой лопатой очень затруднена. Для нарезки щелей в грунте применяют различное оборудование, устанавливаемое на экскаваторах и тракторах.

Нарезать щели в мерзлом грунте можно с помощью роторных экскаваторов, у которых ковшовый ротор заменен фрезерующими дисками, снабженными зубьями. Для этой же цели применяют дискофрезерные машины (рис. 6), являющиеся навесным оборудованием к трактору.

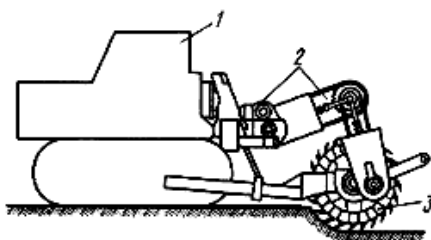


Рисунок 6. Дискофрезерная землеройная машина: 1 - трактор; 2 - система передачи и управления рабочим органом; 3 - рабочий орган машины (фреза).

Наиболее эффективно нарезать щели в мерзлом грунте баровыми машинами (рис. 5), рабочий орган которых состоит из врубовой цепи, смонтированной на базе трактора или траншейного экскаватора. Баровые машины прорезают щели глубиной 1,3 ... 1,7 м. Достоинством цепных машин по сравнению с дисковыми является относительная легкость замены наиболее быстро изнашивающихся частей рабочего органа — сменных, вставляемых во врубную цепь зубьев.