Библиотека СОК

БИБЛИОТЕКА СТРОИТЕЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

П.П.БОРОДАВКИН, В.М.ГЛОБА

СООРУЖЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРАХ

БИБЛИОТЕКА СТРОИТЕЛЯ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

П. П. БОРОДАВКИН, В. М. ГЛОБА

СООРУЖЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРАХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» 1978

УДК 621.643(23)

Бородавкин П. П., Глоба В. М. Сооружение трубопроводов в горах. М., «Недра», 1978, 144 с. (Б-ка строителя магистральных трубопроводов).

В книге изложены основные вопросы технологии строительства магистральных трубопроводов в горных условиях. Рассмотрены особенности выполнения земляных, буровзрывных, монтажных и изоляционно-укладочных работ в горах. Особое внимание уделено строительству трубопроводов большого диаметра на больших продольных уклонах. Описаны основные виды работ при сооружении переходов через ущелья и осыпи. Уделено внимание технике безопасности при строительстве трубопроводов в горных условиях.

Книга предназначена для технических работников и рабочих, занятых на строительстве магистральных трубопроводов.

Табл. 31, ил. 53, список лит. – 7 назв.

Библиотека строителя магистральных трубопроводов под научной редакцией д-ра техн. наук **П. П. Бородавкина.**

Б $\frac{30805-151}{043(01)-78}$ 246–78

© Издательство «Недра», 1978

www.no-fire.ru

ГЛАВА 1
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Горная местность представляет для строителей комплекс многообразия рельефа, геологических структур, гидрологических и климатических особенностей. Методы производства работ в этих условиях должны быть достаточно гибкими и разнообразными. Подготовка трассы сводится здесь не просто к планировке полосы отвода, корчевке леса, а часто требует разработки большого объема горных пород для строительства полок, которые представляют собой сочетания полувыемок и полунасыпей. Вынужденная ограниченность в ширине полки требует применения последовательности работ и устройства траншей до вывозки труб на трассу и монтажа трубопроводов.

Значительные объемы работ приходится выполнять по устройству временных дорог, съездов, объездов, устранению завалов, уборке валунов и т. д.

Трубопроводы в горных условиях прокладываются строго по проекту. На скальных участках разработка горных пород выполняется только рыхлением их буровзрывными методами. При выполнении земляных работ особое внимание должно быть обращено на соответствие полки траншеи проектным размерам, ровность дна (отсутствие выступающих камней или каких-либо твердых включений, коряг и т. д. в дне и откосах траншеи).

На каждом строительном участке в горных условиях выполняются работы в такой последовательности: расчистка трассы от растительности; устройство полок и подъездов; рытье траншей; развозка труб и секций по трассе; сварка труб и секций в плеть; укладка нижней части футеровки на дно траншеи; изоляция трубопровода и укладка его в траншею; окончательная футеровка трубопровода; засыпка трубопровода; очистка полости и испытание трубопровода.

В горных условиях необходимо строго согласовывать темпы выполнения отдельных видов работ. Наиболее

эффективной формой организации работ при этом является создание комплексных бригад в составе строительных, монтажных и транспортных звеньев.

Трубы, поступающие для строительства горных участков, транспортируют либо непосредственно на трассу, либо на сварочно-монтажные базы, где их собирают в секции, а затем доставляют на трассу, либо на перевалочные базы для дальнейшей транспортировки их на трассу тракторами или другим способом.

Сварочно-монтажные базы устраивают в наиболее удобных равнинных местах, где можно создать достаточный запас труб, секций и материалов, а также расположить поселок монтажников и строителей. При этом необходимо, чтобы к базе был удобный проезд для автомобильного транспорта, доставляющего трубы с железнодорожных станций.

Места размещения перевалочных пунктов определяют с расчетом обеспечения разворота и обгона машин, а также создания оперативного запаса труб или трубных секций. Пункты перевалки оснащаются необходимыми грузоподъемными механизмами и инвентарем.

На сварочных базах для удобства перевозки длинномерных секций в горной местности рекомендуется сваривать трубы в секции длиной 24 м. Трубы на базах сваривают в секции для участков трассы крутизной до 20°. На участки трассы крутизной более 20°, а также с меньшей крутизной, но с большим числом поворотов, рекомендуется доставлять отдельные трубы.

Сварочно-монтажные и изоляционно-укладочные работы в зависимости от крутизны склона осуществляют по следующим схемам: при крутизне склона до 10—12° сварочно-монтажные работы — по поточно-расчлененной схеме, изоляционно-укладочные работы — совмещенным способом; при крутизне склона 12—25°, а также на участках с большим числом поворотов в плане и профиле сварочно-монтажные работы осуществляют таким образом, что пристыковка следующей секции или трубы допускается только после окончания сварки двух слоев стыка.

На наиболее сложных (две и более горизонтальных или вертикальных кривых на 100 м), а также стесненных участках трассы сварку труб осуществляют в траншее с устройством приямков или укладкой лежек под стыки. На участках трассы без вертикальных и го-

ризонтальных кривых трубы или секции сваривают на бровке траншеи.

Изоляционно-укладочные работы производят совмещенным способом; в отдельных случаях на наиболее сложных участках допускается раздельный способ ведения изоляционно-укладочных работ. В этих условиях необходимо, чтобы применяемые машины, механизмы, инструмент и защитные средства были в исправном состоянии и по своим техническим данным полностью соответствовали характеру выполняемых работ.

Для страховки от сползания трубоукладчики последовательно или попарно соединяют друг с другом тросами, а изоляционную и очистную машины — с трубоукладчиками.

На уклонах 18—25°, а также на всех уклонах при работе непосредственно после дождя рекомендуется производить анкеровку трубоукладчиков.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ПРИ РАБОТЕ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

Необходимость работы в наклонном положении (на уклонах) усложняет производство строительно-монтажных работ.

Работа строительных механизмов при поперечных уклонах 7° и более не допускается в связи с угрозой их сползания. На таких склонах должны устраиваться полки. На косогорах с уклоном 7—10° полки в поперечном профиле должны выполняться в виде полувыемки-полунасыпи шириной не менее 9 м, а траншеи — в материковом грунте на расстоянии не менее 3 м от подошвы откоса полувыемки, что необходимо для устройства нагорной канавы и укладки грунта для обратной засыпки траншеи.

Для предупреждения оползания полунасыпи следует предварительно подготовить склон, который будет основанием насыпной части полки. Для этого поверхность склона крутизной до 11° рекомендуется очистить от дерна и разрыхлить, а склона крутизной 11—18° разработать уступами. При отсыпке полунасыпи необходимо производить послойную укатку (уплотнение) грунта.

При уклоне более 18° полка выполняется в полувыемке с шириной в материковой части не менее 9 м.

Отвал грунта не должен использоваться для передвижения строительных механизмов, так как он может оползать.

В связи с небольшой шириной полок при их длине более 1 км через каждые 300—400 м должны устраиваться площадки для разъездов шириной 10—12 м и длиной 15—16 м. Их устраивают по возможности на наиболее пологих участках с обеспечением всех мер надежного предохранения разъездов от оползней.

В грунтах I—V категорий полки разрабатывают бульдозерами и экскаваторами согласно плану организации работ. В более твердых грунтах полки устраивают с предварительным рыхлением пород взрывами.

При разработке полок бульдозерами рекомендуется производить послойный забор грунта при движении вдоль оси полки и перемещение его в полунасыпь при движении вниз по уклону перпендикулярно оси полки.

При работе двух бульдозеров их следует располагать на участке таким образом, чтобы они разрабатывали его с двух сторон, постепенно приближаясь друг к другу. Этим обеспечивается зрительная связь машинистов. Однако расстояние между двумя работающими бульдозерами не должно быть менее 50 м.

Во избежание сползания и опрокидывания бульдозера при движении на спусках и косогорах не разрешается поднимать отвал и делать резкие развороты. При устройстве полунасыпи гусеницы бульдозера должны находиться от бровки на расстоянии не менее чем 1 м. Не допускается, чтобы нож отвала выдвигался за край откоса, так как при потере упора, которым является отвал, машину может затянуть под откос.

Перемещать грунт бульдозером разрешается при откосах с продольным уклоном до 35° и на подъемах не более 25°.

При поперечном уклоне более 18° разработка полок ведется одноковшовыми экскаваторами, оборудованными прямой лопатой, в комплексе с бульдозером, перемещающим разрыхленный грунт в отвал. При этом предполагается, что экскаватор стоит на выработанном им горизонтальном уступе полки. При работе на продольных уклонах 15—22° экскаватор должен быть оборудован обратной лопатой, обеспечивающей лучшую устойчивость. Работу на таких уклонах следует начинать с верха косогора и далее вести вниз по уклону. На

продольных уклонах 15—22° работа одноковшового экскаватора без его надежного якорения трактором или бульдозером не допускается.

При необходимости работы на продольном уклоне более 22° в каждом случае следует определять потребность страхующих (якорящих) бульдозеров. При этом коэффициент запаса сопротивления сдвигу якорящих бульдозеров K_c должен быть

$$K_c = \frac{R}{P_э} > 1{,}2,$$

где R — сила сопротивления сдвигу якорящего бульдозера; $P_э$ — усилие, необходимое для удержания экскаватора.

Длина троса для якорения должна обеспечивать якорящему механизму возможность располагаться на горизонтальной площадке или на более пологом участке косогора. Трос должен проходить так, чтобы при работе экскаватора он не мешал работе ковша.

При использовании траншейного роторного экскаватора для разработки траншей на уклонах в грунтах, не требующих рыхления, работу следует начинать с верха уклона к его подошве, чтобы использовать ротор экскаватора в качестве подвижного якоря. На косогорах, где полки не устраивают, следует предварительно очистить полосу будущей трассы от валунов, отвести воду с заболоченных участков, выкорчевать пни и деревья, а также спланировать полосу бульдозером, что улучшит эксплуатационные условия для строительных машин.

На уклонах, особенно при развороте гусеничных машин, может произойти сбрасывание гусениц. Для предотвращения этого следует повороты делать плавно с прокаткой гусеницы после поворота на небольшой сектор.

На косогорах не рекомендуется использовать механизмы с колесным ходом в связи с малым сцеплением движителя с грунтом. Поэтому при необходимости работы на уклонах, а также на полках такие машины и механизмы должны быть на жестком прицепе у гусеничных тягачей или устанавливаться на полозья.

В связи с уменьшением устойчивости строительных машин при работе на косогорах снижается их грузоподъемность (возможность полного наполнения ковша

экскаватора) и, следовательно, производительность, что необходимо учитывать при выборе типа машины.

При работе грузоподъемных машин на косогоре следует учитывать также характер груза и возможные динамические нагрузки. Так, при переносе на стреле трубоукладчика труб и плетей на спуске в результате колебания груза вдоль оси движения возможно опрокидывание трубоукладчика в сторону двигателя. Поэтому длинномерные грузы должны перемещаться здесь только на тракторных прицепах или волокушах.

Необходимо учитывать влияние уклонов на уровень жидкости в тех или иных сосудах.

На уклонах необходимо располагать механизмы так, чтобы приемные части масляных насосов не освобождались от масла при изменении положения уровня и могли нормально обеспечивать смазку агрегатов. Надо постоянно следить за давлением масла в системе смазки двигателей. Все машины должны быть обеспечены исправными масломанометрами.

Перед установкой агрегатов площадка должна быть выровнена так, чтобы обеспечивалась горизонтальность положения двигателя.

Для лучшего использования изоляционных машин наращивают борта вани или применяют качающиеся ванны, в которых уровень на уклонах поддерживается постоянным.

При изоляционно-укладочных работах на уклонах и косогорах возникает опасность опрокидывания того или иного трубоукладчика, что может воздействовать на устойчивость всех других машин комплексной механизированной колонны. Поэтому для обеспечения надежной и безопасной работы механизированной колонны здесь следует использовать трубоукладчики большой грузоподъемности и устойчивости. Так, рекомендуется применять трубоукладчики Т-15-30, хорошо зарекомендовавшие себя при работе в сложных условиях.

При работе механизированной изоляционно-укладочной колонны на подъемах 15—20° все трубоукладчики должны быть соединены между собой канатами, а в голове колонны должен размещаться вспомогательный тягач или бульдозер, который с помощью буксира будет оказывать помощь колонне. При работе на спуске подвижной якорь-бульдозер соответственно располагают в

хвосте колонны. При крутизне склона более 22° в качестве подвижного якоря и буксира необходимо использовать не менее двух бульдозеров.

Независимо от диаметра трубопровода на уклонах более 30° в составе механизированной колонны необходимо иметь не менее четырех трубоукладчиков.

При работе на уклонах очистная и изоляционная машины должны быть оснащены специальным приспособлением — «хоботом», соединяющимся с троллейной подвеской ближайшего трубоукладчика, а также оборудованы поддерживающим механизмом. Последний предназначен для уравновешивания машины на трубопроводе при работе на уклонах и создания больших тяговых усилий. Он состоит из двух роликов и двух натяжных пружин, связанных цепным приводом с передним ходовым механизмом, и обеспечивает усиленное крепление машины на трубе.

При работе на уклонах более 18° очистные и изоляционные машины следует также прикреплять на буксире к ближайшему трубоукладчику: на подъеме — к идущему впереди машины, а на спуске — к идущему сзади машины.

Наличие серьезных препятствий, отсутствие объездов и дорог, пригодных для перевозки строительных машин на трейлерах, вынуждают транспортировать тяжелые самоходные машины в условиях горной местности своим ходом на значительные расстояния. Нередки случаи, когда для объезда бурной реки или глубокого оврага шириной 100—200 м приходится делать обход на 10—15 км. Такие марши по каменистым и скальным породам весьма сказываются на износе ходовой части машин.

Этот износ можно значительно уменьшить, если при перегонах гусеничных механизмов своим ходом по возможности облегчить нагрузку на ходовую часть (например, снять контргрузы), а также смазать все движущиеся точки ходовой части до начала перегона и не реже чем через каждые 5 км движения эту смазку возобновлять.

Следует также не допускать перегрева двигателей при движении на подъем и на пониженных передачах. Для сокращения перегонов машин очистку и изоляцию необходимо совмещать с опуском трубопровода, заканчивать весь цикл работ, не оставляя позади колонны недоделки.

При необходимости переброски механизмов и перевозки строительных материалов через реки вброд места переправы должны выбираться с учетом глубины и пригодности дна реки. На каждой переправе необходимо иметь дежурный гусеничный тягач с тросом для оказания немедленной помощи застрявшим машинам, так как колебание уровня горных рек весьма значительно.

Частые перемены погоды и выпадение осадков также влияют на условия эксплуатации механизмов, так как создаются трудности в связи с изменением вязкости почвы, повышенной опасностью оползней, обвалов, камнепадов. Поэтому нужно особенно внимательно следить за техническим состоянием машин и механизмов. Перед началом смены следует тщательно проверить работу тормозов.

На работу механизмов на большой высоте над уровнем моря может оказывать влияние понижение барометрического давления и изменение состава воздуха. Из-за недостатка кислорода и понижения давления мощность двигателей несколько снижается, а также снижается температура кипения воды. Повышенное испарение воды вызывает необходимость более частого пополнения системы охлаждения двигателя.

Для технического обслуживания и ремонта механизмов в горных условиях необходимо выбирать площадку без уклонов и безопасную для работы.

Если необходимо производить техническое обслуживание или заявочный ремонт на склоне или полке, следует прежде всего принять меры к надежному закреплению механизма от сползания путем установки подкладок, закрепления к подвижному или неподвижному якорю, установки на тормоза и включения коробки перемены передач на низшую скорость. Техническое обслуживание (или ремонт), выполняемое на склоне или полке, должно проводиться под руководством инженерно-технического работника.

При смене рабочего оборудования экскаватора, когда его платформа развернута поперек гусениц, а рабочее оборудование снято, возможно опрокидывание в сторону противовеса, особенно при незначительном уклоне в ту же сторону. Для предотвращения этого поворотную часть экскаватора устанавливают в сторону подъема и под противовесом выкладывают опорную клетку из шпал или бревен.

ПАРАМЕТРЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

При прохождении трассы трубопровода на косогорных участках с поперечным уклоном более 8° устраиваются полки (полувыемка-полунасыпь) со съездами и выездами. Полки должны обеспечивать устойчивость насыпи при работе на них машин в процессе строительства тру-

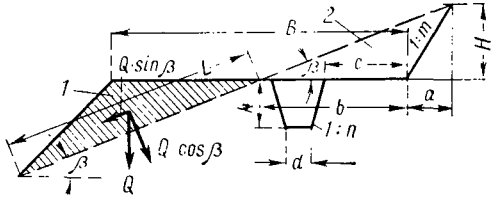


Рис. 1. Расчетная схема устойчивости насыпи на косогорах:
1 — насыпь; *2* — выемка

бопровода, а также при его эксплуатации (рис. 1). Устойчивость насыпи проверяется по формуле

$$Q \sin \beta \leqslant f Q \cos \beta + q_c L,$$

где Q — вес 1 м длины насыпи в т; β — угол между плоскостью косогора и горизонтом в градусах; f — коэффициент трения грунта насыпи по грунту косогора; q_c — сила сцепления между грунтом насыпи и грунтом косогора в тс/м²; L — ширина основания насыпи в м.

Принятые значения откосов выемки и насыпи также проверяются расчетом. Устойчивость откосов определяется коэффициентом устойчивости, который подсчитывается по формуле

$$K = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}} \leqslant 1{,}4,$$

где $M_{уд}$ — момент удерживающих сил; $M_{сдв}$ — момент сдвигающих сил.

Момент сдвигающих сил определяется как сумма моментов сил, действующих по вертикальным плоскостям, т. е. моментов от веса отдельных элементов грунтового массива.

Минимальную ширину полки (рис. 2) можно определить по формуле

$$B = (c + 0{,}5) + (2hn + d) + (a + 0{,}7),$$

где B — ширина полки; c — ширина бровки для размещения отвала грунта из траншеи; h — глубина траншеи; n — заложение откосов; d — ширина траншеи по дну; a — ширина гусеничного хода трубоукладчика.

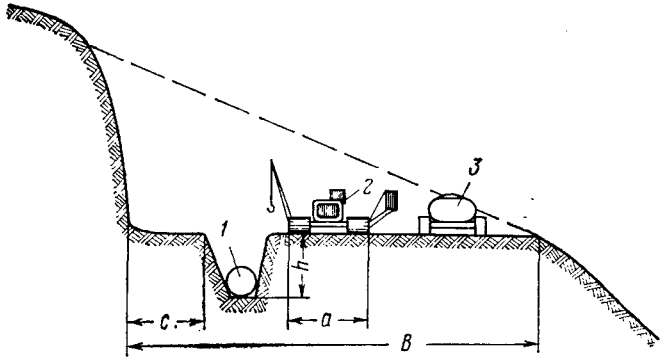


Рис. 2. Параметры полки и размещение на ней оборудования:
1 — трубопровод; *2* — трубоукладчик; *3* — транспортные средства

Заложение откоса полунасыпи n из скальных грунтов следует принимать 1 : 0,75, из щебенистых и каменистых 1 : 1 и прочих грунтов 1 : 1,5. Уклон откоса полувыемки в выветрившихся скальных грунтах принимают 1 : 0,1; в выветрившихся скальных породах, склонных к осыпанию и оползанию, — от 1 : 0,5 до 1 : 0,2; в щебенистых и мергелистых грунтах — от 1 : 1 до 1 : 0,5.

На косогорах для доставки секции труб к месту их монтажа через 200—300 м по длине полки устраиваются разъезды шириной 12—14 м и длиной не менее 15 м.

Устраивать полки с перемещением грунта в отвал можно одноковшовыми экскаваторами с прямой лопатой или бульдозером с поперечным перемещением на склонах крутизной до 25° или с боковым зарезанием при крутизне склонов более 25°.

Для рыхления скальных грунтов при устройстве полок выполняют буровзрывные работы.

ГЛАВА 2

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ТРУБ И ПЛЕТЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Одной из важнейших технологических операций при сооружении магистральных газо- и нефтепроводов является перевозка труб и плетей, от которой зависят как экономическая эффективность строительства, так и его сроки. Удельный вес стоимости перевозок труб и плетей составляет 12—13% всех затрат на строительно-монтажные работы. В горных условиях для доставки труб и плетей следует применять автомобильные транспортные средства преимущественно повышенной и высокой проходимости. В сложных горных условиях доставка труб и плетей осуществляется также транспортными средствами, где базовой машиной является трактор.

Для перевозки труб и плетей получили распространение труботранспортные поезда (рис. 3).

Автопоезд-трубовоз (рис. 3, *а, б*) состоит из автомобильного тягача *1* и роспуска *2* и предназначен для перевозки труб длиной 5,5—6 или 11,5—12 м. Тяговое усилие на трубовозе передается от тягача к прицепу в основном через дышло *3* и частично через перевозимые трубы.

Разновидность дышловой сцепки — связь, передающая не только тяговые усилия, но и крутящий момент к колесам роспуска.

Автопоезд-плетевоз (рис. 3, *в, г, д*) предназначен для перевозки плетей длиной 24—48 м, отличается от автопоезда-трубовоза схемой передачи тягового усилия от тягача *1* к роспуску *2*. На трубовозе тяговое усилие от тягача к роспуску передается через дышло *3*, а на плетевозе сама плеть передает усилие на прицеп. Жесткость и прочность труб большого диаметра позволяют, как показал опыт эксплуатации, использовать их для передачи тяговых усилий. При этом необходимо, чтобы перевозимая плеть прочно крепилась на кониках тягача и роспуска. Коник тягача имеет возможность поворачи-

ваться в горизонтальной плоскости, коник роспуска такой возможности не имеет.

Таким образом, плетевоз фактически представляет собой тягач с полуприцепом-роспуском.

Тракторный плетевоз (рис. 3, *е, ж, з*) состоит из трактора (или автомобильного тягача) *1* и двух прицепов-роспусков *2* и *4*, на которых крепятся плети. Трактор соединяется с передним прицепом жестким дышлом *3*.

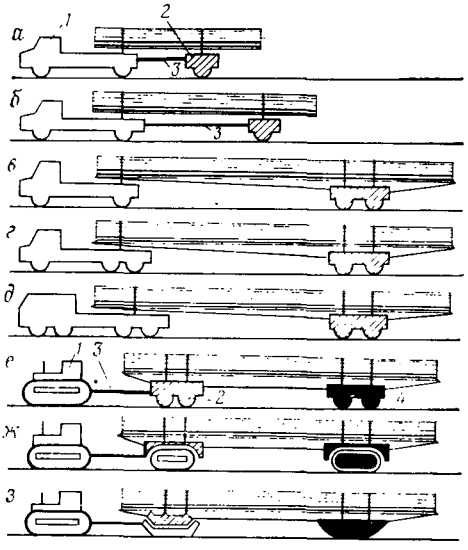


Рис. 3. Схемы труботранспортных машин:
1 — тягач; 2, 4 — прицепы-роспуски; 3 — дышло

Усилия от переднего прицепа *2* к заднему *4* передаются так же, как и у автопоезда-плетевоза через плети.

Основные технические характеристики трубовозов и плетевозов, применяемых на строительстве газо- и нефтепроводов, приведены в табл. 1.

Все применяемые для плетевозов базы, кроме МАЗ-537, имеют шины переменного давления. Тяговый автомобиль каждого плетевоза оборудован надрамником и предохранительным щитом. На надрамнике установлен полноповоротный коник с переставными стойками-упорами для удержания труб от скатывания в сторону. Размеры и конструкции стоек позволяют перевозить трубы диаметром от 530 до 1420 мм в пределах грузоподъемности плетевоза. Коник оборудован стопорными устройствами, ограничивающими длину переднего свеса труб.

Таблица 1

Основные технические характеристики трубовозов и плетевозов

Показатели	ПТВ-8	ТВ-101	ПЛТ-214	ПВ-202	ПВ-481	ПВ-301	ПВ-201	ПВ-91
	на базе автомобиля							
	ЗИЛ-157К	ЗИЛ-131	КрАЗ-214	КрАЗ-255Б	МАЗ-537	МАЗ-543	БАЗ-135	«Урал-375»
Грузоподъемность, т:								
по шоссе	9	10	18	19	50	30	20	9
по грунту	5	7	—	13	—	—	—	—
тягового автомобиля	4	4,5	7	6,5	23	12	7	4
роспуска	5	5,5	11	12,5	27	18	13	5
Двигатель:								
номинальная мощность, л. с.	110	150	205	240	525	525	360	180
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	2800	3200	2000	2000	2100	2000	—	3200
Удельный расход топлива, г/(л. с.·ч)	—	240	225	—	180	180	—	240
Дорожный просвет, мм	310	275	360	—	500	400	475	140
Колея, мм:								
тягача	1755	1790	2030	2100	2200	2375	2300	2000
прицепа	1755	1790	2000	2100	2200	2375	2300	2000
Максимально допустимая скорость движения с полной нагрузкой, км/ч	65	60	55	60	55	55	65	75
Погрузочная высота, мм	1480	1520	1850	1950	2000	2100	1960	1760
Габаритные размеры, мм:								
длина (без груза)	10500	14415	12000	12640	13680	13465	13500	11000
ширина	2535	2535	3300	3290	3300	3300	3300	3130
высота	2660	3060	3260	3135	3380	3500	3000	2745
Масса в снаряженном состоянии (без груза), кг	8500	6920	15900	17065	30000	30000	15000	11500

На рис. 4 приведена схема плетевоза ПВ-202 грузоподъемностью 19 т. Плетевоз оборудован на базе автомобиля КрАЗ-255Б. Он состоит из тягового автомобиля *1* и двухосного роспуска *6* и предназначен для перевозки труб и плетей диаметром до 1220 м. На тяговом ав-

томобиле установлены: поворотный коник *4*, усиленный предохранительный щит *2*, подрамник *5* и увязочное устройство *3*.

Двухосный четырехколесный роспуск (рис. 5) состоит из сварной рамы *3*, двух коников *2* и дышла *1* (сое-

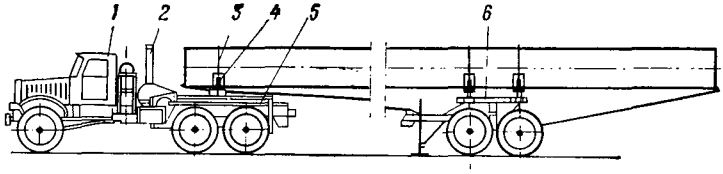


Рис. 4. Схема плетевоза ПВ-202 на шасси автомобиля КрАЗ-255Б

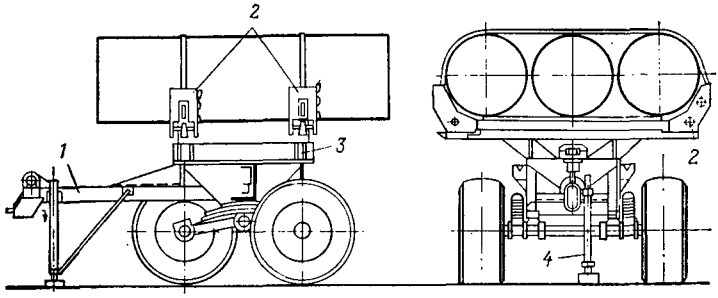


Рис. 5. Схема прицепа-роспуска плетевоза ПВ-202

диненных жестко с рамой) и подвески рессорно-балансирного типа.

Каждый коник роспуска снабжен увязкой для труб, состоящей из натяжного устройства и сигнального каната. Стойки коника имеют возможность перемещаться в поперечном направлении и фиксироваться на балке коника под размер перевозимых плетей. Дышло снабжено упором *4* с устройством для регулирования положения петли дышла при сцепке с тяговым автомобилем. Подвеска роспуска состоит из двух рессор и жестких балансиров, свободно качающихся вокруг общей оси.

Плетевоз снабжен страховыми стальными канатами от продольного перемещения груза, один из которых закрепляется за передний конец трубы, а другой — за задний.

www.no-fire.ru

Использование для строительства трубопроводов труб диаметром 1420 мм потребовало создания высокопроходимых плетевозов большой грузоподъемности.

На базе мощных тягачей Минского автомобильного завода серийно выпускаются плетевозы ПВ-301, ПВ-361 и ПВ-481. Эти машины перевозят трубы и плети по дорогам и вне дорог в тяжелых условиях строительства трубопроводов. Так, при движении по грунтовой дороге плетевозы ПВ-301 и ПВ-361 способны преодолевать значительные подъемы. У плетевоза ПВ-481 эта способность ниже, что ограничивает его применение на пересеченной местности.

На крутых подъемах и спусках в горных условиях транспортирование труб и секций осуществляется тракторными плетевозами ПТ-30 и ПТ-62, характеристика которых приведена в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики тракторных плетевозов-трубовозов

Показатели	ПТ-30	ПТ-62
Тягач	Т-100М	Т-100МБ
Грузоподъемность прицепа, т:		
переднего	15	3,25
заднего	15	3,25
Высота погрузки, мм	1700	1700
Колея, мм	1920	2280
Габаритные размеры, мм:		
длина (без груза и тягача)	9800	7940
ширина	2790	3200
высота	2055	1870
Масса прицепа, кг	7200	4350

ПАРАМЕТРЫ РАБОТ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

При движении автопоезда с грузом большой длины в горной местности важно обеспечить прохождение транспорта без касания груза о грунт. Трасса движения труботранспортных машин часто проходит по сложному профилю грунтовых дорог со спусками, подъемами и другими неровностями, затрудняющими движение машин с длинномерными грузами. Поэтому необходимо

рассмотреть геометрические параметры труботранспортных машин с точки зрения *вертикальной вписываемости.*

Движение автопоезда по пересеченной местности может быть сведено к следующим случаям:

перемещение в продольном направлении склона, когда продольная ось машины составляет с горизонтом угол, равный углу наклона местности (чистый подъем или спуск);

перемещение в поперечном направлении (чистый боковой крен);

движение на косогоре, когда поперечная и продольная оси автопоезда наклонены к горизонту (подъем или спуск с одновременным креном).

Геометрическую вписываемость автомобиля обычно оценивают углами проходимости, дорожным просветом, продольным и поперечным радиусами проходимости.

Преодоление крутых подъемов и спусков, перегибов профиля дороги оценивают передним и задним углами проходимости (табл. 3), т. е. углами, образованными

Таблица 3

Углы проходимости плетевозов

Марка плетевоза	Марка тягового автомобиля, градусы	Углы проходимости автомобиля. градусы		Задний угол проходимости автопоезда (в градусах) при перевозке труб и плетей разной длины, м			
		передний	задний	12	24	36	48
ПТВ-8	ЗИЛ-157К ЗИЛ-131	50	43	26	14	9	7
ПВ-91	«Урал-375»	44	40	30	16	11	8
ПЛТ-214	КрАЗ-214	52	35	32	18	12	9
ПВ-201	БАЗ-135	30	35	34	19	13	10
ПВ-301	МАЗ-543	30	35	35	20	13	10
ПВ-481	МАЗ-537	38	52	35	20	13	10

горизонтально ровной дорогой, на которой находится автомобиль с грузом, и плоскостью касательной к передним (задним) колесам и к выступающим низшим точкам передней (задней) части автомобиля.

Как видно из табл. 3, для автомобилей передний угол проходимости в среднем составляет 30—52°, а задний — 35—52°.

При движении автопоезда с длинномерным грузом задний угол проходимости автопоезда может находиться в пределах 7—20° при длине плетей 24—48 м и существенно влиять на продольную вписываемость транспорта. С уменьшением угла проходимости увеличивается вероятность касания груза о грунт.

При перевозке плетей по сильно пересеченной местности допускаемый задний свес плетей определяют по номограмме (рис. 6).

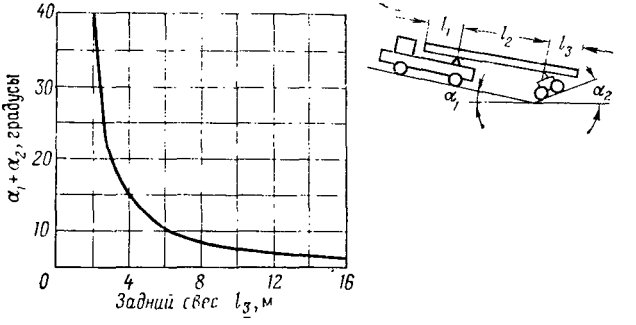


Рис. 6. Зависимость допускаемого свеса секций труб от профиля дороги

Одним из показателей проходимости также является максимальный угол подъема, который преодолевает автопоезд без буксования ведущих колес тягача на различных дорогах при его равномерном движении. Этот угол подъема может быть принят по графику (рис. 7), где дана зависимость преодолеваемого угла подъема α на сухих и мокрых грунтовых дорогах при различном коэффициенте грузоподъемности плетевоза $\Gamma_п$, равном отношению массы (веса) автопоезда с грузом к массе (весу) в снаряженном состоянии без груза.

Конструкция трубовозов и плетевозов испытывает при транспортировке груза динамические нагрузки, превышающие статические в 2—3 раза. Эти нагрузки складываются из вертикальных, продольно- и поперечно-угловых. При транспортировке объектов большой длины основные нагрузки — вертикальные.

На дорогах газопровода Ухта — Торжок — Западная Украина наблюдались участки с неровностями,

близкими к синусоидальному профилю, с удвоенной амплитудой волны, равной 0,3—0,4 м, которые вызывали интенсивные вертикальные колебания перевозимых плетей, подрессоренных частей автомобиля и прицепа. Чтобы повысить плавность хода и сохранность груза, на плетевозе ПВ-301 с базовым автомобилем МАЗ-543 применена независимая подвеска колес прицепа, а на плетевозе ПВ-202 с базовым автомобилем КрАЗ-255Б — рессорная.

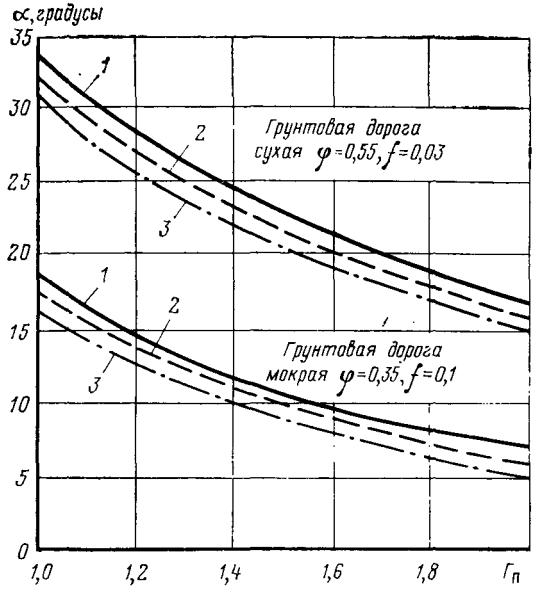


Рис. 7. Зависимость преодолеваемого угла подъема от коэффициента грузоподъемности плетевоза ($Г_п$):
1 — для плетевозов на базе БАЗ-135; *2* — для плетевозов на базе МАЗ-543; *3* — для плетевозов на базе МАЗ-537

При работе труботранспортных машин в горных условиях может возникнуть необходимость преодоления уклонов, превышающих указанные в технической характеристике плетевоза. Для обеспечения такой возможности необходимо снизить нагрузку на плетевоз. При этом условием движения на уклоне будет являться:

$$D \geqslant 1,1\varphi,$$

где D — наибольший динамический фактор плетевоза (свободная тяга на колесах на 1 кг полной массы машины); φ — приведенный коэффициент сопротивления дороги.

Коэффициент φ определяют по формуле:

$$\varphi = f + \operatorname{tg}\alpha,$$

где f — коэффициент сопротивления движению на заданной дороге; α — наибольший угол уклона в градусах.

При расчете динамических характеристик плетевозов обычно принимают коэффициент f:

для дорог с асфальтовым и бетонным покрытием	0,015
для сухих грунтовых дорог	0,03
для влажных грунтовых дорог	0,06
для песка и рыхлого снега	0,15

Важным параметром нормальной эксплуатации машин в горных условиях является *горизонтальная вписываемость*.

Горизонтальная вписываемость плетевоза, так же как и любой транспортной машины, характеризуется приспособленностью к поворотам на минимальной площади. У плетевоза собственная габаритная длина сравнительно мала в сравнении с длиной перевозимого груза, а база автопоезда, хотя и может изменяться в некотором диапазоне, должна учитывать как вертикальную вписываемость плетевоза, так и правильную загрузку подвижного состава.

Как известно, ширина проезда для прямолинейного участка дороги равна поперечному габариту автомобиля (автопоезда) плюс удвоенному зазору безопасности. Криволинейное движение автопоезда отличается тем, что прицепное звено смещается относительно колеи, прокладываемой тягачом, в сторону мгновенного центра поворота. Смещение прицепного звена резко ухудшает маневренность автопоезда-плетевоза из-за уширения габаритной полосы его движения. Кроме того, при наличии смещения роспуска увеличивается сопротивление движению автопоезда на деформируемых грунтах.

Перевозка длинномерных плетей длиной $L = 24 \div 48$ м на строительстве магистральных трубопроводов часто связана с движением по криволинейным участкам.

Значительные продольные габариты труботранспортных машин создают трудности при их движении на по-

воротах, в узких местах дорог, лесистой местности, горных условиях и т. д.

В практике перевозок длинномерных труб для обеспечения вписываемости плетевоза в регламентируемые полосы отчуждения под строительство трубопроводов возникает необходимость определить: 1) форму и ширину проезда, гарантирующего движение и вписываемость плетевоза без дополнительного маневрирования, и 2) геометрические параметры плетевозов, гарантирующие его проезд с грузом, если известны размеры участка на въезде и выезде.

При определении ширины и формы проездов, радиусов поворота и других параметров необходимо построение траектории криволинейного движения автопоезда.

В практике перевозок стараются выбрать пути движения с возможно большими радиусами поворота, иногда делают объезды узких мест с крутыми поворотами, в ряде случаев проводят планировочные работы, позволяющие преодолеть крутые повороты. При расчете полосы движения необходимо учитывать величину заднего свеса, так как увеличение его ведет к расширению полосы движения на входной стадии поворота.

Для плетевозов относительное приращение площади габаритной полосы движения в зависимости от базы $Б_{ап}$ в сопоставлении с одиночным автомобилем характеризуется следующими показателями:

$Б_{ап}$, м	8	16	30	36
ΔS, %	5	25	73	120

В табл. 4 приведены параметры, определяющие маневренность труботранспортных машин.

Характерной особенностью компоновки плетевозов является возможное изменение расстояния между тяговым автомобилем и роспуском. При уменьшении базы улучшаются маневровые качества плетевоза и возможно движение автопоезда с меньшим радиусом поворота. Однако с уменьшением базы увеличивается задний свес груза, что отрицательно влияет на вертикальную вписываемость на пересеченной местности.

Трасса перевозок плетей должна выбираться с учетом геометрических параметров плетевозов, прогибов

Таблица 4

Параметры маневренности плетевозов

Показатели	ПТВ-8	ТВ-101	ПВ-91	ПЛТ-214	ПВ-201	ПВ-301	ПВ-481
	на базе автомобиля						
	ЗИЛ-157К	ЗИЛ-131	«Урал-375»	КрАЗ-214	БАЗ-135	МАЗ-543	МАЗ-537
Минимальный радиус поворота автомобиля, м	12	10	10,8	12	15	15,5	15,5
База, м:							
автомобиля $Б_а$	4,2	3,9	4,7	5,3	6,2	7,6	6,05
автопоезда с грузом $Б_{ап}$ при:							
L =48 м	36	36	36	36	40	40	40
L=36 м	27	27	27	27	30	30	32
Число управляемых колес автомобиля	2	2	2	2	4	4	4
Колея, мм	1750	1820	2000	2030	2300	2375	2200
База роспуска $Б_р$, мм	—	1100	1360	1360	1300	1600	1700
Ширина габаритной полосы движения (в м) при повороте на 90° для $Б_{ап}$ 30 м	14,5	13	14,5	18	16	18	18

подвески и груза, уклонов профиля пути и продольных радиусов закруглений дороги.

Для лучшей вертикальной вписываемости рекомендуется уменьшать задний свес груза в пределах допускаемых нагрузок на подвижной состав. Для существующих плетевозов при длине перевозимых плетей 24—48 м допустимый задний свес должен находиться в пределах 3—10 м.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

Перед началом транспортных работ необходимо обследовать все подъездные дороги и объезды для выявления вписываемости плетевозов с грузом. При больших отклонениях от нормы необходимо выровнять продольный профиль и расширить дороги. Трубы и секции в горных условиях рекомендуется транспортировать по возмож-

ности в сухую погоду. Если необходимо доставить трубы и секции в дождливое время, на подъемах более 10° устанавливают дежурство одного или двух тракторов для буксировки плетевозов.

В зависимости от состояния дороги, крутизны склона, протяженности транспортировки перевозка трубы и секции длиной 24 м осуществляется:

а) от железнодорожных станций до сварочных и перевалочных баз — автомобильными трубовозами;

б) от сварочных баз до участков трассы с крутизной склона до 15° и от сварочных баз до перевалочных — автомобильными плетевозами;

в) от перевалочных баз до участков трассы с крутизной склона 15—20° — плетевозами с тракторной тягой.

На участки трассы с крутизной склона более 20° секции транспортируются по объездным или специально сооруженным для этой цели подъездным дорогам. В отдельных случаях в качестве дополнительной тяги рекомендуется использовать тракторы с лебедкой, которые перемещают плетевозы участками длиной 40—50 м с остановками для собственного перемещения по участку.

Для предохранения поверхности труб и секций от повреждения коники труботранспортных средств следует оборудовать деревянными подкладками. При необходимости перевозки изолированных труб и секций коники снабжаются деревянными ложементами с опорной поверхностью цилиндрической формы (по диаметру трубы). При перевозке изолированные трубы не должны иметь точек соприкосновения друг с другом, для чего между ними устанавливают мягкие прокладки.

Большой объем работ по транспортировке футированных труб был выполнен при строительстве газопровода «Братство» из труб диаметром 1420 мм. Трубы изолировали и футеровали на площадке, откуда одиночные изолированные и покрытые футеровкой трубы плетевозами по автодороге доставляли к подножию перевала. Здесь трубы с плетевозов перегружали на автомобили МАЗ-543.

Для перевозки изолированных труб на трассу автомобиль МАЗ-543 оборудовали двумя кониками. На конике прицепа были установлены хомуты *2* и торцевые захваты *1* (рис. 8), что исключило перемещение труб. Кроме того, были смонтированы металлические лежe-

менты с вкладышами из автомобильной покрышки, обеспечивающие плотное прилегание коника всей поверхностью к трубе. Практика показала, что такой способ перевозки вполне обеспечивает сохранность изолированных труб.

В табл. 5 приведен перечень механизмов, рекомендуемых для перевозки труб и секций диаметром 1420 мм в зависимости от крутизны склона.

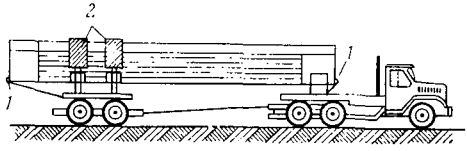


Рис. 8. Схема транспортировки футерованных труб в горных условиях

Таблица 5

Перечень машин для перевозки труб и секций

Крутизна склона, градусы	Рекомендуемые машины		Число перевозимых труб и секций	
	тягач	плетевоз	при длине трубы 12 м и ее массе 8,4 т	при длине секции 24 м и ее массе 16,8 т
До 10°	КрАЗ-255Б	ПВ-202	2	1
	«Урал-375»	ПВ-91	1	—
	ЗИЛ-157К (ЗИЛ-131)	ПТВ-8	1	—
До 15°	КрАЗ-255Б	ПВ-202	2	1
	ДЭТ-250	ПТ-30	3	1
	Т-100	2-Р-15А	1	—
	Т-180	ПТ-30	1	—
До 20°	Д-9	ПТ-30	2	1
	ДЭТ-250	ПТ-30	1	—

Прицепы для перевозки труб и секций должны иметь крестообразную сцепку, обеспечивающую движение роспусков по следу тягача. Применяемые для сцепки стальные канаты должны иметь шестикратный запас прочности. Кроме основного рекомендуется для сцепки иметь страховочный канат.

Трубы и секции закрепляются на кониках с помощью поперечной увязки и обязательно страховыми стальными канатами за торцы труб от продольного перемеще-

Таблица 6

Технологические параметры трубоукладчиков

Груз	Тип трубоукладчика и вылет стрелы при толщине стенки труб					
	12,5 мм			15,2 мм		
	наибольшая нагрузка, тс	рекомендуемая марка трубоукладчика	максимально допустимый вылет стрелы, м	наибольшая нагрузка, тс	рекомендуемая марка трубоукладчика	максимально допустимый вылет стрелы, м
Труба	4,5	Т01224В	5,2	5,4	Т01224В	4,3
Пакет из двух труб при разгрузке	9,0	Т1530В	3,3	10,8	Т1530В	2,8
		Т2040А	4,6		Т2040А	3,9
Пакет из трех труб при разгрузке	13,5	Т2040А	3,1	16,2	Т2040В	2,6
		Два Т01224В	3,5		Два Т01224В	2,9
Трехтрубная секция при погрузке ее с перехватом на плетевоз:						
при транспортировке к плетевозу	13,5	Т1530В	2,2	—	—	—
после перехвата .	7,7	То же	3,9	—	—	—
Трехтрубная секция при разгрузке натаскиванием сзади на продольную ось плетевоза	13,5	Т2040А	3,1	16,2	Т2040А	2,6
		Два Т01224В	3,5		Два Т01224В	2,9
Трехтрубная секция при ее погрузке натаскиванием сзади для парной перевозки на плетевозе	13,5	Т1530В	2,2	16,2	Т2040А	2,6

Примечания: 1. Марки трубоукладчиков рекомендуются с учетом их устойчивости для безопасности работ.

2. Максимально допустимые вылеты стрелы определены с учетом возможности работы трубоукладчиков с удлиненными стрелами.

ния. Скорость движения машин при перевозке труб и секций в горной местности не должна превышать 15 км/ч.

При разгрузке и складировании труб и секций необходимо принять меры, обеспечивающие их сохранность.

Запрещается сбрасывать трубы; перекатывать трубы и секции разрешается только по лагам; трубы нужно укладывать в штабеля не более чем в два ряда, а секции — в один ряд.

При укладке труб и секций в штабеля во избежание их раскатывания на торцах двух-трех крайних труб нижнего ряда с каждой стороны штабеля устанавливают упоры и скобы.

При выборе марки трубоукладчиков для работы на трубосварочной базе с трубами диаметром 1220 мм рекомендуется пользоваться табл. 6, но с учетом данных о нагрузках и максимально допустимых вылетах стрелы. Минимально необходимые вылеты стрелы, зависящие как от технологии, так и от габаритов груза и транспортных средств, приведены в табл. 6.

Погрузка трехтрубной секции трубоукладчиком марки Т1530В на плетевоз выполняется в следующем порядке (рис. 9):

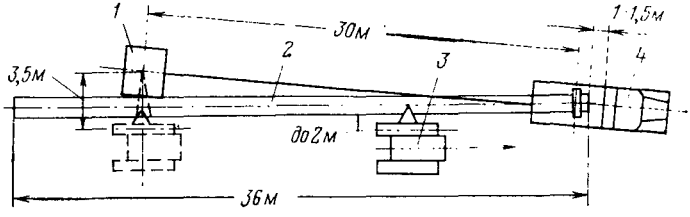


Рис. 9. Схема погрузки с перехватом трехтрубной секции диаметром 1220 мм на плетевоз при помощи трубоукладчика марки Т1530В: *1* — роспуск (прицеп); *2* — секция; *3* — трубоукладчик; *4* — тяговый автомобиль

секцию транспортируют при минимальном вылете стрелы трубоукладчика мимо прицепа вблизи его колеса и укладывают передним концом на коник автомобиля;

строповочный трос ослабляют и без расстроповки передвигают трубоукладчиком к прицепу;

включают грузовой барабан лебедки, а затем стреловой барабан, поднимают задний конец трубы с грунта и укладывают на прицеп.

Разгрузка и складирование трубы диаметром 1420 мм на сварочных базах осуществляются с помощью кранов или трубоукладчиков Т21530, Т3560А

или К-594, оборудованных торцевыми захватами марки ЗТ-1421.

Строповочные средства должны быть заводского изготовления. При местном их производстве особое внимание должно быть обращено на тщательные заплетки концов канатов.

При строительстве трубопроводов в горных условиях раздельным способом используют трубы, изолированные в заводских условиях или на полустационарных изоляционных установках в трассовых условиях.

Так, при строительстве газопровода диаметром 1420 мм в условиях Карпат широко применялась изоляционная установка УИ-141.

При сооружении магистральных трубопроводов из изолированных труб и секций транспортные и погрузочно-разгрузочные работы имеют некоторые особенности.

При погрузке и разгрузке изолированных труб обычной длины, длиной 24 м и изолированных трубных секций необходимо принимать меры, обеспечивающие целостность изоляционного покрытия. Нельзя допускать удары трубы о трубу, о стойки прицепов, сбрасывание на поверхность труб такелажных приспособлений и др.

Стрелы трубоукладчиков, работающих с изолированными трубами, должны быть покрыты амортизирующими обрезиненными прокладками толщиной не менее 20 мм.

При складировании труб с заводской изоляцией в седло необходимо между рядами труб применять также амортизирующие прокладки. Высота штабеля труб (по условиям техники безопасности) не должна превышать 3 м. Трубы диаметром 529 мм и меньшего диаметра можно складировать друг над другом, применяя между ними деревянные прокладки с концевыми упорами.

При выгрузке из железнодорожных платформ и полувагонов одиночных 24-метровых труб диаметром 1420 мм следует применять краны: К-631 на пневмоколесном ходу грузоподъемностью 63 т и Э-2508 на гусеничном ходу грузоподъемностью 60 т.

Разгрузку 24-метровых труб диаметром 1220 мм и меньше рекомендуется производить пневмоколесными кранами КС-6362 грузоподъемностью 40 т или модифицированными кранами для северных условий КС-6362ХД.

При пакетной разгрузке труб диаметром 530, 720, 820

и 1020 мм необходимо использовать краны грузоподъемностью 60 т.

На сварочной базе изолированные трубы длиной 12 м разгружают с помощью трубоукладчиков, оснащенных торцевыми или электромагнитными захватами.

При перемещении и погрузке на плетевоз трехтрубных секций из изолированных труб на сварочной базе могут применяться следующие технологические схемы:

одним оснащенным электромагнитным захватом трубоукладчиком марки:

для труб диаметром 529—820 мм	Т1530В
для труб диаметром 1020—1220 мм	Т3560А (ТД-25С, К-583Н)
для труб диаметром 1420 мм	К-594

двумя оснащенными торцевыми захватами или мягкими полотенцами трубоукладчиками марки:

для труб диаметром 519—820 мм	Т1530В
для труб диаметром 1020—1220 мм	Т3560А (ТД-25С, К-583)
для труб диаметром 1420 мм	К-594

одним трубоукладчиком в два приема.

Данный способ может быть применен только в случае, когда на плетевоз грузится одна секция.

Для труб диаметром 1220—1420 мм используют трубоукладчик К-594, оснащенный торцевым захватом или мягким полотенцем. В этом случае трубоукладчик устанавливается у конца секции, приподнимает его и подъемом стрелы укладывает на коники прицепа плетевоза. Затем трубоукладчик перемещается к другому концу секции и выполняет аналогичную операцию.

Разгрузку и раскладку изолированных труб и секций на трассе осуществляют только на инвентарные деревянные лежки *3* (рис. 10), заранее разложенные вдоль трассы. На лежках должны находиться мягкие амортизирующие прокладки *2* и деревянные упорные клинья *1*.

Разгрузку и раскладку на лежки изолированных труб длиной 24 м и трубных секций длиной 36 м можно осуществлять по следующим технологическим схемам (рис. 11):

одним оснащенным электромагнитным захватом трубоукладчиком марки (рис. 11, *а*):

для труб диаметром 529—820 мм	Т1530В
для труб диаметром 1020 мм	Т3060А (ТД-25С, К-583Н)
для труб диаметром 1220—1420 мм	К-594

при этой схеме трубоукладчик поднимает секцию за середину и после отъезда плетевоза подает к лежкам и укладывает на них;

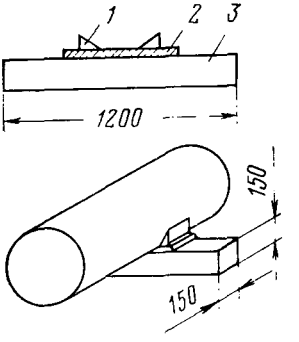


Рис. 10. Схема лежки и трубы, уложенной на лежку

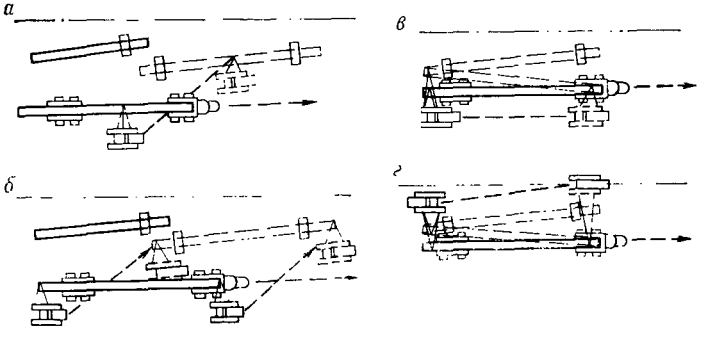


Рис. 11. Схемы разгрузки и раскладки изолированных труб и трубных секций

двумя оснащенными торцевыми и клещевыми захватами или мягкими полотенцами трубоукладчиками марки (рис. 11, *б*):

для труб диаметром 529—820 мм	Т1530В
для труб диаметром 1020—1220 мм	Т3560А (ТД-25С, К-583Н)
для труб диаметром 1420 мм	К-594

в этом случае два трубоукладчика одновременно поднимают трубу или секцию за оба конца; после отъезда плетевоза подают ее к лежкам и укладывают на них;

одним оснащенным торцевым и клещевым захватами или мягким полотенцем (в случае, если на плетевозе одна труба или секция) трубоукладчиком марки (рис. 11, *в*):

для труб диаметром 1220—1420 мм	К-594

при работе по данной схеме трубоукладчик становится у одного конца или секции, приподнимает его и наклоном стрелы опускает на лежку, затем трубоукладчик перемещается к другому концу секции и выполняет аналогичную операцию;

одним расположенным на полосе рытья траншеи и оснащенным торцевым захватом или мягким полотенцем (в случае, если на плетевозе несколько труб или секций) трубоукладчиком марки (рис. 11, *г*):

для труб диаметром 529—820 мм	Т1530В
для труб диаметром 1020—1220 мм	Т3560А (ТД-25С, К-583)
для труб диаметром 1420 мм	К-594

ГЛАВА 3
ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

Земляные работы при сооружении трубопроводов в горной местности включают: вскрышные работы, устройство временных дорог и подъездов к трассе; устройство полок с буровзрывными работами по рыхлению скального грунта и его разработкой землеройными машинами; разработку траншей на полках; засыпку траншей и оформление валика.

При разработке и засыпке траншей выполняются все необходимые мероприятия, которые осуществляются при

ведении таких же работ в скальных грунтах на равнинной местности.

Полки в зависимости от свойств грунтов косогора устраивают без рыхления грунта или с предварительным рыхлением скальных пород взрывным способом.

В данной главе рассматривается технология проведения земляных работ в мягких грунтах без рыхления их взрывом.

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ И ПОДЪЕЗДОВ

Для передвижения землеройной и транспортной техники, а также машин механизированной колонны при сооружении магистральных трубопроводов в горных районах устраиваются дороги и подъезды.

Временные вдольтрассовые дороги и подъезды к ним сооружаются одновременно с устройством полок для прокладки трубопроводов. Перед началом работ по сооружению временных дорог и подъездов предварительно удаляют нависающие скалы и камни, а также проводят противообвальные и противооползневые мероприятия.

Параметры дорог назначают в зависимости от принятых для сооружения данного объекта транспортных средств и строительной техники, интенсивности и объема грузоперевозок, срока службы дорог и местных условий.

Дороги на полках устраивают, как правило, однопутными с шириной полосы движения не менее гусеничного или колесного хода используемых на трассе транспортных и строительных машин; обычно ширину дороги принимают от 3,5 до 4,7 м с обочиной 0,5 м.

Продольные уклоны временных дорог на сложных и пересеченных участках местности с небольшим движением транспорта допускается устраивать не более 9%. В отдельных случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании уклоны могут быть до 15%. Радиусы закругления дорог в плане должны быть не менее 15 м; при радиусе до 60 м дорогу следует расширить на 1,4—3 м.

При сооружении временных дорог в скальных грунтах специального покрытия не устраивают.

Профиль дороги формируют выравниванием продольных и поперечных уклонов местности бульдозерами, скреперами и грейдерами, а окончательную планиров-

ку и профилирование полотна дороги выполняют грейдерами.

При отсыпке полотна дороги с использованием грунтов из резервов, расположенных на расстоянии более 100 м от места производства работ, грунт транспортируют автосамосвалами ЗИЛ-585, КАЗ-600В. Погрузку грунта в самосвалы из резервов выполняют одноковшовыми экскаваторами.

Для выравнивания полотна дороги при наличии местных материалов целесообразно устраивать подсыпку толщиной 5—6 см из щебня или каменной мелочи с крупностью гранулометрического состава не более 30—40 мм. Подсыпка может выполняться с уплотнением и без него.

Проезжую часть дороги обычно располагают не на насыпном, а на материковом грунте. В случае использования для проезда насыпной части полки полунасыпи-полувыемки для обеспечения устойчивости устраивают уступы в скале или специальные подпорные стенки.

Подъезды к полкам, как правило, устраивают после сооружения последних с целью уточнения рациональных мест их сопряжения.

Подъезды к полкам могут сооружаться как в направлении, совпадающем с направлением трассы, так и перпендикулярно к ней.

Подъездные дороги выбирают на основании тщательного анализа местных особенностей рельефа и времени производства работ на данном участке. Их устраивают в местах, удобных для подхода как гусеничного, так и колесного транспорта.

Мелководные речки обычно преодолеваются вброд машинами на гусеничном ходу. Для прохода техники через бурные многоводные реки, а также в период весеннего паводка, когда в результате таяния снега уровень воды в реках значительно повышается, необходимо устраивать специальные переезды, которые выполняются преимущественно из местных материалов, а в ответственных местах из металлических труб.

СООРУЖЕНИЕ ПОЛОК В МЯГКИХ ГРУНТАХ

Трассы магистральных трубопроводов в горных районах имеют различное направление. Они могут быть проложены параллельно горизонталям, под углом и перпен-

дикулярно к ним. При этом участки трассы могут иметь поперечную и продольную косогорность местности.

Работа землеройных машин на гусеничном и пневмоколесном ходу возможна на участках с поперечным уклоном не свыше 8° и с продольным уклоном не более 15°. В этих пределах земляные работы выполняются обычными методами. На косогорах с поперечным уклоном более 8° работа землеройных машин становится затруднительной, а иногда невозможной.

Для обеспечения устойчивости работающих машин и выполнения всех строительных процессов при сооружении трубопроводов на таких участках устраиваются полки. Конструкция и параметры их определяются в зависимости от диаметра труб, размеров траншеи и отвалов грунта, типа применяемых машин и методов производства работ.

Полки в зависимости от рельефа местности и характеристики грунтов, слагающих склоны, могут устраиваться в выемке или полунасыпи-полувыемке.

В целях уменьшения объема земляных работ при устройстве врезки следует для прохода строительных и транспортных машин максимально использовать, где это возможно, полотно полунасыпи. Поэтому полки в горных районах наиболее часто устраиваются в полунасыпи-полувыемке.

Для достижения минимальной ширины полки и сокращения объема врезки трубопровод в горных районах сооружают по схеме, отличающейся от схемы производства работ при прокладке трубопроводов в обычных условиях.

Полки в зависимости от свойств грунтов косогора устраивают без рыхления грунта или с предварительным рыхлением скальных пород взрывным способом.

На участках трассы с минеральными грунтами I—IV групп или разборной скалой разработка полок производится без предварительного рыхления грунта взрывом. В некоторых случаях рыхление таких грунтов при устройстве полок выполняется корчевателями.

Земляные работы по устройству полок в зависимости от косогорности участка трассы и местных условий выполняют бульдозерами или экскаваторами.

На участках с поперечным уклоном до 15° разработку выемок в разрыхленных скальных грунтах следу-

ет производить бульдозерами поперечными или продольными ходами к оси трассы (рис. 12, 13, 14).

При значительной ширине полки поперечная разработка грунта выполняется двумя бульдозерами.

Доработка полки и ее планировка производятся продольными проходами бульдозера с послойной разработкой грунта и перемещением его в полунасыпь.

На поперечных уклонах до 15° полки обычно разрабатывают бульдозерами по двум схемам. При работе по первой схеме — продольными косыми ходами (рис. 15, *а*) — грунт разрабатывается послойно: сначала слой *1* на длину одного захода, затем слои *2, 3, 4* и так до тех пор, пока не будет перемещен в отвал весь грунт. Длина захода принимается в пределах 100 м. После разработки части полки на полный профиль на один заход приступают к разработке следующего участка и т. д. При работе по данной схеме бульдозер перемещает грунт вдоль оси трубопровода, смещая его в отвал и делая при этом небольшие развороты. Недостатком схемы является то, что один и тот же грунт приходится переваливать несколько раз. Несмотря на это, схема оказывается практически возможной при устройстве полки на крутом косогоре. При продольной разработке часто используют два или три бульдозера, каждый из которых работает на одном слое.

Вторая схема предполагает работу бульдозера поперечными ходами с незначительным объемом продольных разработок. Последовательность снятия слоев грунта показана на рис. 15, *б*. Сначала снимают слои *1, 2, 3* и *4* (поперечными ходами), затем убирают грунт в зоне *5* (продольными ходами), после чего срезают слой *6*. Слои *1, 2, 3, 4, 6, 8* и *10* бульдозер разрабатывает без разворотов (возвращаясь к исходному рубежу задним ходом). Длина участка полки, разрабатываемой на полную глубину, составляет 100—150 м. Однако в каждом конкретном случае она назначается в соответствии с общей технологической схемой выполнения земляных и укладочных работ.

При больших объемах земляных работ используются два бульдозера, которые ведут разработку полки с двух сторон продольными проходами навстречу друг другу.

На участках, где разработка грунта выполняется двумя бульдозерами, часто применяется схема работы, при которой один бульдозер срезает и перемещает

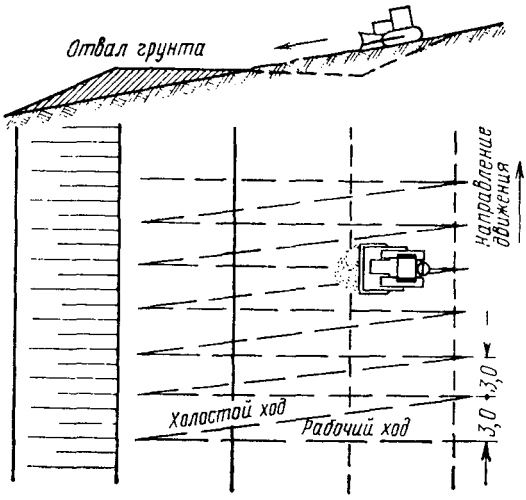


Рис. 12. Схема разработки полок бульдозерами на склонах от 8 до 15° поперечными проходами

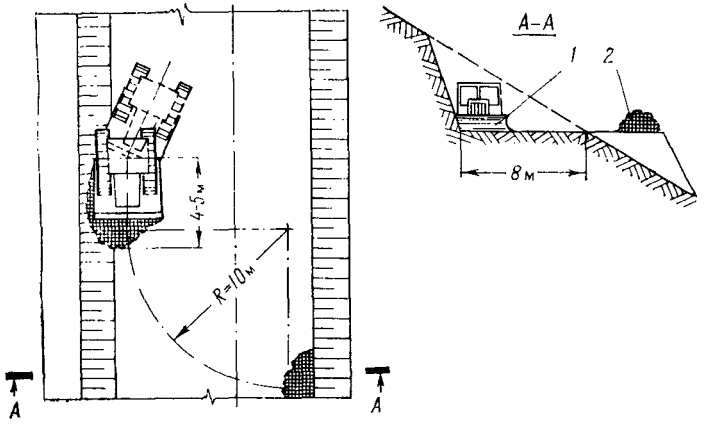


Рис. 13. Схема разработки полувыемок-полунасыпей на крутых склонах продольными проходами бульдозерами:
1 — участок набора грунта; *2* — несброшенный грунт

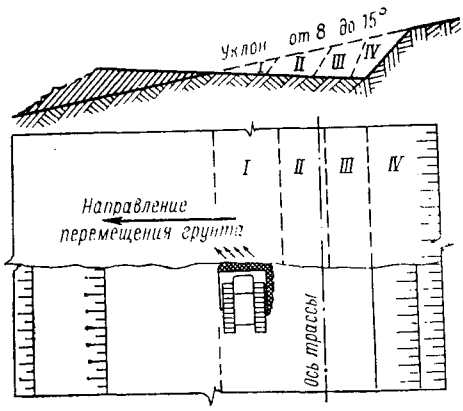


Рис. 14. Схема разработки полки на косогоре бульдозером вертикальными слоями вдоль оси трассы

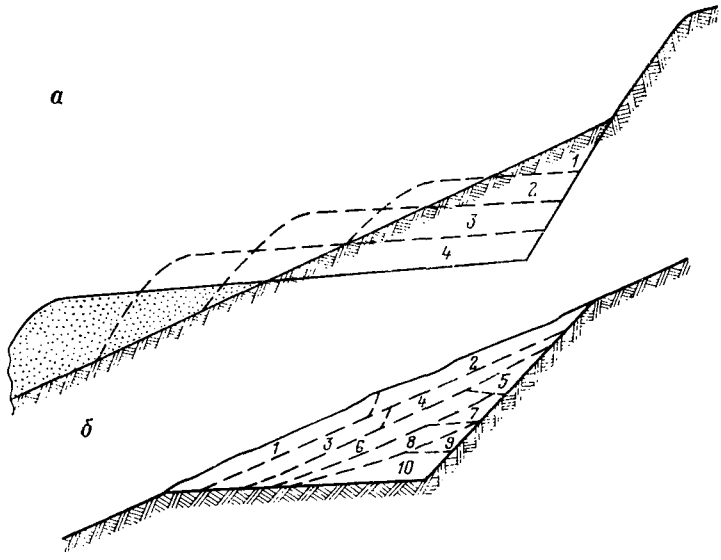


Рис. 15. Схема технологии отработки полки бульдозерами: *а* — продольными ходами; *б* — поперечными ходами

грунт в насыпь, а второй дорабатывает и планирует профиль полки.

На крутых косогорах с уклоном более 12—15° для разработки разрыхленного грунта при устройстве полок следует применять одноковшовые экскаваторы, оборудованные «прямой лопатой». Экскаватор, перемещаясь вдоль трассы, разрабатывает грунт в пределах полувыемки и отсыпает его в насыпную часть полки (рис. 16).

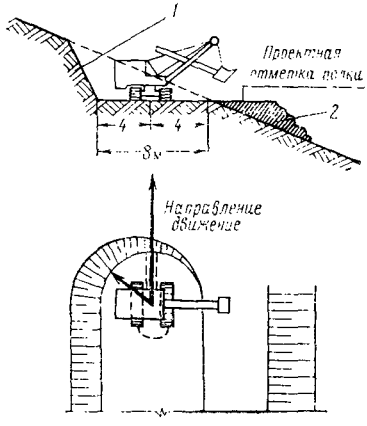


Рис. 16. Схема разработки полувыемки-полунасыпи одноковшовым экскаватором:
1—выемка грунта; 2—отвал грунта

На поперечных и продольных уклонах разработка полки имеет некоторые особенности.

На участках с продольными уклонами, не превышающими $\alpha_{пр}$, и поперечными уклонами до 25—30° отработка полки может осуществляться бульдозерами продольными ходами без закрепления. Если продольный уклон не превышает 8°, а поперечный — 25—30°, то бульдозер может работать и поперечными ходами. Однако в этом случае резко возрастает изнашиваемость ходовой части. Следует отметить, что вообще при работе на скальных грунтах ходовая часть (особенно гусеницы) тракторов, бульдозеров изнашивается очень быстро. Гусеницы рвутся, края башмаков их стираются и ломаются.

На продольных уклонах больше предельных, но не превышающих 30°, и поперечных уклонах до 15° полки можно разрабатывать бульдозерами продольными ходами послойно без закрепления.

Если поперечные уклоны более 15—16°, а продольные — более $\alpha_{пр}$, то разработка полок бульдозерами становится крайне сложной. В таких условиях полки разрабатывают экскаватором, который закрепляют одним или двумя тракторами (или бульдозером) с помощью одного или двух тросов. Схема отработки полки экскаватором показана на рис. 17. Экскаватор работает сверху вниз. Во многих случаях доставка его на верх

косогора представляет большие трудности. Если нет возможности доставить экскаватор обходным путем, то на верх косогора поднимают бульдозер (один или связанный тросом с трактором), и он отрабатывает узкую полку шириной 2—3 м, опускаясь сверху вниз. По устроенной таким образом полке экскаватор поднимается на верх косогора с помощью одного или двух тракторов, разрабатывает забой и затем отрабатывает полку на полный профиль, спускаясь сверху вниз.

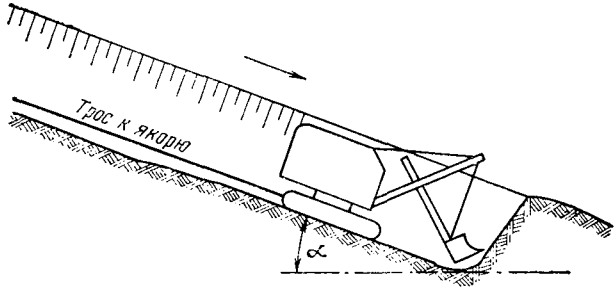


Рис. 17. Схема разработки полки заякоренным экскаватором

Устройство полок в мягких грунтах для второй нитки трубопровода сводится к разработке и перемещению грунта в зависимости от крутизны склонов поперечными или продольными (лобовым зарезанием) проходами бульдозера и перевалке грунта на существующую полку, откуда он перемещается дальше под откос полунасыпи. Там, где расстояние между осями строящегося и действующего трубопроводов, крутизна склонов и разница высот между полками позволяют оставить весь грунт или часть его на месте, в полунасыпь вторично перемещать его не следует.

Полки (полувыемки) выше действующего трубопровода устраивают по следующей схеме. Грунт с верхней полки при крутизне склонов косогоров, обеспечивающих скольжение его вниз под действием собственной массы при разработке, опускается на полку действующего трубопровода. На пологих склонах грунт сталкивают вниз бульдозером или перемещают вдоль сооружаемой полки к месту, где возможен спуск его на полку действующего трубопровода.

РАЗРАБОТКА ТРАНШЕЙ НА ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНАХ В МЯГКИХ ГРУНТАХ

В зависимости от крутизны откосов применяют различные схемы сооружения траншей в грунтах, не требующих предварительного рыхления взрывом.

Так, нашли применение следующие схемы: разработка траншей без анкеровки экскаваторов, разработка траншей с анкеровкой экскаваторов, лотковый способ разработки траншей, разработка траншей канатно-скреперной установкой. В основном для устройства траншей на продольных уклонах используют одноковшовые экскаваторы Э-505 и Э-652, роторные экскаваторы и бульдозеры.

При *разработке траншей без анкеровки экскаваторов* необходимо проверять устойчивость экскаватора на скольжение.

Предельное состояние, при котором начинается сдвиг экскаватора (рис. 18), определяется по формуле

$$H = Q \cos \alpha f = Pf,$$

где H — сдвигающая сила; Q — масса экскаватора; P — составляющая массы, перпендикулярная к поверх-

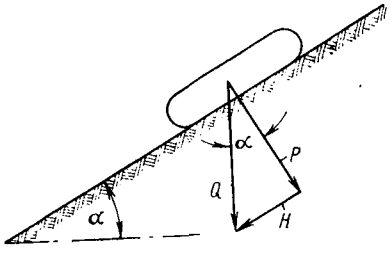


Рис. 18. Схема к расчету устойчивости экскаватора на сдвиг

ности уклона; f — коэффициент трения (скольжения) металла о грунт (для суглинков 0,45—0,5; для глин 0,5—0,6; для песков и гравия 0,6—0,7).

Предельный продольный уклон

$$\alpha_{пр} = \operatorname{arctg} f.$$

На уклонах, меньших $\alpha_{пр}$, траншеи разрабатывают одноковшовыми и роторными экскаваторами методом сверху вниз. На уклонах, больших $\alpha_{пр}$, необходимо производить анкеровку машин при помощи бульдозера, трактора или лебедки.

На уклонах до 22° направление разработки грунта одноковшовыми экскаваторами производится снизу вверх или сверху вниз по склону. На уклонах более 22° для обеспечения устойчивости экскаваторов работа их допускается при прямой лопате — только снизу вверх по склону, а при обратной лопате — только сверху вниз по склону ковшом назад по ходу работ.

Работа роторных экскаваторов должна во всех случаях производиться сверху вниз, что дает возможность использовать ротор в качестве подвижного якоря (рис. 19).

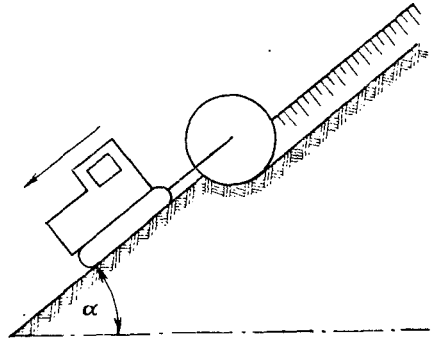


Рис. 19. Схема разработки траншей на продольном уклоне роторным экскаватором

Разработка траншей с анкеровкой экскаваторов применяется на продольных уклонах выше предельных.

Анкеровка (закрепление) экскаваторов осуществляется с помощью одного или нескольких тракторов или бульдозеров.

При этом экскаватор может работать как снизу вверх, так и сверху вниз. Как показал опыт, лучшие результаты достигаются при работе экскаваторов сверху вниз. Этот способ и более безопасен, так как ковш периодически выполняет функцию якоря. При работе же снизу вверх задняя часть экскаватора приподнимается, торможение ухудшается. Грунт, высыпающийся из ковша, скатывается вниз, и его нужно удалять вручную. В качестве подвижных якорей используются один или два трактора или бульдозер.

Использование в качестве анкера бульдозера дает возможность применить его для планировки грунта по ходу экскаватора. Во время остановок экскаватор заякоривают ковшом в траншее, а бульдозер освобождают

и выполняют необходимые работы. На уклонах до 30° (для экскаваторов Э-652) достаточно одного бульдозера, а при уклонах до 36° необходимы бульдозер и трактор. Лучшим (и наиболее удобным) вариантом будет крепление каждого троса к отдельному якорю. Тросы (диаметром 26—28 мм) прикрепляют к тумбе экскаватора или к балкам его ходовой части.

При анкеровке экскаваторов необходимо учитывать состояние поверхности грунта. На увлажненных, размокших грунтах удерживающая сила должна быть увеличена. При перемещениях тракторов экскаватор заякоривают ковшом в грунт и начинают работу только после постановки тракторов на тормоза. Бульдозер (при использовании его в качестве подвижного якоря) устанавливают отвалом в сторону уклона для увеличения стопорящего усилия.

На продольных уклонах более 36° работа одноковшовых и роторных экскаваторов даже при надежном закреплении их невозможна. На таких уклонах получил широкое распространение *лотковый способ* устройства траншей. Траншея-лоток разрабатывается бульдозером на ширину, несколько большую, чем ширина отвала. Схема работы бульдозера лотковым способом показана на рис. 20. Разработку траншеи начинают сверху и ведут последовательно слоями толщиной 0,4—0,6 м на всю длину спуска. Толщина снимаемого слоя зависит от вида разрабатываемого грунта и степени его разрыхленности. При крутизне продольного уклона более 40° бульдозер обязательно закрепляют одним или двумя тракторами или тракторными лебедками; при меньших уклонах его можно не закреплять. Закрепляющие тракторы находятся на верху уклона, которые при продвижении бульдозера следуют за ним, а затем вытаскивают бульдозер на исходную позицию.

При ведении работ на продольных уклонах любым способом следует обращать особое внимание на состояние грунтов, составляющих склон. Хотя крутые спуски чаще бывают сложены скальными грунтами, однако в горах встречаются и спуски из рыхлых грунтов. Такие спуски подвержены оползневым явлениям, которые могут проявиться внезапно, например при сотрясении грунта работающими машинами. Особенно опасна работа на крутых склонах в период дождей, когда грунты насыщаются водой и возможность образования оползней

возрастает. Поэтому на таких участках при устройстве траншей в дождливый период необходимо соблюдать особые меры предосторожности: закреплять работающие механизмы независимо от величины уклона, причем тракторы, выполняющие функцию якоря, должны находиться на верху склона; если проектом предусмотрены какие-либо противооползневые мероприятия, то к устройству траншеи следует приступать только после их

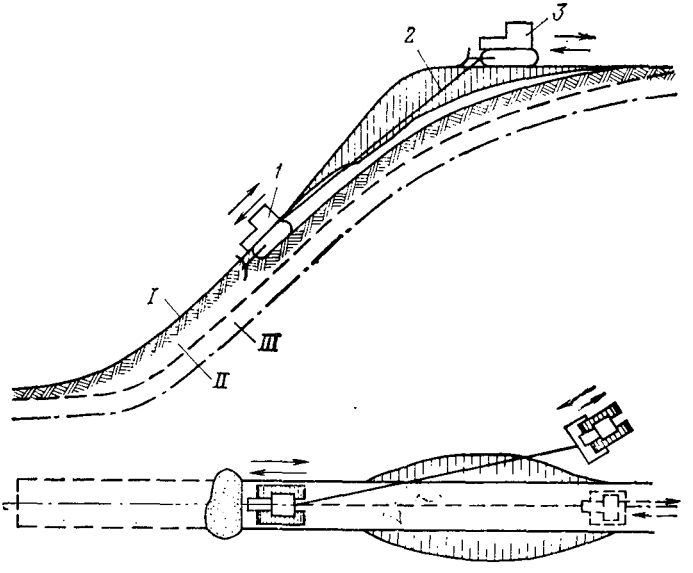


Рис. 20. Схема разработки траншеи лотковым способом:
1 — работающий бульдозер Д-27; *2* — анкерный трос; *3* — якорящий бульдозер или трактор; *I, II, III* — последовательно разрабатываемые слои грунта

выполнения; при разработке траншей необходимо следить за состоянием склона по специально забитым в разных точках реперам. В случае передвижения реперов работы должны быть прекращены до выяснения причин сдвига склона.

Недостаток разработки траншей бульдозером состоит в том, что приходится отрывать широкие траншеи-лотки, равные ширине отвала и обычно превышающие установленные параметры для прокладки трубопроводов в обычных условиях. Разработка широких траншей связана с выполнением большого объема земляных работ,

сосредоточенным расположением грунта отвала и увеличением трудоемкости при засыпке уложенного в траншею трубопровода.

Разработка траншей на продольных уклонах больше 45° представляет значительные трудности даже при лотковом способе, особенно, если уклон имеет большую длину (100 м и более). В таких условиях целесообразно устройство траншей *канатно-скреперными установками,* широко используемыми при разработке подводных траншей (рис. 21).

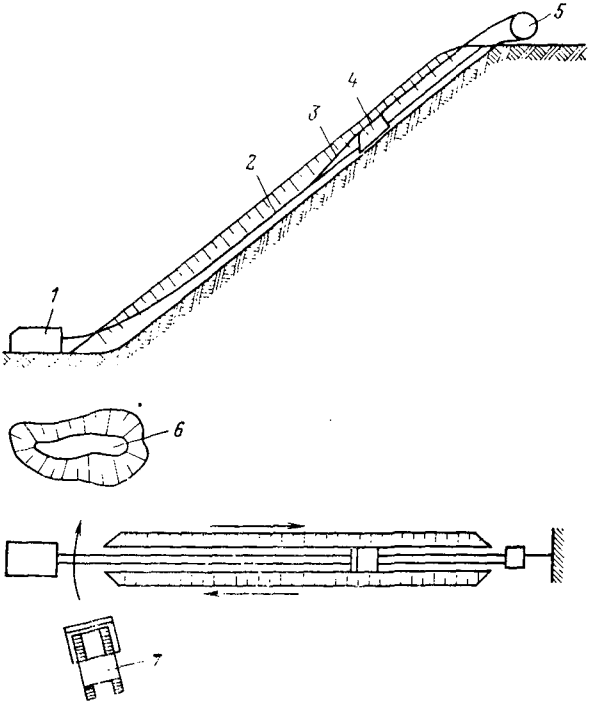


Рис. 21. Схема разработки траншеи скреперной установкой

В низу уклона устанавливают двухбарабанную скреперную лебедку *1,* а на верху закрепляют поворотный блок *5* диаметром 0,4—0,6 м. Скреперная лебедка имеет барабан с тяговым (рабочим) тросом *2* и барабан с тросом *3* для подъема скреперного ковша на верх укло-

на. Тяговый трос *2* должен иметь длину, несколько превышающую длину продольного уклона. Обычно используют тяговый трос диаметром 24—26 мм, а вспомогательный 3—16—18 мм.

Траншею разрабатывают сверху вниз, на верх уклона ковш *4* поднимают при холостом ходе. Для этого ковш делают с односторонней режущей частью, направленной к низу уклона. Поворотный блок на верху уклона должен быть рассчитан на усилие, необходимое для подъема ковша. Грунт, скатывающийся вниз, периодически перемещают бульдозером *7* в отвал *6*. При этом тяговый и вспомогательный тросы убирают в сторону.

Разрабатывать траншеи скреперной установкой можно при уклонах любой крутизны. Длина разрабатываемой траншеи ограничивается лишь длиной тросов. Чаще всего этим способом возможно разрабатывать траншеи, имеющие длину до 200 м.

РАЗРАБОТКА ТРАНШЕЙ НА ПОЛКАХ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

На участках с плотными грунтами перед разработкой траншеи проводится рыхление грунта корчевателями.

Траншеи в скальных грунтах разрабатывают с предварительным рыхлением их взрывным способом.

Работа землеройных машин при разработке траншей осуществляется на тщательно спланированной полке.

В целях уменьшения земляных работ по планировке взорванного грунта над траншеей и исключения настилов для передвижения целесообразно использовать экскаваторы с уширенной ходовой частью.

Остающиеся после работы экскаватора в траншее перемычки и недоборы из скального грунта удаляют после предварительного рыхления взрывом накладных зарядов. При небольших объемах недоработки перемычки и недоборы устраняют с помощью отбойных пневмомолотков, которые используют также при зачистке дна и откосов в скальных породах.

Разрыхленный взрывом или отбойными молотками грунт убирают одноковшовым экскаватором за один проход по всему участку (захватке). При малых объемах грунт убирают вручную.

Отвал грунта из траншеи располагают, как правило, у бровки откоса — с правой стороны полки по ходу разработки траншеи. Если отвал грунта располагается

в зоне проезда, то для обеспечения нормальной работы строительных машин и механизмов отвал грунта планируют по полке и утрамбовывают бульдозерами.

ЗАСЫПКА ТРАНШЕЙ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Обратная засыпка траншей в скальных грунтах на равнинной местности может выполняться, как и в обычных условиях, бульдозерами, одноковшовыми экскаваторами и роторными траншеезасыпателями. При этом работа бульдозеров возможна как поперечными проходами, так и косыми — под углом к оси траншеи.

Засыпка траншей на крутых подъемах и спусках может производиться лишь при передвижении машин вдоль или под углом к траншее, так как ввиду ограниченной рабочей зоны на полке засыпка уложенного трубопровода поперечными проходами бульдозера затруднительна.

Для засыпки траншей на крутых подъемах и спусках при расположении отвала грунта у подошвы откоса полувыемки используют одноковшовые экскаваторы и скребковые траншеезасыпатели. Если грунт отвала уложен на строительной полосе, траншеи засыпают бульдозерами.

В целях предохранения изоляционного покрытия трубы при укладке трубопровода и его засыпке скальным грунтом так же, как и при сооружении трубопровода на равнинной местности, устраивают постель и присыпают мягким грунтом.

В случае использования для этих целей привозного грунта его целесообразно доставлять на трассу автосамосвалами, оборудованными кузовами, разгружающими грунт на правую сторону. Грунт высыпают непосредственно в траншею при движении самосвала и распределяют равномерно на сравнительно большом участке (до 10—15 м). Грунт разравнивают малогабаритными бульдозерами, а при малом объеме работ — вручную. Таким же способом выполняется присыпка уложенного трубопровода.

Если использование мягкого привозного грунта для устройства постели под трубопровод и присыпки неэкономично, то применяют те же методы защиты, что и при прокладке трубопровода на равнинной местности:

футеровка из деревянных реек, покрытие соломенными или камышитовыми матами и др.

Устройство постели на две траншеи и присыпка трубопровода, а также окончательная засыпка его на крутых склонах (более 20—25°) должны выполняться с применением мер против оползания грунта и размыва его ливневыми водами. В частности, для предотвращения от оползания и скатывания грунта вниз по откосу при защите трубопровода мягким грунтом и его засыпке по длине траншеи через 5—10 м устраивают перемычки из мешков, заполненных землей, или деревянных щитов.

Засыпка защищенного от повреждений трубопровода разрыхленным скальным грунтом не представляет опасности и может осуществляться крупными кусками породы и валунами.

В случае прокладки трубопровода с устройством валика над траншеей отсыпка его производится бульдозером с использованием местных грунтов.

Методы работы землеройных машин при засыпке траншей на крутых подъемах и спусках аналогичны методам работы при рытье траншей. Иногда при наличии устойчивых склонов, не подверженных деформации от оползания или действия ливневых вод, трубопроводы небольших диаметров прокладывают без траншеи с укладкой их у подошвы откоса полувыемки и затем сверху засыпают грунтом.

Бестраншейная прокладка позволяет максимально использовать рабочую зону полки для проезда транспорта и работы строительно-монтажных машин колонны. Трубопровод при этой схеме прокладки также должен быть предохранен от повреждений перечисленными выше способами. Засыпка его на заданную высоту выполняется одноковшовым экскаватором с использованием для этого грунта насыпной части полки.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ КОЛОНН

На основании опыта, накопленного на строительстве нефте- и газопроводов, установлено, что типы и число машин в землеройной колонне зависят от диаметра строящегося трубопровода, природно-климатических условий, организации и технологии работ. Организация

Таблица 7

Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов, оборудованных обратной лопатой

Показатели	Э-652Б	Э-302
Двигатель:		
марка	КДМ-100	Д-38
мощность, л. с.	82	38
скорость вращения, об/мин	900—950	1400
Длина нормального гусеничного хода (база), мм	3420	2800
Ширина хода, мм	2850	2040
Ширина гусеничной ленты, мм	550	—
Опорная площадь гусеницы, м²	3,1	—
Удельное давление на грунт, кгс/см²	0,66	—
Вместимость ковша, м³	0,65	0,35
Скорость передвижения, м/ч:		
максимальная	3,0	13,1
минимальная	1,6	1,3
Скорость вращения поворотной платформы, об/мин	3,3—6,0	2,8—6,4
Радиус, описываемый хвостовой частью, мм	2900	2600
Ширина кабины, мм	2700	2600
Габаритная высота узла передней стойки, мм	4700	3700
Просвет, мм:		
под поворотной рамой	1000	1340
под ходовой рамой	300	293
Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения, мм	1000	650
Наибольший угол подъема при движении, градусы	22	22
Обратная лопата, мм:		
длина стрелы	5500	4900
длина рукоятки	2800	2300
Наибольшая глубина копания, мм:		
для траншей	5560	4000
для котлована	4000	2600
Наибольший радиус резания, мм	9200	7800
Масса экскаватора, т	20,5	11,2
Ширина ковша, мм	1160	830

работ, как правило, предусматривает комплексную механизацию, обеспечивающую поточные методы строительства линейной части трубопроводов. Продолжительность цикла поточного строительства трубопроводов практически составляет одни сутки.

Условие поточности производства для отдельных звеньев может быть выражено равенством среднесуточной эксплуатационной производительности отдельных механизированных колонн. В частности, при работе на слабосвязанных грунтах в летнее время и на всех видах грунтов зимой должно соблюдаться равенство $W_{укл} = W_з$, т. е. производительность изоляционно-укладочной колонны $W_{укл}$ должна быть равна производительности землеройной колонны $W_з$.

Наиболее распространенным в трубопроводном строительстве в горных условиях являются одноковшовые экскаваторы Э-302 и Э-652Б, оборудованные обратной лопатой с ковшом вместимостью 0,35—0,65 м^3 (табл. 7).

Основными типами многоковшовых роторных экскаваторов, применяемых в трубопроводном строительстве, являются: ЭР-7П, ЭР-7АМ, ЭР-7Е, ЭР-7Т, ЭТР-231, ЭТР-253 (табл. 8).

Роторные экскаваторы в горных условиях применяются на участках с мягкими грунтами и на небольших продольных уклонах.

Тип землеройных машин и методы разработки грунта определяют, исходя из объема работ и сроков их выполнения, топографических условий участка, вида и категории грунтов и стоимости разработки 1 м^3 грунта. Производительность землеройной колонны должна обеспечивать непрерывность шага изоляционно-укладочной колонны.

При выборе типа землеройных машин, например экскаваторов, необходимо в первую очередь установить техническую возможность использования их в данных условиях строительства, а затем уже выбирать те из них, которые обеспечивают разработку траншеи или отсыпку насыпи необходимых параметров с наибольшим производственным эффектом.

При назначении типа машины устанавливают также наиболее рациональный вид сменного рабочего оборудования, обеспечивающий максимальную производительность в данных условиях.

При организации землеройных работ на выбор и комплектование машин оказывают влияние продолжительность работы машины на одном объекте и число смен работы машин в течение суток.

В процессе строительства необходимо определять

Таблица 8

Техническая характеристика многоковшовых роторных экскаваторов

Показатели	ЭР-7П	ЭР-7АМ	ЭР-7Е	ЭР-7Т	ЭР-231	ЭТР-253
Скорость рабочего хода, м/ч	14—112	31—240	49—310	23—140	38—224	280
Удельное давление на грунт, кгс/см²	0,5	0,5	0,5	0,55	0,65	0,75—0,8
Габаритные размеры, м:						
длина	11,0	10,3	10,3	11,4	12,8	12,9
ширина	3,22	3,22	3,22	3,22	3,2	3,7
высота	3,8	3,8	3,8	4,8	4,4	4,8
Вместимость ковша, л	60	90	130	190	160	250
Число ковшей	16	14	14	14	14	14
Максимальная техническая производительность, м³/ч	450	500	500	500	800	900—1200
Максимальная глубина отрываемой траншеи, м	С откосами 1:0,3			С откосами 1:0,46		
	2,2	2,0	1,8	2,2	2,3	2,5
Ширина отрываемой траншеи, м:						
по дну	0,85—1,1	0,9—1,2	1,1—1,4	1,7	1,8	2,1 и 1,8
по верху	—	—	—	—	2,5	3,2 и 2,8
Масса экскаватора, т	25,0	24,45	25,8	31,2	35,5	59,5
Рытье траншей для труб диаметром, мм	До 530	720—820	1020	До 1220	1220	1220—1420

объемы земляных работ, которые слагаются из объемов по планировке полосы отвода, разработке траншей и их засыпке.

Комплекты машин и механизмов, а также составы рабочих бригад для производства землеройных работ в горных условиях приведены в табл. 9, 10.

В табл. 11 приведены результаты расчета годовой производительности механизированной колонны с учетом годового баланса времени землеройных машин для горных условий.

При расчетах учитывалось, что землеройная колонна обеспечивает не только сменный шаг, но и годовую производительность изоляционно-укладочной колонны. Кроме того, учтены затраты труда машинистов бульдо-

Таблица 9

Комплект машин и оборудования для рытья траншей в горных условиях и скальных грунтах

Механизмы и оборудование	Число машин при диаметре трубопровода, мм					Назначение
	530	720	1020	1220	1420	
	и темпе работ, км в смену					
	1,0	0,75		0,5		
Роторные экскаваторы:						
ЭТР-161	1	—	—	—	—	Рытье траншей в мягких грунтах с продольными уклонами до 15°
ЭР-7АМ	—	1	—	—	—	
ЭР-7Е	—	—	1	—	—	
ЭТР-231	—	—	—	1	—	
ЭТР-253	—	—	—	—	1	
Одноковшовые экскаваторы:						
Э-652Б	6	8	9	8	9	Рытье траншей в скальных разрыхленных грунтах
Самосвал КрАЗ-256Б	5	5	5	5	5	Подвозка мягкого грунта на расстояние до 10 км
Бульдозеры:						
Д-687	6	6	6	8	10	Засыпка мягкого грунта на дно траншеи и сверх трубопровода
Д-493А, Д-686	5	4	4	4	4	
Тракторы Т-100М, Т-130С	1	1	1	2	2	Транспортные работы
Малогабаритный бульдозер Д-347	1	1	1	1	1	Разравнивание мягкого грунта на дне траншей
Машины для бурения:						
БМ-276	4	4	4	4	4	Буровые работы
БТС-60	2	2	2	2	2	
БТС-105	2	2	2	2	2	
Мотобур для шпуров	12	12	12	12	12	Для буровзрывных работ
Отбойный молоток ОМ-5А	10	10	10	10	10	
Передвижной взрывной пункт ПВМ или СВМ	1	1	1	1	1	

Таблица 10

Состав бригады, обслуживающей комплект машин и оборудования по рытью и засыпке траншей в горных условиях и скальных грунтах

Профессия	Разряд, класс	Число работающих при диаметре трубопровода, мм				
		530	720	1020	1220	1420
		Темп работ, км в смену				
		1,0	0,75		0,5	
Машинист роторного экскаватора	6	1	1	1	1	1
Помощник машиниста роторного экскаватора	5	1	1	1	1	1
Машинист одноковшового экскаватора	6	6	8	9	8	8
Помощник одноковшового экскаватора	5	6	8	9	8	9
Шофер	2 кл.	5	5	5	5	5
»	2 кл.	8	8	9	13	13
Бульдозерист	6	12	11	11	13	15
Тракторист	5	2	2	2	3	1
Машинист компрессора	6	1	1	1	1	1
Машинист буровой машины	6	6	6	6	6	6
Помощник машиниста	5	6	6	6	6	6
Взрывник	5	4	3	3	2	2
Помощник взрывника	4	8	6	6	4	4

Таблица 11

Годовая производительность механизированной колонны

Диаметр трубопровода, мм	Производительность, км	
	землеройных	изоляционно-укладочных
529	88	96
720	78	82
1020	56	57
1220	56	51
1420	39	44

зеров при засыпке траншей и планировке строительной полосы. Для горных районов и участков трудоемкость работ определена без учета устройства полок.

Как видно из табл. 11, в горных районах производительность землеройных колонн принятого состава в некоторых случаях несколько меньше (до 10%) годовой выработки изоляционно-укладочных колонн. В этих случаях для обеспечения необходимого фронта работ изоляционно-укладочных колонн привлекаются резервные землеройные машины.

На основе фактических данных треста «Союзпроводмеханизация» определены затраты труда рабочих, занятых на земляных и буровзрывных (в том числе и связанных с расчисткой трассы) работах (табл. 12).

Таблица 12

Суммарные затраты труда на земляные и буровзрывные работы на 1 км траншеи

Диаметр трубопровода, мм	Районы	
	средняя полоса	горные
529	204	430
720	246	557
1020	338	802
1220	522	1055
1420 (1-й вариант)	607	1198
1420 (2-й вариант)	1089	1552

Проведенные исследования показывают, что трудоемкость земляных работ с увеличением диаметра трубопровода от 529 до 1420 мм в идентичных природно-климатических районах увеличивается в 3—5 раз. Затраты труда на земляные работы в горных районах выше, чем в средней полосе, в 1,5—2 раза.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

В процессе производства земляных работ необходимо организовать технический контроль за их качеством, который заключается в систематическом наблюдении за работой с проверкой соответствия выполняемых работ проектной документации, а также освидетельствовании скрытых работ с определением объемов.

В процессе работ постоянно контролируются отметки планируемой полосы, дна траншей и гребней насыпей, размеры и крутизна откосов.

Контроль за качеством земляных работ ведут: строительная организация, представители технического надзора заказчика и лица, инспектирующие строительство.

Приемка земляных работ по устройству траншей состоит в проверке соответствия проекту их расположения, размеров, отметок, уклонов.

Приемка земляных работ оформляется актом, который должен содержать:

перечень технической документации, на основании которой были произведены работы;

данные о проверке правильности выполнения земляных работ и о проверке несущей способности оснований;

данные о топографических, гидрогеологических и грунтовых условиях, в том числе об уровне грунтовых вод, о наличии карстовых и оползневых явлений и т. д.

ГЛАВА 4
БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОЛОК И ТРАНШЕЙ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Как уже отмечалось, при строительстве магистральных трубопроводов в горных условиях в зависимости от условий и схемы их прокладки применяются различные земляные сооружения: траншеи, полувыемки-полунасыпи, полки и выемки. Большинство перечисленных сооружений ввиду значительной их протяженности являются линейными. Каждое сооружение имеет свое назначение и свои характерные конструктивные составные элементы.

В скальных породах, требующих предварительного рыхления, строительство земляных сооружений осуществляется при помощи буровзрывных работ. Основной объем взрывных работ осуществляется при: разделке валунов и пней, строительстве полок и выемок, проходке траншей. Параметры траншей зависят от диаметра

трубопровода. Ширина траншеи по дну при прокладке магистральных трубопроводов диаметром 700 мм и более устанавливается равной 1,5 диаметра условного прохода трубы, а для трубопроводов диаметром менее 700 мм — равной диаметру плюс 300 мм. Глубина траншеи в скальных грунтах равна диаметру трубопровода плюс 500 мм.

В зависимости от вида и назначения взрывных работ на строительстве магистральных трубопроводов в горных условиях применяются шпуровые, скважинные, сосредоточенные котловые, наружные (накладные) и комбинированные заряды. Наиболее широкое применение получили скважинный, шпуровой и котловые заряды.

При выполнении буровзрывных работ необходимо достигнуть нужного дробления горной породы, чтобы куски разрыхленного грунта не превышали $^2/_3$ размера ковша экскаватора, предназначенного для его разработки. Разрыхленный скальный грунт разрабатывают, как правило, одноковшовым экскаватором с обратной лопатой с ковшом вместимостью 0,5—0,65 м^3. После взрыва должны обеспечиваться требуемые по проекту ширина и глубина траншеи, а также угол откоса полки, а кроме того, не должно оставаться перемычек и недоборов между взорванными шпурами на дне и откосах траншеи. При строительстве полок объем взрывных работ зависит от крутизны откосов и ширины полки, которая определяется шириной строительной полосы.

БУРЕНИЕ ШПУРОВ И СКВАЖИН ПРИ ВЕДЕНИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Буровое оборудование для буровзрывных работ выбирается исходя из конкретных условий строительства трубопроводов, физико-механических свойств пород, наличия энергетических ресурсов, параметров взрыва (массы заряда, глубины шпура или скважины и др.), метода ведения взрывных работ.

При сооружении траншей в скальных грунтах на рыхление для бурения шпуров используют в основном ручные перфораторы. Слабые породы бурят легкими перфораторами массой до 18 кг типа ПР-13Л и ПР-18Л.

Для бурения шпуров глубиной до 2,5 м в породах средней и высокой крепости применяют ручные перфораторы средней массы (до 25 кг) марок ПР-20, ПР-23,

ПР-24ЛБ, ПР-22. Кроме того, в скальных породах используют пневматические бурильные молотки ПРО-30Л, ПР-30ЛБ и ПР-30К. Шпуры глубиной более 2,5 м в средних и крепких породах бурят с использованием тяжелых колонковых перфораторов, наибольшее распространение из которых получил перфоратор марки КМЦ-4.

Таблица 13

Техническая характеристика перфораторов

Марка	Масса, кг	Длина, мм	Диаметр поршня, мм	Ход поршня, мм	Число ударов поршня в минуту	Работа удара, кгс·м	Крутящий момент, кгс·см	Диаметр коронки, мм	Максимальная глубина бурения, м	Расход воздуха, м³/мин
Ручные										
ПР-13Л	13,7	540	60	—	1950	2,5	60	36—38	4	1,7
ПР-18Л	18	570	70	—	2400	4,0	100	36—46	4	2,5
ПР-20	20	580	76	45	2500	3,5	140	46	3	3,2
ПР-23	24	575	100	36	3200	5,0	210	46	5	4,2
ПР-24ЛБ	24	670	85	35	2600	5,0	200	36—56	4	3,5
ПР-22	24,5	635	72	55	1850	5,5	150	46	3	2,8
ПР-30ЛБ	30	687	70	54	1700	5,8	135	36—56	4	2,8
ПРО-30Л	30	650	70	54	—	5,5	—	36—56	3	3,5
Колонковые										
КЦМ-4	40	760	76	60	1750	6,7	200	46	15	4,2
КО-50	50	720	90	75	1570	9,0	235	65—85	12	4,5

В табл. 13 приведена техническая характеристика отечественных перфораторов.

В последнее время в трубопроводном строительстве буровые работы все чаще выполняют специальными самоходными буровыми машинами (БМ-1, БТС-60, БМ-276, ШПА-2, БТС-2, УБШ-2 и др.), которые позволили резко повысить темпы строительства трубопроводов в горных условиях (табл. 14).

Буровая машина БМ-276 предназначена для бурения вертикальных шпуров в скальных породах V—VIII категорий буримости.

Самоходная машина комбинированного бурения ШПА-2 предназначена для бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин.

Таблица 14

Техническая характеристика самоходных буровых машин, рекомендуемых для строительства трубопроводов

Буровая машина	База	Установочная мощность привода, л. с.	Глубина бурения наибольшая, м	Диаметр скважин, мм	Число рабочих органов	Осевая подача		Привод вращения рабочего органа	Частота вращения рабочего органа, об/мин	Масса машины, кг	Сменная производительность буровой машины, м
						привод подачи	наибольшее усилие, кгс				
БТС-60	Трактор ДТ-54А	54	2,0	60	2	Под собственной массой	300	Электрический	250—500	8270	200—300
БТС-60 МУ-Г	Трактор Т-74	75	1,6	60	2	То же	300	То же	250—500	7987	До 270
ШПА-2	Трактор ДТ-75М	90	До 4; 35*	80; 100; 105*	2	Гидравлический	1400; 700*	Механический	250—500; 41*	8950	400—500
БТС-2	Трактор Т-100М	108	25	150; 250; 350; 145; 195; 220**	1	То же	9000	То же	60—120; 44 (обратный ход)	17 600	До 300
БМ-276	Трактор Т-100М	108	2,0; 2,5**	65; 76	2	»	600; 4000	»	81; 174 57 (обратный ход)	19 000	До 120**

* При бурении пневмоударником.
** При бурении шарошками.

Таблица 15

Техническая характеристика ручных термобуров

Термобур	Диаметр шпура скважины, мм	Глубина бурения, м	Скорость бурения, м/ч	Параметры газовой струи на срезе сопла		Параметры воздуха		Расход горючего, л/мин	Размеры бура, мм		Масса без шлангов, кг
				температура, К	скорость, м/с	расход, м³/ч	давление подачи, кгс/см²		диаметр	длина	
РТБ-В1	75—85	1,5	10—18	700—900	850—950	3,5—4,0	5—6	0,1—0,18	54	1800	9
РТБ-В2	75—85	1,5	10—60	700—900	850—950	3,5—4,5	5—6	0,1—0,18	54	1800	9
РТБ-В5М	50—70	2,0	15—60	800—1500	900—1200	3—4	5—4	0,12—0,15	38	1500	7
РТБ-В3	40—45	1,6	10—60	700—1500	850—1250	3—3,5	5—6	0,08—0,1	35	2000	5,5

Ивановский механический завод Минэнерго СССР разработал самоходную буровую машину БТС-2, которая применяется для бурения скважин диаметром до 350 мм, что позволяет размещать котловые и скважинные заряды для взрывания на выброс и сброс при строительстве полок. Отличительной особенностью машины является возможность комбинированного бурения режущими буровыми головками или шарошечными долотами. При бурении шарошечными долотами буровую мелочь удаляют из скважины сжатым воздухом.

Для бурения крепких пород, встречающихся при строительстве магистральных трубопроводов в горных условиях, перспективным способом бурения шпуров и скважин следует считать огневое бурение. Буровым инструментом установки огневого бурения является термобур, который работает на основе термодинамического воздействия газовой струи на забой. Термическое разрушение происходит в результате возникновения на поверхности нагреваемой горной породы высоких температурных напряжений вследствие малого коэффициента теплопроводности пород.

Установку огневого бурения применяют для бурения шпуров и скважин диаметром 50—150 мм на глубину до 2 м. Техническая характеристика ручных термобуров приведена в табл. 15.

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СРЕДСТВА ВЗРЫВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

При строительстве магистральных трубопроводов специфические условия ведения взрывных работ определяют требования, которым должны отвечать применяемые в этих условиях взрывчатые вещества (ВВ). Сооружение траншей в скальных породах и полок в горных условиях обычно ведется в породах различной крепости, где землеройная техника обеспечивает необходимый ритм работы после предварительного рыхления горной массы энергией взрыва.

При строительстве полок в скальных породах в основном применяется метод скважинных зарядов. Это дает возможность использовать ВВ с критическим диаметром зарядов более 100 мм, т. е. с пониженной детонационной способностью в зарядах малого диаметра. Это могут быть грубодисперсные гранулированные ВВ,

которые обеспечивают более равномерное дробление породы при больших диаметрах зарядов.

Взрывные работы на дневной поверхности не предъявляют к ВВ жестких требований в части значения кислородного баланса и количества ядовитых газов, выделяемых при взрыве ВВ, благодаря чему возможно использование рецептур, имеющих кислородный баланс, отличный от нулевого.

При сильно трещиноватых породах и больших значениях линии наименьшего сопротивления и диаметров зарядов рекомендуется, чтобы основная масса ВВ имела относительно невысокую теплоту взрыва в пределах 1000 ккал/кг. Такие ВВ могут обеспечить хорошее дробление породы при относительно невысокой стоимости ВВ.

Для рыхления горных пород при строительстве траншей, где в основном применяется шпуровой метод, ВВ должны выбираться с такими характеристиками, чтобы обеспечить равномерное дробление горной массы при минимальном ее разбросе.

При строительстве трубопроводов применяется широкий ассортимент промышленных взрывчатых веществ: аммиачно-селитренные ВВ, нитросоединения и их сплавы, пороха, водонаполненные ВВ. Наибольшее применение получили аммониты, зерногранулиты, игданит, гранулиты.

Аммониты — порошкообразные смеси аммиачной селитры (79—85%) с тротилом (5—21%) и твердыми органическими горючими добавками (древесной муки, торфа, хлопкового жмыха и т. д.) или без них. В состав скальных аммонитов входят гексоген и алюминиевая пудра.

Аммониты выпускают в виде патронов. Аммониты — химически стойкие ВВ. Все аммониты гигроскопичны, как и аммиачная селитра, входящая в их состав. Чаще всего применяются аммониты № 6 и 7.

Зерногранулит — двухкомпонентные ВВ гранулированного или чешуированного тротила и гранулированной селитры. В марке зерногранулита числитель дроби обозначает процент содержания селитры, знаменатель — процент содержания тротила. Отличительные особенности зерногранулитов — хорошая сыпучесть, пониженная чувствительность к механическим воздействиям, малая слеживаемость и незначительное пыление при

заряжании. Эти свойства облегчают механизированное заряжание скважин. Зерногранулиты применяют для взрывания скважин при строительстве полок.

Игданиты представляют собой смесь 94,5—95,5% гранулированной или чешуированной аммиачной селитры с 4,5—5,5% солярового масла. Игданиты применяют для заряжания сухих скважин. Их готовят на месте взрывных работ. Важным достоинством игданитов является его более низкая стоимость по сравнению с ВВ заводского изготовления.

Гранулиты могут применяться для заряжания сухих скважин при ведении подготовительных работ на трассе (строительство полок). Изготовляются они в заводских условиях путем пропитки подсушенных гранул аммиачной селитры минеральным маслом и последующего опудривания гранул алюминиевой пудрой.

В табл. 16 дана характеристика ВВ, рекомендуемых для строительства магистральных трубопроводов в горных условиях.

Тип ВВ выбирают в зависимости от крепости пород, их обводненности, метода и условий ведения взрывных работ.

В основном для сооружения траншей применяются патронированные ВВ типа аммонит № 6 ЖВ и аммонит № 7 ЖВ. Для заряжания скважин при строительстве полок рекомендуется использовать дешевые гранулированные ВВ (гранулит АС-4, АС-8, С-2, зерногранулит, игданит и др.). Для взрывания валунов целесообразно использовать ВВ с небольшим критическим диаметром, порошкообразной или пластичной структуры.

При строительстве магистральных трубопроводов применяются различные инициирующие средства, которые используются для огневого, электрического, электроогневого способов взрывания. Это капсюли-детонаторы, зажигательные патроны, электрозажигатели, огнепроводный шнур, электродетонаторы, детонирующий шнур, шашки-детонаторы.

Для взрывания наклонных и шпуровых зарядов при подготовке строительной полосы (разделка валунов и пней, рыхление породы) при огневом способе взрывания применяют капсюли-детонаторы.

При электрическом взрывании зарядов применяют электродетонаторы мгновенного, замедленного и коротокозамедленного действия.

Таблица 16

Характеристика ВВ, применяемых при строительстве магистральных трубопроводов

Взрывчатые вещества	Теплота взрыва, ккал/кг	Плотность заряжания, г/см³	Работоспособность, см³	Бризантность, мм	Скорость детонации, км/с
Зерногранулиты:					
79/21	1030	0,9—1,0 (1,0—1,1)	360—370	20—25	3,0—3,6
30/70	870	1,1	330—340	24—27	5,5—6,0
50/50-В	880	0,93—0,95 (сухой) 1,36—1,37 (водонаполненный)	340—350	23—25 (сухой) 28—30 (водонаполненный)	3,6—4,2 (сухой) 5,2—5,6 (водонаполненный)
30/70-В	911	0,95—0,97 (сухой) 1,33—1,38 (водонаполненный)	316—330	24—27 (сухой) 32—34 (водонаполненный)	4,0—4,2 (сухой) 5,6—5,7 (водонаполненный)
Игданит	900—920	0,8—0,9 (1,1—1,2)	320—330	15—20	2,2—2,7
Гранулиты:					
АС-8	1242	0,87—0,92 (1,0—1,1)	410—430	24—28	3,0—3,6
АС-4	1080	0,8—0,85	390—410	22—26	2,6—3,2
С-2	917	0,8—0,85 (1,0—1,1)	320—330	15—22	2,4—3,2
Аммониты:					
№ 6 ЖВ	1030	1,0—1,2	360—380	14—16	3,6—4,8
№ 7 ЖВ	995	0,95—1,1	350—370	13—16	3,5—4,0

К числу электродетонаторов с замедленным действием относятся такие, которые взрываются через строго определенный промежуток времени после пропускания электрического тока через мостик накаливания. Замедление достигается с помощью столбика замедляющего состава, размещаемого между электровоспламенителем и ВВ.

В зависимости от времени замедления различают: электродетонаторы короткозамедленного действия

(ЭД-КЗ) с замедлениями 25, 50, 75, 100, 150, 250 мс, электродетонаторы замедленного действия (ЭД-ЗД) с замедлениями 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10 с, отличающиеся только рецептурой зажигательного и замедляющегося состава.

Для зажигания скважинных зарядов при строительстве полок в скальных грунтах применяется способ взрывания зарядов при помощи детонирующего шнура. В этих условиях используются детонирующие шнуры марок ДША, ДШБ, ДШВ, ДШЭ (табл. 17).

Таблица 17

Характеристика ДШ, применяемых для строительства трубопроводов

Марка шнура	Диаметр шнура, мм	Масса ВВ в 1 м шнура, г	Скорость детонации, м/с	Материал оплетки
ДША	4,8—5,8	12	6500	Одна-две оплетки—нить
ДШБ	4,8—5,8	12,5	6500	То же
ДШВ	5,5—6,1	13	6500	То же, но третья оболочка из пластика
ДШЭ	4,8	12	6500	Одна оболочка (пластик)

Оболочка ДШ представляет собой тройную нитяную оплетку, покрытую водонепроницаемой мастикой (ДША, ДШБ) или пластилином (ДШВ). Мощность ДШ определяется массой заряда на 1 м шнура, которая для обычных шнуров составляет 12—13 г. Скорость детонации ДШ — 6500 м/с. Длина шнура в бухте 50 м.

Для короткозамедленного взрывания зарядов ВВ детонирующим шнуром применяют специальные пиротехнические замедлители типа КЗДШ, представляющие собой устройство, состоящее из инициаторов взрыва, отрезков ДШ для подсоединения к основному шнуру и замедлителя, размещенных в одном корпусе.

Наряду с применением патронированных ВВ при строительстве полок в большом объеме применяются рассыпные гранулированные и водонаполненные ВВ. Для инициирования ВВ указанных типов (кроме аммонитов) применяются промежуточные детонаторы — шашки-детонаторы. Характеристики шашек, рекомендуе-

мых в качестве промежуточных детонаторов для зарядов гранулированных и водонаполненных ВВ, приведены в табл. 18.

Таблица 18

Характеристика шашек-детонаторов

Марка шашки	Тип ВВ	Масса шашки, г	Скорость детонации, км/с	Номинальные размеры шашки, мм			Диаметр отверстия, мм
				диаметр (ширина)	длина	высота	
Т-400	Тротил	400	6,4—7,0	70	70	—	14,5
Ш-200	»	200	6,2—6,8	51	101	26	7,7—8,2
Ш-400	»	400	6,2—6,8	51	101	51	7,8—8,2
ТГ-500	Тротил—гексоген	500	7,2—7,8	70	83	—	14,5
Тет-150	Тетрил	150	7,0—7,5	50	50	—	6,0—6,1

В качестве источников электрического тока для взрывных работ используются: взрывные машины, осветительные и силовые линии электрических установок, передвижные электрические станции. Наиболее эффективным источником тока являются взрывные машины.

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОЛОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

При расчистке полосы строительства и ее подготовке в горных условиях выполняются следующие основные работы: расчистка полосы от леса с корчевкой пней и удаление с нее лесопорубочных остатков; удаление валунов; устройство временных дорог. Валка леса ведется по всей полосе отвода трассы, а корчевка пней — на полосе шириной, обеспечивающей нормальную работу землеройных и трубоукладочных машин.

Крупные пни диаметром более 35 см, а также пни любых размеров в твердых грунтах, когда корчевка их машинами по условиям строительства невозможна, удаляются взрывным способом.

При корчевке пней заряды ВВ размещают либо под пнем в выбуриваемом шпуре — подкопе, либо в шпуре, высверливаемом в самой древесине. Первый способ при-

меняется при стелящейся корневой системе, второй — при наличии центрального корня.

Способ «подкопом» заключается в том, что под пнем выбуривается буром или пробивается ломом шпур диаметром 6—8 см с таким расчетом, чтобы заряд, занимающий не более 1/3 шпура, расположился под центром пня на глубине 1,0—1,5 диаметра пня.

Взрыв заряда, расположенного в подкопе, перебивает часть корней, раскалывает пень и выбрасывает его из грунта.

Масса заряда рассчитывается в зависимости от породы дерева и диаметра пня, измеренного по корневой шейке на высоте 10 см от начала разветвлений корней.

Практические данные о расходе ВВ (аммонита № 6 ЖВ) приведены в табл. 19.

Таблица 19

Расход аммонита № 6 ЖВ в граммах на 1 см диаметра пня

Диаметр пня, см	Рубка давняя, грунт			Рубка свежая, грунт		
	щебенистый с галькой	рыхлый глинистый	торф	щебенистый с галькой	рыхлый глинистый	торф
Мягкие породы дерева						
20—25	16	18	10	12	14	8
30—45	18	20	12	14	16	10
40—45	20	22	14	16	18	12
50—55	22	24	16	18	20	14
60—65	24	26	18	20	22	16
70—75	26	28	20	22	24	18
Твердые породы дерева						
20—25	18	22	12	14	16	10
30—35	20	24	14	16	18	12
40—45	22	26	16	18	20	14
50—55	24	28	18	20	22	16
60—65	26	30	20	22	24	18
70—75	28	32	22	24	26	20

При помещении заряда в шпур, просверленный непосредственно в древесине пня, первоначальный ориентировочный заряд аммонита определяется из расчета 7,5 г/см диаметра пня. Шпуры высверливают по оси пня вертикально или наклонно к оси. В обоих случаях

конец шпура должен находиться на оси пня. При мощном и длинном корне заряд располагают на глубине, равной двум диаметрам пня, считая от уровня поверхности грунта.

Для пней больших диаметров рекомендуется бурить скважины диаметром 100—150 мм, для средних пней — 80—100 мм, а для менее толстых пней не более 50 мм.

При взрывной корчевке следует строго придерживаться определенной величины заряда в зависимости от глубины подкопа, диаметра и породы пня, давности рубки дерева, взрывной силы взрывчатого вещества и т. д.

При корчевке пней взрывным способом достигается большая скорость выполнения работ, во много раз превышающая скорость ручной корчевки, в особенности в зимнее время.

При корчевке пней буровые работы должны опережать взрывание с таким расчетом, чтобы бурильщики в момент взрывания могли находиться за границами опасной зоны (во всех случаях) на расстоянии не менее 200 м.

В процессе ведения подготовительных работ на трассе при расчистке строительной полосы все крупные камни и валуны убирают с полосы строительства. В зависимости от условий залегания и размеров камней и валунов применяют бульдозеры или корчеватели; крупные камни и валуны дробятся взрывом.

Валуны можно дробить накладными, шпуровыми и углубленными зарядами.

При дроблении методом наружных зарядов на валуне помещают заряд ВВ *3* с зажигательной трубкой *1*, прикрывают со всех сторон мелкой забойкой *2* и производят взрывание (рис. 22, *а*).

В качестве забойки используют растительный грунт, мелко раздробленную породу. Хорошие результаты дробления дает применение водяной забойки. Для этой цели в полиэтиленовый мешок из-под ВВ наливают 8—10 л воды и прикрывают им сверху заряд. Можно также патронированные ВВ помещать в полиэтиленовые мешочки с водой и затем укладывать на валуны.

При размещении нескольких наружных зарядов на одном куске камня или на нескольких находящихся рядом кусках заряды необходимо размещать таким образом, чтобы взрыв одного из них не разбросал сосед-

них зарядов. Если это невозможно, взрывание должно проводиться только одновременно с помощью детонирующего шнура или электродетонаторов мгновенного действия.

Расход ВВ на 1 м³ камня при дроблении крупных валунов наружными зарядами зависит от крепости породы, а также от размеров обломков после взрыва (табл. 20).

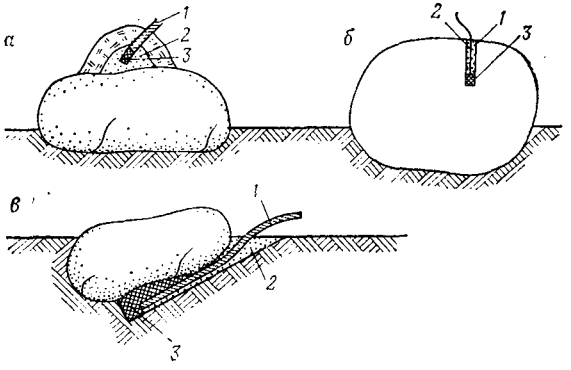


Рис. 22. Схемы расположения зарядов при взрывании валунов

Таблица 20

Удельный расход ВВ при дроблении валунов наружными зарядами

Категория крепости породы	Расход ВВ (в кг) на 1 м³ породы при средней длине ребра куска после взрыва, м	
	0,5—0,6	0,7
V—VII	1,3—1,1	0,8
VIII—X	1,5—1,3	1,0
XI—XIII	1,8—1,6	1,2
XIV—XVI	2,2—1,8	1,5

При взрывании валунов шпуровым методом (рис. 22, *б*) на 0,3—0,5 толщины куска бурится шпур, в который закладывается заряд ВВ *3* (обычно на $^1/_4$—$^1/_3$ глубины), вставляется зажигательная трубка *1* и делается забойка *2* из мелкой породы или воды до

устья шпура. Взрывание производится огневым и электрическим способами или с помощью детонирующего шнура. Аналогично производится и взрывание с бурением шпуров под валунами (рис. 22, *в*).

Заряд для взрывания валунов определяется в зависимости от объема и крепости породы. При этом обычно пользуются формулой

$$Q = q_{\text{н}} V, \qquad (1)$$

где $q_{\text{н}}$ — удельный расход ВВ в кг/м³ (принимается по табл. 21); V — объем валуна в м³.

Таблица 21

Удельный расход ВВ при дроблении валунов шпуровыми зарядами

Категория крепости породы	Расход ВВ (в кг) на 1 м³ породы при средней длине ребра куска после взрыва, м	
	0,5	0,7
V—VIII	0,38	0,20
IX—X	0,50	0,27
XI—XIII	0,58	0,29
XIV—XVI	0,65	0,32

Особым способом является дробление валунов и камней взрывом накладных кумулятивных зарядов, которое в определенных условиях имеет преимущества по сравнению со взрывом обычных поверхностных накладных зарядов. Кумулятивные выемки различных размеров и форм устраивают в нижней торцевой части обычного сплошного или литого заряда (рис. 23).

Кумулятивный заряд представляет собой порошкообразное ВВ, помещенное в специальный патрон с кумулятивной выемкой, или сплошной прессованный заряд тротила. Торцевая часть заряда имеет углубление для детонатора зажигательной трубки, электродетонатора или отрезка детонирующего шнура.

В практике взрывных работ по дроблению валунов поверхностного залегания чаще применяют кумулятивные заряды конической формы массой 150, 250, 350 г.

При применении кумулятивных зарядов производительность труда при дроблении валунов увеличивается в 2—3 раза, а расход ВВ по сравнению с обычными на-

кладными зарядами снижается в 1,5—2 раза. Радиус разлета кусков после взрыва валунов кумулятивными накладными зарядами меньше, чем при дроблении валунов взрывом шпуровых или обычных накладных зарядов, при котором минимальный радиус опасной зоны составляет не менее 400 м.

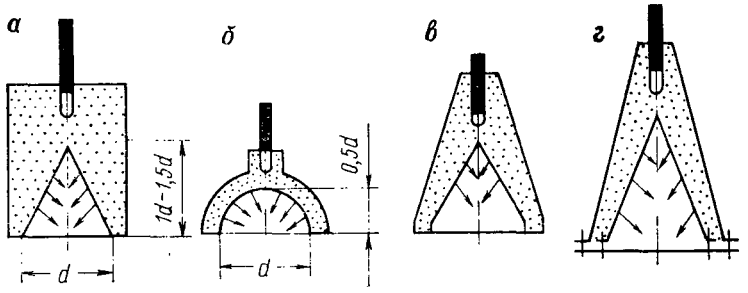


Рис. 23. Кумулятивные накладные заряды:
а — цилиндрический; *б* — сферический (полушаровой); *в* — конический с высотой колпачка, равной диаметру его основания; *г* — конический с высотой колпачка, равной полутора диаметрам его основания

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ПОЛОК

Трассы магистральных трубопроводов в горных районах имеют различное направление. При этом участки трассы могут иметь поперечную и продольную косогорность местности.

Для обеспечения устойчивости работающих машин и выполнения всех строительных работ при сооружении трубопроводов на таких участках устраиваются полки. Конструкция и параметры их определяются в зависимости от диаметра труб, размеров траншеи и отвалов грунта, типа применяемых машин и методов производства работ.

Уклон откоса полувыемки полки принимается:

в выветривающихся скальных грунтах	1:0,1
в скальных породах, подверженных осыпанию . . .	от 1:0,5 до 1:0,2
в мергелистых и щебенистых грунтах	от 1:1 до 1:0,5

С целью уменьшения трудоемкости работ по строительству полок и сокращения объемов врезок полки в горных районах наиболее часто устраиваются в полунасыпи-полувыемке.

В большом объеме взрывные работы применяются при строительстве полок в грунтах (скальных породах)

свыше VI категории крепости по шкале Единых норм и расценок.

Взрывные работы ведутся согласно разработанному и утвержденному паспорту. При разработке проектов взрывных работ следует предъявлять повышенные требования к топографической основе. Необходимо иметь поперечные разрезы по всем характерным точкам рельефа на полке.

После того как ось полки будет разбита на местности, нужно обследовать район взрывных работ. При рекогносцировке целесообразно на планах обозначить объекты, которые могли оказаться в опасной зоне, особенно расположенные внизу по склону.

Перед проведением буровых работ на склонах так же, как на равнинной местности, рекомендуется выполнить вскрышные работы. На спусках большой протяженности и имеющих пологую поперечную косогорность снятие вскрышного слоя осуществляется преимущественно бульдозерами, которые разрабатывают и перемещают грунт под уклон сверху вниз.

Методы производства буровзрывных работ в этих условиях должны обеспечивать получение полок заданных размеров при сохранении устойчивости нагорных откосов и нижних бровок. Взрывание при устройстве полок в скальных грунтах осуществляется методами шпуровых, скважинных, котловых и камерных зарядов. Параметры расположения зарядов рассчитывают с учетом «Технических правил ведения взрывных работ на дневной поверхности».

Метод шпуровых и скважинных зарядов

Рыхление грунта при устройстве полок на косогорах с крутизной в пределах 10—15° выполняется шпуровыми (при глубине разрыхляемого слоя до 2,5 м) и скважинными (при глубине больше 2,5 м) зарядами. Эти методы успешно применялись при строительстве газопровода и нефтепровода в условиях Карпат, при сооружении газопровода Севан — Ереван в условиях Кавказа и других магистральных газонефтепроводов, сооружаемых трестом «Союзгазспецстрой» в горных условиях.

Шпуры и скважины в скальных грунтах бурят ручными перфораторами и самоходными установками типа УБШ-2, БМ-276, станками БТС-2 и др. В зависимости

от ширины врезки и крутизны склона заряды могут располагаться в один или два-три, а в некоторых случаях в четыре ряда. Для рыхления породы на полках заряды размещают в вертикальных, наклонных и горизонтальных шпурах и скважинах.

Параметры шпуровых зарядов рассчитывают в определенной последовательности. Определяют диаметр шпура в дм

$$d = 0{,}36 H \sqrt{\frac{q_н}{\Lambda}}, \qquad (2)$$

Таблица 22

Удельный расчетный расход аммонита № 6 ЖВ

Породы	Категория крепости породы	Категория крепости породы по шкале М. М. Протодьяконова	Удельный расход ВВ для взрывания породы $q_н$, кг/м³	
			на выброс	на рыхление
Песок	—	IX	1,5—1,7	—
Песок плотный или влажный	—	VIII	1,2—1,3	—
Суглинок тяжелый	II	VIII	1,0—1,15	0,35—0,40
Крепкие глины	III	VII	1,0—1,3	0,35—0,45
Лёсс	VIII—IV	VIIa	0,9—1,3	0,30—0,45
Мел	IV	VI	0,8—1,35	0,25—0,30
Гипс	IV—V	VI	1,0—1,3	0,35—0,40
Известняк-ракушечник	V—VI	VI	1,5—1,75	0,5—0,6
Опока, мергель	IV—V	VI	1,6—1,3	0,35—0,45
Туфы трещиноватые, плотная тяжелая пемза	V	VI	1,3—1,5	0,45—0,50
Конгломерат и брекчия на известковом цементе	V—VI	V	1,5—1,40	0,40—0,50
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель	VI—VII	V	1,15—1,40	0,40—0,50
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	VII—VIII	IV	1,3—1,7	0,45—0,60
Известняк, песчаник	VII	IV—III	1,3—2,1	0,45—0,7
Гранит, гранодиорит	VII—X	IV—I	1,5—2,15	0,5—0,7
Базальт, андезит	IX—XI	III—I	1,75—2,3	0,6—0,75
Кварцит	X	II	2,5—1,75	0,5—0,6
Порфирит	X	II—I	2,1—1,15	0,7—0,75

где H — высота взрываемого косогора в м; $q_н$ — удельный расчетный расход ВВ в кг/м³ (принимается по табл. 22); Δ — плотность заряжания в кг/дм³ (обычно $\Delta = 0{,}9$ кг/дм³).

При использовании ВВ с мощностью, отличающейся от мощности штатного ВВ, их относительная мощность учитывается при определении расчетного удельного расхода применяемых ВВ

$$q_р = q_н e, \tag{3}$$

где $q_н$ — удельный расход эталонного ВВ (аммонита № 6 ЖВ) в кг/м³; e — поправочный коэффициент, учитывающий относительную мощность ВВ:

Аммонит № 6 ЖВ	1,00
» № 7 ЖВ	1,04
Аммонал скальный № 3	0,80
» » № 1	0,81
Гранулит АС-8	0,95
» АС-4	1,00
» С-2	1,15
Зерногранулит 79/21	1,00
» 50/50-В:	
сухой	1,11
в воде	1,06
Зерногранулит 30/70:	
сухой	1,13
в воде	1,10
Игданиты	1,15

Затем по установленному диаметру шпура определяют линию наименьшего сопротивления по подошве [1]

$$W_п = d_ш \sqrt{\frac{8{,}2\,\Delta}{m q_н}}, \tag{4}$$

или

$$W_п = 0{,}87 \sqrt{\frac{P}{m q_н}}, \tag{5}$$

где $d_ш$ — диаметр шпура; P — вместимость 1 м шпура (принимается по табл. 23); $m = 0{,}9 \div 1{,}6$ — относительное расстояние между шпурами.

---

[1] Измеряемое расстояние по горизонтали от нижней бровки откоса до оси скважины.

Таблица 23

Масса ВВ в 1 м шпура (вместимость P) в зависимости от диаметра (плотность заряжания принята равной 0,9 т/м³)

Диаметр шпура (скважины), мм	Масса ВВ в 1 м шпура (скважины), кг	Диаметр шпура (скважины), мм	Масса ВВ в 1 м шпура (скважины), кг	Диаметр шпура (скважины), мм	Масса ВВ в 1 м шпура (скважины), кг
25	0,44	62	2,7	195	27
26	0,48	63	2,8	200	28
27	0,51	64	2,9	205	30
28	0,55	65	3,0	210	31
29	0,59	66	3,1	215	33
30	0,64	67	3,2	220	34
31	0,67	68	3,3	225	36
32	0,72	69	3,4	230	37
33	0,78	70	3,5	235	39
34	0,82	71	3,6	240	41
35	0,87	72	3,7	245	42
36	0,92	73	3,8	250	44
37	0,97	74	3,9	255	46
38	1,0	75	4,0	260	48
39	1,1	80	4,5	265	50
40	1,1	85	5,1	270	51
41	1,2	90	5,7	275	53
42	1,2	95	6,4	280	55
43	1,4	105	7,8	290	59
44	1,4	110	8,6	295	61
45	1,5	115	9,4	300	64
46	1,5	120	11	310	68
47	1,6	125	11	320	72
58	1,7	130	12	330	77
49	1,8	135	13	340	82
50	1,8	140	14	350	87
51	1,9	145	15	360	92
52	2,0	150	16	370	97
53	2,1	155	17	380	102
54	2,1	160	18	390	107
55	2,2	165	19	400	113
56	2,3	170	20	410	119
57	2,4	175	22	420	125
58	2,5	180	23	430	131
59	2,5	185	24	440	137
60	2,6	190	26	450	143

При применении ВВ с плотностью Δ_1, отличающейся от 0,9, необходимо пересчитать вместимость P шпура

$$P_1 = P\frac{\Delta_1}{0{,}9} \tag{6}$$

где P_1 — вместимость 1 м шпура при плотности Δ_1; P — вместимость по табл. 23.

Массу заряда определяют из выражения

$$Q = q_{\text{п}} W_{\text{п}} a H, \tag{7}$$

где $W_{\text{п}}$ — сопротивление по подошве; a — расстояние между зарядами в ряду; H — высота взрываемого косогора.

Окончательно расчетную массу заряда и наиболее эффективное расположение шпуров уточняют в результате проведения серии опытных взрывов в каждом конкретном случае.

Дальнейшая методика расчета зависит от соотношения между вычисленным сопротивлением по подошве $W_{\text{п}}$ и высотой взрываемого косогора H. Если вычисленное по формуле $W_{\text{п}} > 0{,}8\ H$, то $W_{\text{п}}$ принимают в пределах: для крепких пород $W_{\text{п}} = (0{,}4 \div 0{,}6)\ H$; для пород средней крепости $W_{\text{п}} = (0{,}6 \div 0{,}8)\ H$; для слабых пород $W_{\text{п}} = (0{,}8 \div 1{,}0)\ H$.

Далее вычисляют длину заряда

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}, \tag{8}$$

где P — вместимость 1 м шпура (по табл. 23); Q — масса заряда, определяемая по формуле (7).

Расстояние между шпурами в ряду a принимается в пределах $(0{,}8 - 1{,}5)\ W_{\text{п}}$ (рис. 24).

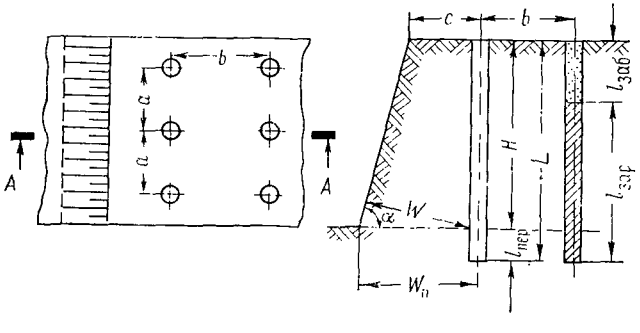


Рис. 24. Параметры шпуровых скважинных зарядов

При мгновенном взрывании $a=(0{,}8\div1{,}1)\ W_{\text{п}}$; при короткозамедленном и замедленном взрывании $a=(1{,}0\div1{,}4)\ W_{\text{п}}$; при огневом взрывании $a=(1{,}2\div1{,}5)\ W_{\text{п}}$.

Расстояние между рядами b зарядов устанавливают равным 0,85 $W_{\text{п}}$; при замедленном и короткозамедленном взрывании $b=(0{,}9\div1{,}0)\ W_{\text{п}}$.

В крепких породах для лучшей проработки нижней части уступа шпуры бурят с перебурами.

Перебур принимают в пределах $(0{,}1\div0{,}15)\ l_{\text{ш}}$, где $l_{\text{ш}}$ — глубина шпура.

Можно определить глубину перебура по имеющемуся диаметру шпура: для крепких пород $l_{\text{пер}}=10\ d$, для пород средней крепости $l_{\text{пер}}=6\ d$, для некрепких пород $l_{\text{пер}}=3\ d$. Длину забойки принимают в пределах $l_{\text{заб}}=(0{,}6\div0{,}7)\ W_{\text{п}}$.

Удельный расход ВВ определяют на основе опытных взрывов в процессе ведения работ. Ориентировочные значения удельного расхода (аммонит № 6 ЖВ) можно принимать по табл. 22. При отбойке горной массы шпурами обычно применяют огневой или электрический способы взрывания.

Наиболее распространенным способом рыхления горных пород при образовании полок в горных условиях является метод скважинных зарядов. Для взрывания применяют вертикальные и наклонные скважины диаметром 100—200 мм и глубиной до 20 м. На уступе скважины можно располагать в один ряд (однорядное взрывание), в два и более рядов (многорядное взрывание) в зависимости от ширины полки и принятой технологии работ. На пологих косогорах для каждого ряда скважин предусматривается отдельная тропа (рис. 25, *а*), а на крутых косогорах бурят веер скважин (рис. 25, *б*).

На многорядном расположении скважинных зарядов масса заряда скважины первого ряда определяется по формуле (6).

Заряд для скважин второго и последующего рядов принимается равным заряду первого ряда или увеличивается на 10—20%. Наибольший заряд, который может быть размещен в скважине, определяется из выражения

$$Q_{\max}=P\,(L-l_{\text{заб}}), \qquad (9)$$

где P — вместимость 1 м скважины (по табл. 23); $l_{\text{заб}}$ — длина забойки [обычно принимается равной

(0,5—0,6) L или 25—35 диаметрам заряда]; L — глубина скважины.

Для размещения зарядов рассчитывают $W_п$. Если известен расчетный удельный расход ВВ $q_н$ на дробление 1 м^3 породы для условий нормального рыхления сопротивления по подошве, $W_п$ может быть определена

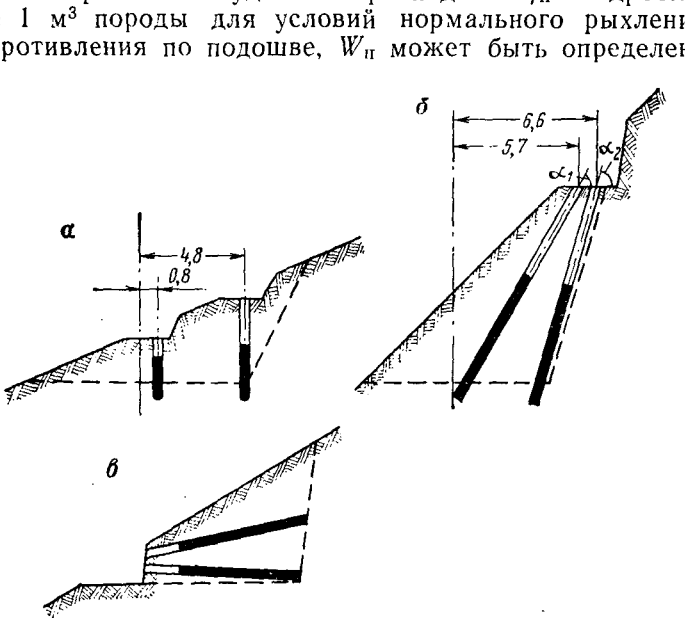


Рис. 25. Схемы расположения скважин на пологих (*а*, *в*) и крутых (*б*) косогорах

согласно «Техническим правилам ведения взрывных работ на дневной поверхности»

$$W_п = \sqrt{\frac{P}{q_н}}, \qquad (10)$$

где P — вместимость 1 м скважины (по табл. 23); $q_н$ — расчетный удельный расход ВВ (по табл. 22).

В практике взрывного дела при определении $W_п$ пользуются формулой

$$W_п = 24\, d_{скв} \sqrt{\frac{\Delta}{q_н}}, \qquad (11)$$

где $d_{скв}$ — диаметр скважины, определяемый по формуле (2).

Практически $W_п$ находятся в пределах 25—45 диаметров скважины, т. е. $W_п = (25 \div 45)\, d_{скв}$.

Для заданной высоты выемки диаметр скважины d, при котором максимально используется ее объем, определяется по формуле (2).

Скважины бурятся с перебуром, величина которого определяется по формуле

$$l_{пер} = 0{,}5\, q_п W_п. \qquad (12)$$

Расстояние между скважинами в ряду и между рядами скважин устанавливают равным $W_п$, т. е. применяется в основном квадратная сетка скважин. Число рядов принимают в соответствии с проектной шириной полки.

Для улучшения степени дробления скальных пород бурят наклонные скважины. Метод наклонных скважинных зарядов заключается во взрывании удлиненных зарядов в скважинах, пробуренных параллельно откосу косогора. Как правило, наклонные заряды применяют при углах откоса 55—75° (рис. 25, *в*).

Расчет параметров для наклонных скважинных зарядов производится так же, как и для вертикальных зарядов. При этом линию наименьшего сопротивления по подошве для наклонных скважинных зарядов определяют по формуле

$$W_п = \frac{1}{\sin\alpha} \sqrt{\frac{P}{q_п}}, \qquad (13)$$

где α — угол наклона скважины к горизонтальной плоскости.

Глубина наклонной скважины

$$l_{скв} = \frac{H}{\sin\alpha} + l_{пер}, \qquad (14)$$

где H — высота взрываемого уступа; $l_{пер}$ — глубина перебура.

Для создания полки большой ширины целесообразно применять многорядное короткозамедленное взрывание. Сущность схем многорядного взрывания заключается в создании взрывом первых зарядов дополнительной поверхности обнажения, облегчающей работу зарядов последующих взрывов. Интервал замедления между взрывами зависит от физико-механических свойств горных

пород и находится в пределах 25—50 мс. Оптимальный интервал замедления в зависимости от крепости пород может быть определен по формуле

$$t = AW_{\text{п}}, \qquad (15)$$

где A — коэффициент, зависящий от крепости и трещиноватости пород (для крепких слабо трещиноватых пород $A=3$, для слабых сильно трещиноватых пород $A=6$).

При сооружении полок при помощи многорядного короткозамедленного взрывания возможно применение различных схем (рис. 26). Наиболее эффективной сле-

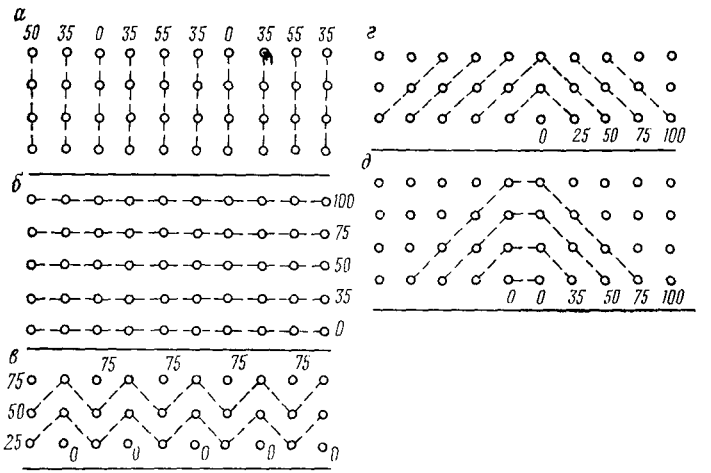


Рис. 26. Схемы короткозамедленного взрывания зарядов при строительстве полок:

а — врубовая; *б* — порядная; *в* — радиальная; *г* — треугольная; *д* — трапециевидная

дует считать треугольную, трапециевидную и радиальную схемы.

Для максимального использования выбуренного объема скважины и увеличения выхода горной массы с 1 м скважины, как правило, применяют сплошные заряды.

Заряды с воздушными промежутками. Для равномерного распределения ВВ по длине скважины приме-

няют рассредоточенные заряды. Взрывчатые вещества рассредоточивают забойкой или воздушными промежутками. Такая конструкция зарядов обеспечивает более равномерное дробление породы по всей высоте взрываемой мощности.

Длина воздушного промежутка зависит от длины колонки заряда, типа ВВ, физико-механических свойств горных пород. Рекомендуется принимать общую длину воздушных промежутков для слабых пород 0,3—0,4 длины заряда; для пород средней крепости 0,2—0,3 длины заряда и для крепких пород 0,15—0,25 длины заряда. Если при этом длина воздушного промежутка превышает 3,5—4 м, следует делать два воздушных промежутка. Масса верхней части заряда принимается равной 25—35% общей массы заряда. Инициирование зарядов, рассредоточенных забойкой или воздушными промежутками, осуществляется детонирующим шнуром, проложенным по всей длине скважины.

Так, в целях повышения степени дробления горных пород, производительности труда и сокращения сроков прокладки трубопроводов на косогорах трестом «Союзгазспецстрой» разработаны схемы расположения скважин в зависимости от углов наклона косогора, трещиноватости и крепости отбиваемой породы при сооружении полок. Эти схемы с успехом были применены при строительстве газопровода Севан — Ереван.

В начале строительства взрывами шнуровых зарядов по оси трассы создавали полку шириной 1 м для размещения станка СБМК-5 (с учетом 0,5 м предохранительной бровки), а затем бурили скважины для рыхления всего объема выемки.

Проведенные работы показали, что применение данной схемы расположения скважин является эффективным, выброс составляет около 70% при хорошем дроблении горной массы, что позволяет получить значительный технико-экономический эффект.

Контурное взрывание. Для устойчивости откосов полок и сохранности массива горных пород за пределами проектного профиля, а также получения крутых устойчивых откосов применяют контурное взрывание. Этот метод используют при мощности снимаемого слоя не более 4 м.

При взрывании в условиях одной обнаженной поверхности предварительно образуют щель. Для взрыва-

ния патроны ВВ диаметром 32 мм размещают в шпурах или скважинах диаметром 60—110 мм.

Расстояние между скважинами при контурном взрывании определяют по формуле

$$a = 22\, d_{зар}\, K_у K_з, \qquad (16)$$

где $d_{зар}$ — диаметр заряда; $K_з$ — коэффициент зажима при работе на косогоре или уступе при числе рядов скважин более трех, а также при контурной отбойке $K_з = 1$ (в этих же условиях, но при меньшем числе рядов скважин рыхления $K_з = 1{,}1$); $K_у$ — коэффициент геологических условий. При отсутствии ярко выраженной системы напластований или трещиноватости $K_у = 1{,}0$, при угле между господствующей системой трещин и щелью предварительного откола, равной 90°, $K_у = 0{,}9$, при угле 20—70° $K_у = 0{,}85$, при горизонтальном залегании, а также при совпадении геологических плоскостей со щелью $K_у = 1{,}15$. Расстояние между скважинами составляет 60—80 см.

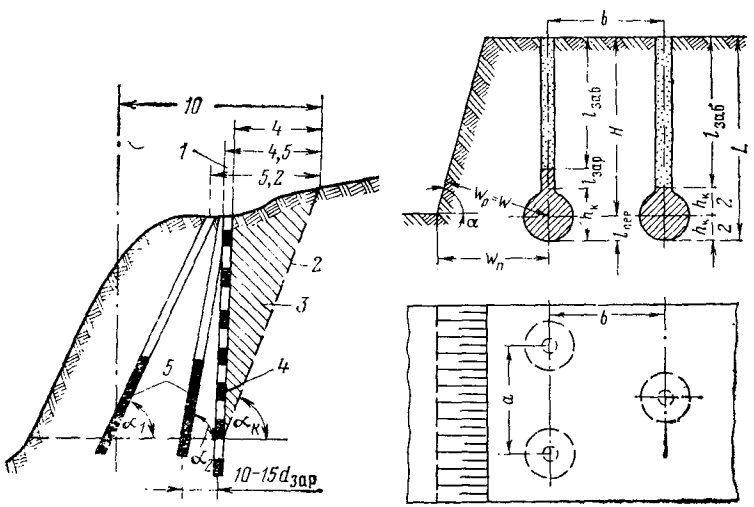


Рис. 27. Технологическая схема контурного взрывания:

1 — разбивочная ось; *2* — проектный контур отрыва при обычном взрывании; *3* — экономия объема разрабатываемой породы в результате применения контурного взрывания; *4* — контурный заряд; *5* — заряды рыхления; α_1 и α_2 — углы наклона скважинных зарядов рыхления; $\alpha_к$ — угол наклона контурных скважин

Рис. 28. Схема размещения котловых зарядов

Масса ВВ в 1 м скважины принимается в зависимости от крепости и состояния массива пород.

Расположение контурных скважин (рис. 27) должно быть выдержано в точном соответствии с проектом по глубине и особенно по направлению, чтобы обеспечить ровную поверхность массива. Поэтому буровые станки для бурения контурных скважин устанавливают с повышенной точностью. Наилучшие результаты получаются при бурении со специальных рам.

Метод котловых зарядов

Для рыхления скального грунта при строительстве полок на косогорах с крутизной в пределах 15—20° применяется метод котловых зарядов (рис. 28). Полость-котел образуется взрыванием малых зарядов, размещаемых в определенных местах шпура или скважины.

При строительстве полок в горных условиях котловые заряды применяются в тех случаях, когда сопротивление по подошве взрываемого уступа настолько велико, что заряд, помещенный в скважину, не в состоянии его преодолеть. Взрывным способом заданный объем котла получают одним или несколькими простреливаниями.

Масса основного заряда Q определяется по формуле

$$Q = q_{\text{н}} W^3, \qquad (17)$$

где $q_{\text{н}}$ — расчетный удельный расход ВВ (принимается по табл. 22); W — линия наименьшего сопротивления.

Массу прострелочного заряда $Q_{\text{пр}}$ определяют из выражения

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q}{П_{\text{пр}} \Delta}, \qquad (18)$$

где $П_{\text{пр}}$ — показатель простреливаемости (принимается по табл. 24); Δ — плотность заряжания.

Для котловых зарядов за расчетную линию наименьшего сопротивления принимают W (см. рис. 28). Величину наименьшего сопротивления по подошве принимают: для крепких пород $W_{\text{п}} = (0{,}4—0{,}6)\ H$, для пород средней крепости $W_{\text{п}} = (0{,}5—0{,}7)\ H$, для слабых пород $W_{\text{п}} = (0{,}6—0{,}9)\ H$. Расстояния между котловыми зарядами a и рядами котловых зарядов b зависят от крепости пород, требуемой степени дробления и вида

Таблица 24

Ориентировочные значения показателя простреливаемости

Горная порода	Классификация грунтов	Пределы показателя простреливаемости $П_{пр}$
Глина:		
пластичная моренная	II	900—1400
черная	III	400—600
моренная	III	220—530
желто-бурая жирная	III	220—270
темно-красная жирная	III	170—250
ломовая темно-синяя	IV	100—150
Мергель:		
красный трещиноватый	VI	100—170
мягкий сильно трещиноватый	IV	180—280
Суглинок тяжелый, глина песчанистая	IV	70—190
Мел мягкий, известняк-ракушечник	V	35—65
Мергель средней крепости, доломит мергелистый, известняк мягкий, сильно трещиноватый	V—VI	Около 20
Гипс плотный, мелкозернистый, сланцы глинистые, крепкие, гранит сильно трещиноватый, фосфориты средней крепости, силициты, известняки средней трещиноватости	VI—VIII	3—15
Гранит средней трещиноватости, кварциты плотные железистые, кварциты плотные серые, апатито-нефелиновая руда, известняк плотный, змеевики с включением асбеста, песчаник, доломит	VII—IX	2—10
Роговики, скарны, мрамор, гранитоид, кремень пластовый, известняки крепкие, гранит крупнозернистый, фосфориты крепкие, доломит крепкий	VII—XI	0,2—5

взрывания и принимаются в следующих размерах: при мгновенном взрывании $a=(0{,}9—1{,}1)\ W_п$, $b=0{,}85\ W_п$; при короткозамедленном взрывании $a=(1{,}1—1{,}4)\ W_п$, $b=W_п$.

Если за один взрыв не удается получить требуемый размер котла, применяют последовательно несколько простреливаний с постепенным увеличением заряда. Масса первого прострелочного заряда для шпуров 0,3—0,7 кг, для скважин — 5—10 кг. Центр котлового заря-

да должен находиться на уровне подошвы полки. Расположение зарядов, как правило, однорядное.

Метод камерных зарядов

При устройстве полок часто производят взрывы на выброс и сброс с помощью камерных зарядов. Сущность этого способа заключается в том, что с помощью усиленных зарядов взрываемая порода не только разрушается, но и выбрасывается за пределы разрушаемого объема массива горных пород. При этом получается профиль полки, близкий к проектному. Преимуществом сооружения полок таким способом является возможность применения его в породах любой крепости и в любых климатических условиях.

Проектирование камерных зарядов начинается с размещения их на поперечниках. Поперечные профили принято делить на три типа: с высотой образуемого при взрыве откоса над внутренней бровкой 0,75—1,25 ширины полки (рис. 29, *а*); с высотой откоса меньше 0,75 ширины полки (рис. 29, *б*); с высотой откоса больше 1,25 ширины полки (рис. 29, *в*).

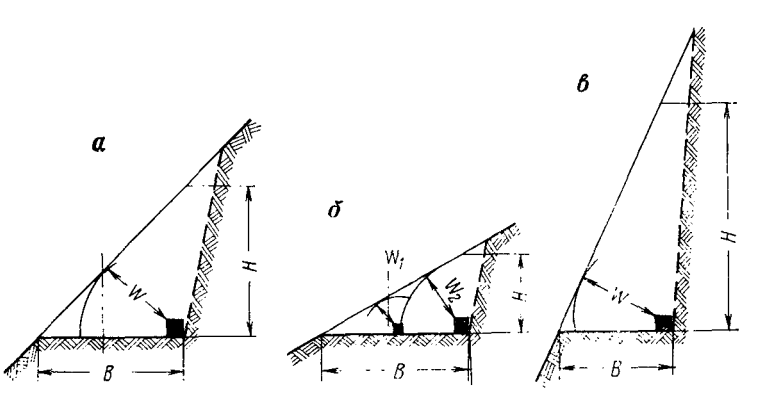


Рис. 29. Схемы размещения камерных зарядов на полках

Первый случай является наиболее простым для проектирования — он соответствует расположению зарядов в один ряд и один ярус. Поставив заряды в нижний угол откоса, определяют графически линию наименьшего сопротивления. Затем положение заряда наносят

на план. По величине W_1 определяют расстояние до следующего заряда

$$a = m W_1, \tag{19}$$

где m — относительное расстояние между зарядами. Принимается в пределах 0,8—1,4 в зависимости от крепости породы и характера напластований. Меньшие расстояния принимают в крепких породах и при напластовании, совпадающем с направлением линии наименьшего сопротивления.

По месту расположения второго заряда строят вспомогательный поперечник, по которому определяют W_2 второго заряда. Затем расстояние между зарядами корректируют по формуле

$$a = m \frac{W_1 + W_2}{2}. \tag{20}$$

Разместив таким способом все заряды на участке, привязывают их к оси трассы по ходу пикетов.

Высотные отметки зарядов при наклонных полках определяют, пользуясь продольным профилем.

Второй случай соответствует двухрядному расположению зарядов. Заряды у откоса полки располагают так же, как и в первом случае. Внешний ряд зарядов размещают аналогичным способом на расстоянии, равном линии наименьшего сопротивления внутренних зарядов. При значениях линии наименьшего сопротивления внешнего заряда менее 3 м вместо камерных зарядов предусматривают подработку полки шпуровыми зарядами.

При проектировании следует также проверить возможность и целесообразность замены камерных зарядов скважинными.

Описанный порядок расстановки зарядов применяют в случаях, когда к сохранности борта полки не предъявляются особо строгие требования. Если же такие требования имеются, то зарядные камеры нужно отодвинуть от борта на величину

$$A = 0{,}06\, W \sqrt{K\, П_{пр}}, \tag{21}$$

где $П_{пр}$ — показатель простреливаемости (принимается по табл. 24).

После этого необходимо скорректировать W зарядов внутреннего ряда.

Заряды рассчитывают по формуле

$$Q = q_н W^3 f(n), \qquad (22)$$

где $q_н$ — расчетный удельный расход ВВ для зарядов выброса (принимается по табл. 22); $f(n)$ — поправочный коэффициент на показатель действия заряда; для нормального рыхления: $f(n) = 1/3$, для уменьшенного рыхления (взрывание на сотрясение) $f(n) = 1/6 \div 1/4$, для усиленного рыхления $f(n) = 1/2 \div 1$.

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ НА ПОЛКАХ В СКАЛЬНЫХ ПОРОДАХ

При сооружении траншей применяются различные методы взрывания. В зависимости от физико-механических свойств грунтов, требуемых размеров траншей применяют: шпуровой метод и метод камерных зарядов (взрывы на выброс).

Шпуровой метод взрывных работ. При устройстве траншей для рыхления скальных пород используют преимущественно мелкошпуровые заряды, что обеспечивает наилучшее соответствие профиля траншеи проектному, хорошее дробление исключает разброс кусков породы на далекое расстояние.

Рыхление скального грунта при устройстве траншей осуществляется группой небольших зарядов, размещенных в шпурах.

Масса зарядов определяется в зависимости от глубины рыхления и категории крепости пород по формуле (6).

Общая масса зарядов ВВ при взрывании определенного объема грунта может быть определена из выражения

$$Q_{общ} = q_н S h_с, \qquad (23)$$

где S — площадь взрываемого участка породы; $h_с$ — высота слоя взрываемых пород (проектная глубина траншеи).

Масса шпурового заряда рыхления по вместимости

$$Q_ш = (l_ш - l_{заб}) P, \qquad (24)$$

где $l_ш$ — длина шпура; $l_{заб}$ — длина забойки; P — вместимость 1 м шпура (принимается по табл. 23).

В зависимости от крепости взрываемых пород и требуемой степени рыхления длина забойки составляет

$$l_{заб} = (0{,}25 \div 0{,}5)\, l_{ш}. \qquad (25)$$

Расчетная длина шпурового заряда принимается

$$l_{зар} = 1{,}7\, l_{ш}. \qquad (26)$$

Тогда масса шпурового заряда по вместимости определяется по формуле

$$Q_{ш} = 0{,}7\, l_{ш} P. \qquad (27)$$

Число взрываемых шпуров может быть найдено по формуле

$$N_{ш} = \frac{Sh_{с} q_{н}}{Q_{ш}}. \qquad (28)$$

Заряды для рыхления при ширине разрабатываемой траншеи до 2 м располагают вдоль ее оси в один ряд; при большей ширине — в два ряда и более.

При проходке траншей глубиной 1,2 м и шириной 1,5—1,8 м шпуры можно располагать в один ряд у одного борта траншеи с уклоном к ее середине под углом 45—60°. Благодаря такому расположению шпуров грунт разрушается и частично выбрасывается в сторону, противоположную шпурам.

При огневом способе взрывания расстояние между шпурами a в ряду принимается в пределах $a = (1{,}2 \div 1{,}5)\, H$ (H — глубина траншеи), при электровзрывании — в пределах $a = (1{,}0 \div 1{,}5)\, H$. Расстояние между рядами шпуров b устанавливается равным 0,85 H. При замедленном и короткозамедленном способах $b = H$.

Метод проходки траншей взрыванием на выброс. При проходке широких траншей наряду с шпуровыми зарядами применяются камерные заряды, взрывающие грунт на выброс.

Видимая глубина воронки, образуемой взрывом на выброс, является одним из основных показателей для оценки полученных результатов при рассматриваемом способе взрывных работ, поскольку доработка выемки после взрыва на выброс обычно связана с большими затратами и трудностями.

Различают два вида взрывов на выброс: взрывы с двухсторонним выбросом (рис. 30, *а*); взрывы с односторонним выбросом (направленным — рис. 30, *б*).

Схема взрывания с двухсторонним выбросом изображена на рис. 30, *а*. При помощи камерных зарядов образуется выемка в породах с ее выбросом на оба борта.

При взрывании камерных зарядов на определенной глубине, при заданной ширине выработки можно получить минимальные откосы выемки.

Изменение соотношения между глубиной и углом откоса ее бортов при взрывании на выброс возможно лишь в весьма ограниченных пределах (изменением глу-

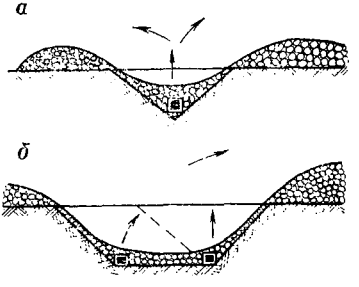


Рис. 30. Схемы взрывов на выброс:
а — двухсторонний выброс; *б* — односторонний выброс

бины заложения или массы зарядов). Поэтому при взрывании на выброс не всегда можно получить сечение траншей, строго соответствующее предусмотренному в техническом задании. Приходится принимать такое возможное сечение, которое ближе других подходит к заданному.

Массу заряда выброса определяют по формуле М. М. Борескова:

$$Q = (0{,}4 + 0{,}6\,n^3)\,q_н\,W^3, \qquad (29)$$

где n — показатель действия взрыва ($n=\frac{b}{2W}$, где b — ширина траншеи); $q_н$ — удельный расход заряда выброса (принимается по табл. 22); W — линия наименьшего сопротивления.

Параметры взрывания на выброс устанавливают с таким расчетом, чтобы воронка взрыва по возможности точнее соответствовала требуемому профилю траншеи.

ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Подготовка к взрывным работам. Правильно организованные подготовительные работы обеспечивают хорошее

качество взрывных работ, высокую производительность труда, снижение себестоимости строительства магистральных трубопроводов.

Подготовка к взрывным работам в организационный период включает оформление различных документов. К основным документам относятся: разрешение на право производства взрывных работ, разрешение на хранение ВВ, свидетельство на приобретение ВВ, разрешение на перевозку ВВ, наряд-накладная, книга прихода и расхода ВВ, акт о готовности склада ВВ, проект на взрывные работы.

Получение разрешения на право производства взрывных работ, хранение, приобретение и перевозку ВВ производится в соответствии с «Инструкцией о порядке хранения, использования и учета взрывчатых материалов» и «Инструкцией о порядке получения разрешений на право производства взрывных работ, а также свидетельств на приобретение или перевозку взрывчатых материалов», изложенных в «Единых правилах безопасности при взрывных работах».

В подготовительный период проходят обучение и подготовку работники, назначенные для ведения взрывных работ. К взрывным работам допускаются лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие «Единую книжку взрывника (мастера-взрывника)» (см. приложение 7 [2]).

Буровзрывные работы на строительстве трубопроводов выполняются специальными подразделениями, входящими обычно в состав землеройных организаций. Эти подразделения имеют в своем распоряжении все необходимое оборудование, материалы и специально подготовленный для ведения взрывных работ персонал.

Буровзрывные работы могут проводиться только при наличии проекта производства работ или паспорта буровзрывных работ, составленных в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» и после согласования с дирекцией строящегося трубопровода.

Руководство взрывными работами возлагается на специально выделенное лицо либо на технического руководителя предприятия, а при подрядном способе — на руководителя взрывных работ подрядной организации или назначенное им лицо.

На трассе должны быть построены постоянные и

временные расходные склады для хранения и выдачи взрывчатых веществ, поступающих с базисных складов. Постоянные и временные расходные склады устраиваются вместимостью до 50 т.

Кроме того, по мере необходимости на трассе должны быть организованы кратковременные склады вместимостью до 3 т. Срок службы кратковременных складов составляет 3 мес., а временных — до 2 лет.

Для перевозки ВВ на трассу используют специально оборудованные бортовые автомашины. Для доставки ВВ в труднодоступные места используются вертолеты МН-4 и МН-6. Транспортировка ВВ осуществляется в строгом соответствии с «Инструкцией по транспортированию ВМ» (см. приложение 6 [2]).

Взрывные работы могут выполняться лишь после следующих подготовительных мероприятий:

организации безопасного хранения и доставки взрывчатых материалов, охраны опасной зоны с установкой предупредительных знаков, сигналов и наблюдательных пунктов;

обеспечения сохранности существующих сооружений и оборудования, расположенных в пределах опасной зоны;

оповещения местных организаций и населения о предстоящих взрывах и о значении предупредительных знаков и сигналов;

удаления людей за границы опасной зоны.

Для обеспечения бесперебойной работы бурильщиков и правильного расположения шпуров в плане при рыхлении скальных грунтов взрывным способом снимают вскрышной слой (при мощности его менее проектной глубины разрабатываемой траншеи) на всю глубину до обнажения скального грунта. Ширину вскрываемой полосы в каждом конкретном случае определяют в зависимости от размеров траншеи и принятой схемы производства работ.

Вскрышные работы, а также рыхление грунтов взрывами и разработку траншей выполняют до вывоза труб на трассу. Взрывные работы ведутся в строгом соответствии с разработанным паспортом или проектом буровзрывных работ.

Проект производства буровзрывных работ составляют специализированные производственные или проектные организации, которые согласовывают его с органа-

ми Госгортехнадзора СССР и Технадзором. В проекте предусматриваются методы взрывных работ, способы бурения, применяемые машины, оборудование, инструменты, расположение шпуров и скважин в плане и их глубина; необходимые ВВ и масса зарядов; способ и порядок взрывания (короткозамедленное, замедленное); средства взрывания и воспламенения; выход взорванной породы; меры по предохранению существующего трубопровода и расположенных вблизи него сооружений от повреждений сейсмическим действием и разлетом кусков породы. Вопросы проектирования взрывных работ рассмотрены в гл. 4.

Ведение взрывных работ. Эффективность взрывных работ зависит от правильно выбранных параметров и методов ведения взрывных работ.

При строительстве траншей в скальных породах целесообразно применять метод шпуровых зарядов.

Перед началом массовых взрывных работ для уточнения расчетной массы зарядов и установления оптимальной сетки расположения шпуров и скважин проводят опытные взрывы.

При рыхлении грунта буровзрывным способом следят за тем, чтобы куски разрыхленного скального грунта не превышали $^2/_3$ размера ковша экскаватора, предназначенного для его разработки, а также, чтобы не было перемычек и недоборов между взорванными шпурами на дне и откосах траншей.

Буровзрывные работы при устройстве полок в горных условиях в скальных грунтах выполняют, как правило, методом шпуровых (скважинных) зарядов.

При устройстве полок на участках с большой крутизной косогора (более 25°) может быть применен взрыв на выброс или сброс методом малокамерных зарядов. Максимальная масса (вес) одновременно взрываемой группы одиночных зарядов не должна превышать 1 т. Применять массовые взрывы на выброс при образовании полок разрешается в исключительных случаях.

Взрывные работы при строительстве трубопроводов должны вестись в строгом соблюдении «Единых правил безопасности при взрывных работах», «Технических правил ведения взрывных работ на дневной поверхности».

При ведении всех видов взрывных работ в проектах и паспортах должны быть учтены следующие параграфы «Единых правил безопасности при взрывных работах»:

Разделка валунов и пней	§ 352, 376	
Строительство полок	§ 367—375;	377—404
Строительство траншей в скальных грунтах	§ 358—375;	377—384

Взрывные работы вблизи действующего трубопровода. Рыхление скальных грунтов взрывами при строительстве второй нитки трубопровода, уложенной рядом с первой, следует применять в тех случаях, когда процесс этот не может быть выполнен тракторными рыхлителями.

Буровзрывные работы в этом случае необходимо проводить строго по проекту производства работ, составляемому для всех косогорных участков с учетом глубины полувыемок, крутизны склонов, категории грунтов, взаимного расположения по высоте и в плане существующего и строящегося трубопровода, а также наличия других сооружений и установленных для того или иного участка способов разработки и перемещения взорванной породы.

Непосредственно взрывные работы могут быть выполнены по специальному разрешению Управления эксплуатации действующих трубопроводов. Учитывая близость действующего трубопровода, при разработке полки для строящегося трубопровода необходимо применять взрывы на рыхление методом шпуровых зарядов (нормального дробления). Применять взрывы на выброс и сброс, а также накладные заряды не допускается.

Уменьшение влияния сейсмических колебаний на существующий трубопровод при заданных расстояниях между ним и методом взрывания может быть достигнуто в первую очередь за счет уменьшения зарядов ВВ.

Зависимость между массой заряда и расстоянием, при котором сейсмические колебания, вызываемые взрывом, становятся безопасными, может быть определена ориентировочно по формуле, приведенной на с. 74.

Параметры буровзрывных работ вблизи действующего трубопровода должны быть определены в зависимости от конкретных условий на основании предварительно проведенных экспериментальных работ и изложены в специальных рекомендациях.

Значительное уменьшение влияния сейсмического действия на существующий трубопровод может быть

достигнуто устройством прорези-щели рядом с ним на глубину 0,3—0,5 м ниже нижней отметки трубы.

Объем взрываемой на данном участке породы должен быть не меньше сменной нормы выработки занятых на этом участке землеройных машин.

Требующаяся длина взрываемого участка может быть определена по формуле

$$L = \frac{Q_м}{K_р h b}, \qquad (30)$$

где $Q_м$ — сменная производительность землеройных машин на данном участке; $K_р$ — коэффициент разрыхления горной породы; h — высота взрываемого слоя; b — ширина взрываемого слоя.

При ограниченных массе одновременно взрываемых зарядов и промежутках времени, отводимых для производства взрывов, буровзрывные работы должны опережать земляные не менее чем на одну-две смены.

Рыхление скальных грунтов в полувыемках и траншеях, расположенных вблизи действующего трубопровода, ведут послойным шпуровым методом при глубине шпуров 1,2- 1,5 м и расстоянии между ними в ряду 0,8—1,0 м. В отдельных случаях глубина шпуров может быть и большей. Расстояния между рядами шпуров зависят от ширины выемок поверху. В выемках (траншеях) шириной поверху, близкой глубине траншеи, рыхление породы осуществляется зарядами, располагаемыми в один ряд по оси выемки-траншеи, в выемках шириной поверху до 1,5 глубины — двумя рядами зарядов и при большей ширине выемки поверху — тремя и более рядами зарядов. Расстояние между рядами обычно принимается равным линии наименьшего сопротивления. Если разработку выемок и траншей производят послойно, то при определении числа рядов в расчет принимают не общую глубину выемки, а глубину разрыхленного слоя.

Скальные грунты в выемках, подошвы которых расположены выше существующего трубопровода не менее чем на 3 м или на расстоянии 200 м и более от него, можно рыхлить скважинным методом при короткозамедленном или замедленном взрывании с обязательной проверкой зарядов на сейсмическую безопасность.

Взрываемые поверхности полувыемок и траншей, расположенные вблизи (до 200 м) железных и шоссей-

ных дорог, линий электропередач, линий связи и других сооружений (для их предохранения от разлетающихся при взрывании скальных осколков), можно прикрывать легкими плетнями, сетками, хворостом, щитами, выполненными из местных подручных материалов и в первую очередь из лесорубочных остатков. В отдельных случаях можно применять стальные листы (бронелисты толщиной не менее 10 мм).

При ведении взрывных работ вблизи трубопроводов, линий электропередач, линий связи, путей сообщения и других сооружений необходимо заранее ставить в известность организации, эксплуатирующие эти линии и сооружения, о предстоящих взрывах с тем, чтобы представители этих организаций присутствовали при взрывных работах и в случае необходимости могли принять нужные меры.

Безопасные расстояния при взрывных работах. Взрывные работы при строительстве магистральных трубопроводов должны вестись с максимальной безопасностью с учетом сейсмического действия взрыва на здания и сооружения, при этом масса зарядов ВВ должна лимитироваться расстояниями, на которых колебания грунта не оказывают разрушительного действия. Для предохранения людей от поражающего действия осколков и обломков устанавливаются безопасные расстояния, исключающие несчастные случаи с людьми.

При расположении на поверхности отдельных хранилищ с ВВ или отдельных площадок с открыто расположенными штабелями ВВ между хранилищами или штабелями должны соблюдаться расстояния, обеспечивающие невозможность передачи детонации от заряда одного хранилища (штабеля) к заряду другого.

Следовательно, при ведении взрывных работ безопасные расстояния определяют: по дальности разлета кусков породы, по сейсмическому влиянию взрыва, по действию воздушной волны, по передаче детонации.

Безопасные расстояния для людей при поражающих действиях осколков и обломков разрушаемых взрывами материалов устанавливаются по проекту или паспорту и должны быть не менее приведенных в табл. 25.

Абсолютная суммарная масса ВВ одновременно взрываемых наружных зарядов не должна превышать 20 кг.

Таблица 25

Радиусы опасных зон

Взрывные работы	Максимально допустимые радиусы опасных зон, м
Методом:	
наружных зарядов	⩽300
шнуровых зарядов	⩽200
котловых шнуров	⩽200
рукавов	⩽200
скважинных зарядов	По проекту или паспорту, но не менее 200
Дробление валунов зарядами в подкопах	⩽400
Корчевка пней	⩽200
Простреливание шнуров	⩽50
Простреливание скважин для котловых зарядов	⩽100

При взрывании на косогорах в направлении по склону радиус опасной зоны должен быть не менее 300 м.

Для людей безопасные расстояния принимаются наибольшие из рассчитанных по воздушной волне и разлету осколков.

Радиус опасной зоны (минимально опасного расстояния) по разлету отдельных кусков породы для людей и механизмов при взрывании одиночного заряда на выброс и сброс определяется по табл. 26 в зависимости от показателя действия взрыва заряда и длины линии наименьшего сопротивления.

Размеры зоны, безопасной по действию воздушной волны на человека, устанавливаются по формуле

$$r_{\min} = 15\sqrt[3]{Q}, \qquad (31)$$

где Q — масса взрываемого наружного заряда ВВ.

Формула (31) используется только в случае, когда по условиям работ необходимо максимальное приближение обслуживающего персонала к месту работ; в нормальных условиях полученные по формуле расстояния следует увеличить в 2—3 раза.

Сейсмически безопасные при взрывах расстояния, на которых колебания грунта, взрываемого однократным

Таблица 26

Радиусы опасных зон по разлету отдельных кусков грунта при взрывах на выброс и сброс

Расчетная линия сопротивления, м	Радиусы опасных зон (в м) при показателях действия взрыва заряда n							
	1,0	1,5	2,0	от 2,5 до 3	1,0	1,5	2,0	от 2,5 до 3
	Для людей				*Для механизмов*			
1,5	200	300	350	400	100	150	250	300
2,0	200	400	500	600	100	200	350	400
4,0	300	500	700	800	150	250	500	550
6,0	300	600	800	1000	150	300	550	650
8,0	400	600	800	1000	200	300	600	700
10,0	500	700	900	1000	250	400	600	700
12,0	500	700	900	1200	250	400	700	800
15,0	600	800	1000	1200	300	400	700	800
20,0	700	800	1200	1500	350	400	800	1000
25,0	800	1000	1500	1800	400	500	900	1000
30,0	800	1000	1700	2000	400	500	1000	1200

взрывом сосредоточенного заряда ВВ, безопасны для зданий и сооружений, определяют по формуле

$$r_c = K_c \alpha \sqrt[3]{Q}, \qquad (32)$$

где r_c — расстояние от места взрыва; K_c — коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого сооружения (значения K_c приведены в табл. 27);

Таблица 27

Значение коэффициента K_c

Грунт между местом взрыва и объектом	K_c	Примечание
Скальные породы плотные	3	При размещении зарядов в воде следует увеличить K_c в 1,5—2 раза
Скальные породы нарушенные	5	
Галечник и щебенистый грунт	7	
Песчаные грунты	8	
Глинистые грунты	9	
Насыпные и почвенные грунты	15	
Водонасыщенные грунты (торфяники, плывуны)	20	

Q — полная масса заряда; α — коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва n:

	α
При $n = 0{,}5$ (взрыв заряда, углубленного в грунт, действие которого не разрушает поверхности)	1,2
При $n = 1$ (взрывание на рыхление)	1
При $n = 2$ (взрывание на выброс)	0,8
При $n = 3$ (взрывание на выброс)	0,7

Примечание. При взрыве заряда на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

При расчете сейсмически безопасного расстояния при одновременном взрывании группы зарядов ВВ необходимо руководствоваться «Инструкцией по определению безопасных расстояний при взрывных работах и хранении взрывчатых материалов» [2].

ГЛАВА 5
МОНТАЖНЫЕ И ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

В отличие от условий трасс нормальной сложности в горных условиях, особенно на перевальных участках, монтажные работы, изоляция и укладка представляют собой взаимосвязанный процесс. При этом все линейные сооружения, в том числе и переходы, строятся в одном потоке.

Технологические схемы монтажных и изоляционно-укладочных работ в горных условиях включают следующие укрупненные операции: доставку труб на трассу; монтаж трубопровода со всеми кривыми вставками и переходами; изоляционно-укладочные работы, футеровку трубопровода, подсыпку и присыпку его мягким грунтом.

ОСОБЕННОСТИ СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ В ГОРАХ

Сварочно-монтажные работы в горных условиях имеют ряд специфических особенностей, которые обусловлены сложностью рельефа местности и принятой технологией ведения работ.

Сооружение газопровода «Братство» в сложных гидрогеологических условиях потребовало создания

более совершенного, компактного и транспортабельного оборудования, позволяющего вести сварку труб в труднопроходимой местности. Одновременно потребовалась отработка более совершенной технологии сварочно-монтажных и изоляционно-укладочных работ.

В 1971 г. трестом «Союзгазспецстрой» и Киевским филиалом СКБ «Газстроймашина» разработана новая передвижная трубосварочная база БТП-142 для труб диаметром 1220 - 1420 мм.

БТП-142 состоит из стенда стыковочного, стенда с вращателем, стенда площадки связи, подвесного устройства, вспомогательного оборудования, сварочной головки и блока питания.

Из этих элементов монтируются две линии сборка и сварка труб, каждая из которых состоит из стыковочного, вращательного стенда и стенда-площадки.

Техническая характеристика передвижной трубосварочной базы БТП-142 на базе трактора Т-100М

Диаметр свариваемых труб, мм	1020—1420	
База осуществляет сварку секций длиной, м	До 72	
Скорость вращения трубы, м/ч	20—200	
Ход тележки продольного перемещения, мм	710	
В комплект базы входят:		
сварочная линия	2	комплекта
самоходный источник питания	2	»
сварочные головки с подвесным устройством	2	»
машинка для очистки и намотки электродной проволоки	1	
центраторы звенные (диаметром 1020—1420 мм)	2	

Установка БТП-142 предназначена для сварки двухтрубных секций. Линии сборки и сварки, из которых состоит установка, расположены в 6 м друг от друга. Между ними установлены два сварочных агрегата УСТ-601, предназначенных для сварки первого слоя и подварки корня шва. В местах, где размеры полки или временной площадки не позволяют параллельную установку двух линий, их размещают друг за другом.

Технологический цикл сборки, подогрева и сварки первого слоя, проводящийся на одной линии, соответствует времени автоматической сварки секции на параллельной линии. После окончания операции звенья бригады меняются местами: сварщик-полуавтоматчик, окончив сварку, переходит на параллельную линию, где звено центровки подготовило секцию под сварку.

На сборку и сварку 24-метровой секции затрачивают 1 ч 10 мин.

После укладки труб на ролики механизмами вертикального и горизонтального перемещения производят грубую центровку труб. Затем предварительно подогревают кромки труб, размещают наружный центратор, окончательно центрируют трубы, устанавливают технологический зазор и начинают сварку первого слоя.

После окончания сварки корневого слоя и подварки корня шва осуществляют автоматическую сварку труб сварочной головкой СГФ-601А, установленной на поворотной консоли, расположенной на крыше агрегата УСТ-601.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Монтаж трубопровода в горных условиях осуществляется по следующим технологическим схемам в зависимости от сложности участка трассы:

по поточно-расчлененной схеме на спокойном рельефе. Сборку и сварку трубопровода выполняют на бровке траншеи (независимо от того, где отрыта траншея: в полке или в коренном грунте);

по непрерывной схеме — на участках с крутыми подъемами и спусками, с большим числом поворотов в плане. Сборку и сварку трубопровода выполняют как на бровке траншеи, так и непосредственно в ней;

монтаж с одновременным ведением изоляционно-укладочных работ или монтаж заранее изолированных секций — в особо сложных условиях, при пересечении ущелий, глубоких балок, т.е. в тех случаях, когда необходимо сразу засыпать уложенный трубопровод во избежание его повреждения.

Поточно-расчлененная схема хорошо известна и широко применяется на практике. Заключается она в том, что наращивание трубопровода выполняет бригада, состоящая из двух групп, одна из которых осуществляет центровку стыков и прихватку их, а другая — сварку стыков. Такая схема обеспечивает высокий темп монтажа и сварки в нормальных условиях, однако она оказалась не во всех случаях осуществимой в горных условиях. Основным препятствием к ее применению является трудность и в ряде случаев невозможность

расчленения операций сборки и сварки из-за сложности трассы. Однако на косогорных участках, где отработаны полки, а продольные уклоны не превышают 10—12°, применение поточно-расчлененного способа оправдывается.

На подъемах и спусках более 12—15°, на полках, имеющих продольные уклоны и повороты в плане, на участках трассы с большим числом кривых вставок пристыковка последующей трубы или секции возможна только после полной сварки или по крайней мере обварки двух слоев предыдущего стыка. Трубопровод непрерывно наращивают последовательной приваркой секции труб, кривых вставок непосредственно по фактически подготовленному профилю и плану траншеи. Такая технология монтажа обеспечивает наилучшие условия укладки трубопровода без дополнительных доработок траншей.

Применение описанной технологии (непрерывная схема) позволяет выполнить сварочно-монтажные работы при любой конфигурации поперечных и продольных уклонов рельефа по трассе. Схема непрерывного монтажа имеет две основные разновидности: монтаж на бровке и непосредственно в траншее.

В отличие от поточно-расчлененной технологии, по которой сварочно-монтажные работы ведет бригада из 9—11 человек (5 из них сварщики), при непрерывном наращивании такого числа людей в бригаде не требуется. Обычно бригада состоит из 4—5 человек (один-два сварщика-потолочника, машинист-трубоукладчик, тракторист или бульдозерист и бригадир-газорезчик). Если по трассе встречаются несложные балочные переходы, то они сооружаются силами двух смежных бригад, а когда требуется бо́льшее число техники и людей, объединяются три бригады. Такое маневрирование позволяет вести сварочно-монтажные работы без недоделок.

При монтаже на продольных уклонах применяется несколько методов: сверху вниз, снизу вверх, а также комбинированный метод. Применение той или иной схемы монтажа зависит от величины продольного уклона, возможности доставки труб на верх или в низ уклона, вида и состояния грунтов поверхности уклона, наличия соответствующих машин и механизмов.

Монтаж снизу вверх осуществляется с доставкой сек-

ций на уклон трубоукладчиками и тракторами или лебедками, установленными на верху уклона. При уклоне $\alpha<20°$ и хорошем состоянии грунта, составляющего уклон (или до $\alpha\leqslant\alpha_{пр}$), целесообразно доставлять трубы или секции из 2—4 труб к месту монтажа тракторами. Трубопровод на уклоне наращивают последовательно. Пристыковку осуществляют при помощи одного или двух трубоукладчиков. При уклоне $\alpha>\alpha_{пр}$ также допу-

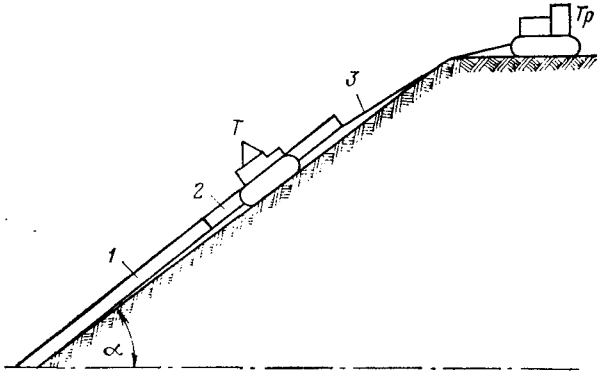


Рис. 31. Схема наращивания трубопровода снизу вверх с доставкой труб на уклон трубоукладчиком:

1 — трубопровод; *2* — стыкуемая секция; *3* — якорящий трос; *Т* — трубоукладчик; *Тр* — трактор

стимо применение схемы монтажа снизу вверх. При этом возможны два варианта схемы: доставку труб к месту монтажа и монтаж выполняют трубоукладчики и подстрахованные от сползания вниз трубы доставляют на тросах лебедками. Первый вариант схемы показан на рис. 31. Секции труб или отдельные трубы доставляют к месту монтажа тракторами (одним или двумя) и с помощью трубоукладчика *Т*, закрепленного трактором *Тр*, пристыковывают к трубопроводу. Эта схема исключает сползание трубопровода вниз, вследствие чего центровка стыкуемых труб упрощается. Если трубопровод не имеет поворотов в плане с гнутыми кривыми вставками, его монтируют на бровке траншеи. При ведении работы на полке монтаж несколько усложняется. Трактор, транспортирующий секцию снизу вверх, оставляет ее ниже трубоукладчика, секцию закрепляют

от сползания вниз. После двухслойной обварки очередного стыка трубоукладчик спускается к оставленной секции и доставляет ее к месту пристыковки на крюке стрелы.

При монтаже с помощью лебедки секции на уклон доставляют лебедкой, установленной на верху уклона (рис. 32). Длина секций в этом случае может быть значительно большей, чем в первом варианте, и опре-

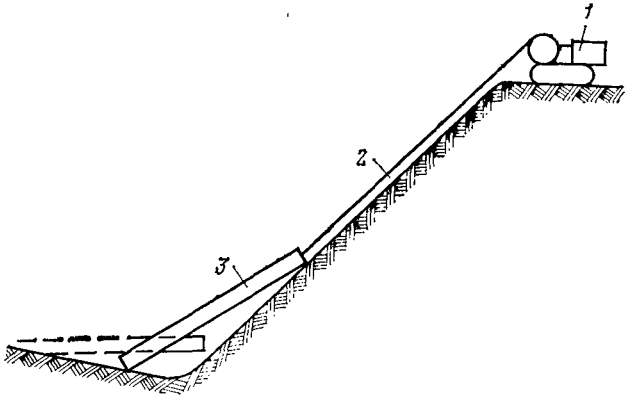


Рис. 32. Схема наращивания трубопровода с доставкой труб на уклон лебедкой:
1 — лебедка; *2* — трос; *3* — доставляемая секция

деляется тяговым усилием лебедки и условием предохранения секции от пластического изгиба при вытаскивании ее с горизонтального участка на уклон.

Монтаж трубопровода по схеме сверху вниз (рис. 33) может выполняться на любых уклонах. Технология монтажа по этой схеме позволяет выполнить сборку и сварку трубопровода без работающих на уклоне машин и механизмов.

Секции из двух-четырех труб или отдельные трубы доставляют на верх уклона на подготовленную площадку. Первую секцию одним или двумя трубоукладчиками $Т_1$ и $Т_2$ опускают в траншею в начале уклона и закрепляют двумя тросами: от трактора $Тр_1$ тросом 1 и от трактора $Тр_2$ тросом 3. Трактор $Тр_1$, необходимый только на уклонах, где трубы удерживаются от сползания силами трения, протаскивает наращиваемый трубопро-

вод вниз, а $Тр_2$ — удерживает его от самопроизвольного сползания во время стыковки каждой последующей секции. После спуска первой секции с ее верхним концом стыкуют следующую секцию, которая удерживается трубоукладчиками $Т_1$ и $Т_2$. Заварив секционный стык, протаскивают обе секции; затем пристыковывают третью секцию и т. д., протаскивая каждый раз трубопровод на

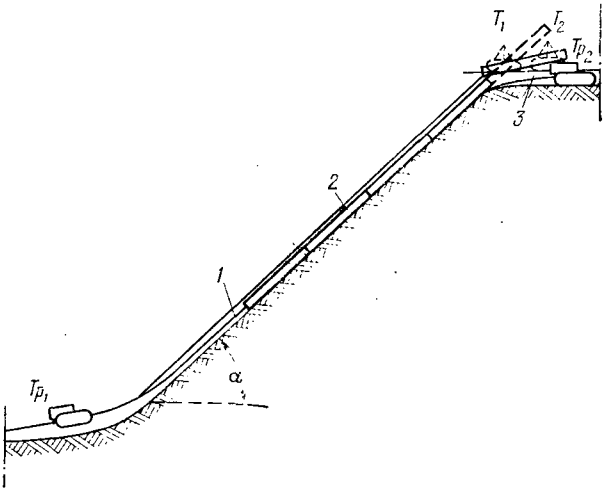


Рис. 33. Схема наращивания трубопровода сверху вниз

длину секции. Таким образом укладывают весь участок трубопровода на продольном уклоне.

Значительную сложность представляет монтаж трубопровода на крутых уклонах, если трасса имеет повороты в плане. В таких случаях монтаж ведут по комбинированной схеме. При возможности доставлять трубы и с верха и с низа сложного уклона один участок собирают по схеме сверху вниз, другой снизу вверх.

В тех случаях, когда на продольном уклоне невозможно выполнить изоляцию труб (при величинах уклона $\alpha > 45—50°$), трубопровод монтируют из заранее изолированных и футерованных секций или плетей. При этом возможны две схемы наращивания трубопровода: снизу вверх и сверху вниз. В обеих схемах организация строительства должна быть такой, чтобы исключить не-

обходимость сварочно-монтажных и изоляционных работ на уклоне.

Наращивание снизу вверх осуществляют путем пристыковки последующих изолированных секций в низу уклона и протаскивания всего участка трубопровода вверх на длину пристыкованной секции. Стык должен быть изолирован и футерован. При данной схеме применяют секции длиной 18—20 м. В месте стыковки устраивают монтажную площадку, на которой сваривают стык, изолируют его и футеруют. Длина уклона, на котором может быть организована работа по данной схеме, зависит от мощности тяговых средств, установленных на верху уклона (тракторная, механическая или электрическая лебедка).

Монтаж трубопровода из изолированных секций сверху вниз выполняют аналогично рассмотренной выше схеме монтажа неизолированных секций. Дополнением к ней является необходимость в изоляции и футеровке секционных стыков.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ ДИАМЕТРОМ 720—820 ММ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Изоляционно-укладочные работы в горных условиях, как правило, выполняют по поточной технологической схеме. Все операции, связанные с подготовкой траншеи, с очисткой и изоляцией трубопровода, футеровкой его (в случае необходимости), укладкой в траншею и засыпкой выполняют в одном комплексе или потоке. В результате после прохождения изоляционно-укладочной колонны остается полностью законченный строительством трубопровод. Эта технология, применяемая и в обычных условиях (полевых), для горных условий просто необходима, учитывая трудность возвращения техники для выполнения каких-либо операций.

На продольных уклонах до 10° (рис. 34) изоляционно-укладочные работы выполняют без закрепления трубоукладчиков и без последовательного соединения их друг с другом.

Изоляционно-укладочная колонна, работающая на трубопроводе диаметром 720—820 мм, имеет в своем составе обычно пять трубоукладчиков. Непосредственно на изоляции и укладке заняты четыре трубоукладчика.

Перед укладкой трубопровода рваное каменистое дно траншеи засыпают слоем мягкого грунта толщиной 10—15 см. Если скальный грунт покрыт мягким грунтом, то мягкая подушка устраивается весьма просто.

При укладке трубопровода на полке, разработанной на косогоре в скальном грунте, мягкий грунт доставляют автосамосвалами из карьера.

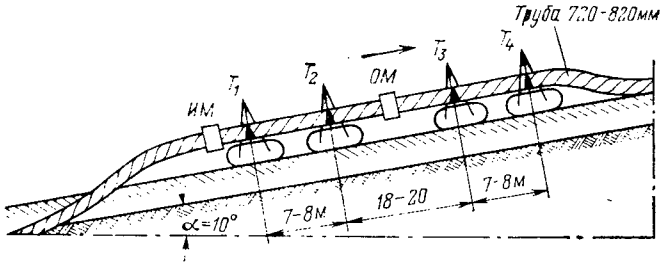


Рис. 34. Схема расстановки механизмов при выполнении изоляционно-укладочных работ на уклонах до 10°:

$T_1 — T_4$ — трубоукладчики; *ИМ* — изоляционная машина; *ОМ* — очистная машина

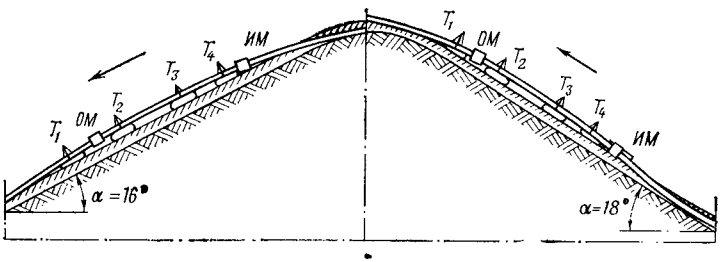


Рис. 35. Схема расстановки механизмов при выполнении изоляционно-укладочных работ на уклонах 10—20°

Разрыв между работами по устройству мягкой подушки и изоляционной колонной не должен превышать двух-трехдневного шага колонны, так как в случае дождя грунт полностью вымывается из траншеи, особенно при наличии продольного уклона.

Изоляцию и укладку осуществляют по поточной технологии. Засыпку производят вслед за присыпкой трубы мягким грунтом. При температуре наружного воздуха 20—25°С присыпку грунтом выполняют не ранее чем через 20 мин после нанесения изоляции, чтобы изоля-

ционное покрытие могло отвердеть. Полная засыпка трубопровода скальным грунтом производится сразу же после устройства защитного слоя.

На продольных уклонах 10—20° (рис. 35) для страховки от сползания трубоукладчики последовательно или попарно соединяют друг с другом тросами диаметром 28—30 мм, а изоляционные машины прикрепляют тросом к трубоукладчикам. Применение изоляционных машин, специально предназначенных для эксплуатации в горных условиях, позволяет вести работы на уклонах более 10° и без помощи трубоукладчика. Например, изоляционная машина С-239Г может самостоятельно передвигаться по трубопроводу на уклонах до 35—40°. Трубоукладчики тракторами не закрепляют. Если работа ведется на сильно увлажненных глинистых грунтах, закрепление трубоукладчиков необходимо также на уклонах, меньших 20°, а иногда и 10°.

Поскольку в горах направление уклонов часто меняется (подъемы сменяются спусками и наоборот), изоляционно-укладочные работы выполняют как сверху вниз, так и снизу вверх (см. рис. 35).

При движении колонны в гору трубопровод поднимается трубоукладчиками с таким расчетом, чтобы наклон его продольной оси на участке, где работают изоляционная и очистная машины, был меньше, чем уклон поверхности грунта. Это улучшает условия движения очистной и изоляционной машин по трубе. На перевальном участке очистную машину (если она страхуется) открепляют от трубоукладчика T_1 и соединяют тросом с трубоукладчиком T_2 (см. рис. 35).

На продольных уклонах свыше 20° распространены две технологические схемы ведения изоляционно-укладочных работ: изоляция—опускание с одновременным непрерывным передвижением трубоукладчиков и изоляция—опускание с поперемешным продвижением трубоукладчиков.

Первая схема предусматривает общее или попарное соединение трубоукладчиков, вторая — работу их без соединения. Обе схемы обеспечивают непрерывную, полностью механизированную изоляцию и укладку трубопровода. В обоих случаях используют один-два якорящих трактора, которые находятся либо на верху подъема или спуска, либо продвигаются по уклону вместе с колонной.

Изоляцию—опускание с попеременным движением трубоукладчиков применяют только на таких уклонах, на которых незагруженные трубоукладчики могут передвигаться своим ходом. Работы ведут сверху вниз (на спусках) и снизу вверх (на подъемах). Схема работ по изоляции и укладке с попеременным передвижением трубоукладчиков на подъеме показана на рис. 36. На верху подъема устанавливают один или два трактора

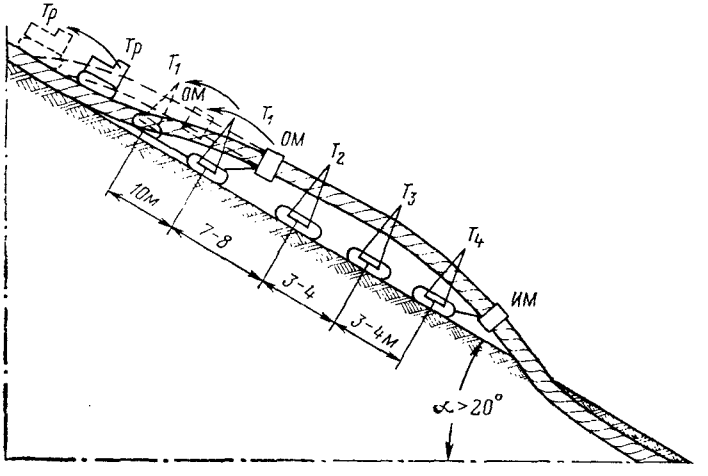


Рис. 36. Схема расстановки механизмов при выполнении изоляционно-укладочных работ на уклонах более 20°

(они поднимаются туда по уклону или обходным путем), используемые в качестве передвижных якорей. Трубопровод укладывают с помощью трубоукладчиков T_1, T_2, T_3, T_4, не связываемых друг с другом. Трактор *Тр* ведет первый трубоукладчик T_1, за которым на расстоянии 3—4 м идет очистная машина *ОМ*, страхуемая от сползания тросом. За *ОМ* идет трубоукладчик T_2 на таком же от нее расстоянии, что и T_1, за T_2 идут T_3 и T_4 также на расстоянии 3—4 м друг от друга. Трубоукладчик T_4 удерживает тросом от сползания изоляционную машину *ИМ*.

Колонна продвигается следующим образом. Трубоукладчик T_1 с помощью трактора *Тр* перемещается на 10—12 м, после чего трубоукладчик T_2, опустив трубу,

своим ходом продвигается вперед и, подойдя вплотную к работающей очистной машине *ОМ*, снова поднимает трубу. Такую же операцию выполняет и трубоукладчик $Т_3$, затем поднимается трубоукладчик $Т_4$ с изоляционной машиной, лишь слегка придерживая трубу и направляя ее в траншею. Это значительно облегчает подъем его по уклону.

В целях предохранения изоляции трубопровода от повреждений на уклонах более 28—30° применяют футеровку деревянными рейками. Для футеровки в горах применяют короткую футеровочную рейку длиной не более 1,5—2 м. Это объясняется большим числом вертикальных и горизонтальных поворотов малых радиусов, которые можно зафутеровать только рейками малой длины. Футеровка трубопровода производится вслед за движущейся изоляционно-укладочной колонной до опускания трубопровода в траншею. Для предохранения футеровки от продавливания неровности дна траншеи засыпают рыхлым грунтом.

С целью уменьшения трудоемкости работ для изоляции трубопроводов применяют полимерные ленты. В качестве изолирующего материала используют полихлорвиниловую ленту толщиной 0,3 мм, выпускаемую в рулонах шириной 35—50 см на картонных втулках. Лента наносится механизированным способом обычными изоляционными машинами с некоторой модернизацией их. В особо сложных местах ленту наматывают с помощью ручных машинок, а в ряде случаев—вручную.

На сложных участках трассы, особенно на перевалочных, изоляционно-укладочные работы выполняют раздельным методом, с доставкой изолированных труб, которые изолируют на полустационарных установках.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ ДИАМЕТРОМ 1420 ММ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В зависимости от рельефа местности и возможности прохождения колонны при строительстве трубопроводов больших диаметров применяются различные методы и схемы проведения работ по изоляции и укладке трубопроводов в траншею.

При спокойном рельефе изоляция трубопроводов ведется трассовыми методами механизированными изоля-

ционно-укладочными колоннами. Для изоляции применяются в основном полимерные ленты.

Совмещенный метод изоляционно-укладочных работ

На участках трассы с продольным уклоном до 10—12° основным способом выполнения изоляционных и укладочных работ является совмещенный метод (рис.37). Так называют укладку с одновременным нанесением на

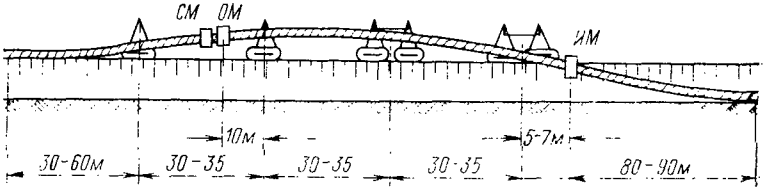


Рис. 37. Схема расстановки механизмов при совмещенном методе ведения изоляционно-укладочных работ при строительстве трубопроводов диаметром 1420 мм на продольных уклонах до 10—12°.

трубопровод изоляционного покрытия. В траншею с устойчивыми стенками (откосы которых менее 2 м) трубопровод укладывают колонной из шести трубоукладчиков К-594, из которых четыре последних по ходу трубоукладчика должны работать как две пары.

При необходимости спаривания трубоукладчиков применяют траверсы типа ТРБ-600. Для обеспечения достаточной способности маневрирования применяется жесткое сочленение хода спаренных трубоукладчиков. При отсутствии траверс разрешается раздвигать пару трубоукладчиков на расстоянии до 10—15 м между точками подвески трубопровода.

Трубоукладчики поддерживают трубопровод с помощью троллей типа ПТ-1423 или ТП-1424.

На уклонах более 12° при большом числе криволинейных участков трубопровод прокладывают из отдельных труб.

Если траншея вырыта в мягком грунте, то сборку труб в нитку ведут на дне траншеи над приямками. При наличии скальных грунтов сборку труб следует вести на дне или над траншеей на лежках — деревянных брусьях или металлических трубах, которые вынимают из-

под трубопровода во время производства изоляционно-укладочных работ.

При прохождении колонны по полкам для обеспечения наибольшей безопасности производства работ рекомендуется изоляционно-укладочные работы выполнять в две стадии:

сваренный на бровке неизолированный трубопровод укладывают на дно траншеи, при этом состав колонны

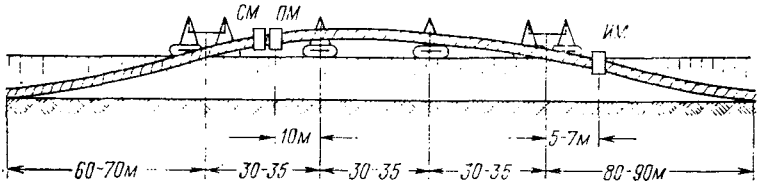


Рис. 38. Схема расстановки трубоукладчиков при поднятии трубопровода, его изоляции и укладке

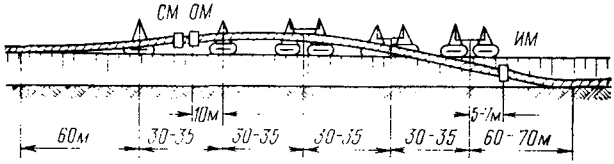


Рис. 39. Схема расстановки трубоукладчиков в колонны при заложении откосов траншеи более 2 м

трубоукладчиков и порядок их работы сохраняются такими же, как и при совмещенном способе укладки;

трубопровод, лежащий на дне траншеи, приподнимают, изолируют и снова укладывают в траншею, при этом в колонне спарены два первых и два последних трубоукладчика (рис.38).

Приподнятый трубоукладчиками участок трубопровода должен представлять собой плавную кривую, нагрузка на трубоукладчики должна быть равномерной, для чего машинисты трубоукладчиков должны тщательно выдерживать необходимые высоты подъема трубопровода и рекомендуемые расстояния между трубоукладчиками.

При заложении откосов траншеи более 2 м колонна должна состоять из восьми трубоукладчиков (рис.39).

При этом высота подъема изоляционной машины над дном траншеи должна быть минимальной.

Предназначенная для прохода механизированной колонны полоса движения на полках не должна иметь поперечного уклона в сторону обрыва.

При ширине полосы движения на полках менее 8 м все трубоукладчики в колонне должны работать с придвинутым контргрузом.

При укладке трубопровода на полках совмещенным способом первый по ходу трубоукладчик должен работать с придвинутым контргрузом, если ширина полосы движения менее 10 м.

На продольных уклонах до 15—18° все трубоукладчики должны быть соединены между собой тросом. Очистная и изоляционная машины также должны быть соединены тросами с ближайшими трубоукладчиками для удержания на спусках и подтягивания на подъемах. При этом должна быть обеспечена синхронизация скоростей передвижения трубоукладчиков и изоляционной машины.

На продольных уклонах 18—25° кроме соединения трубоукладчиков тросами необходимо вводить в колонну в качестве дополнительной тяги на подъемах два бульдозера или трактора, которые на спусках служат в качестве якорей.

Анкеровку трубоукладчиков необходимо осуществлять также на участках трассы с меньшей крутизной при сырой погоде.

Если в траншею необходимо укладывать отдельные секции, их должен поднимать один трубоукладчик К-594 или два Т-3560.

В состав изоляционно-укладочной колонны во всех случаях входят: очистная машина ОМ-1422; изоляционная машина ИМ-1422 и изоляционная машина ИЛ-1421. При высокой влажности воздуха и при отрицательных температурах в состав колонны может быть включена установка для сушки трубопровода, помещаемая впереди очистной машины.

Опыт сооружения газопровода в Карпатах показал, что в горных условиях изоляция трубопровода диаметром 1420 мм передвижными механизированными колоннами малопроизводительна. Так, максимальная производительность колонны составляла 5 км в месяц, средняя — 2,0—2,5 км. При таком темпе изоляционно-

укладочные работы отставали от земляных и сварочных.

Низкая производительность изоляционно-укладочных работ вызвана сложным рельефом местности, большим числом вертикальных и горизонтальных кривых, спусков и подъемов, когда трубоукладчикам приходилось выполнять сложные маневры с буксировкой или якорением технологических машин и трубоукладчиков, что приводило к задержке колонны. Кроме того, дожди в этих районах пропитывают грунт настолько, что тяжелые трубоукладчики, несущие нагрузку на грузовом крюке до 35—45 т, оседали глубоко в почву и их приходилось вытаскивать. Технологические разрывы требовали частого снятия и насаживания очистной и изоляционной машин. Множество воздушных безопорных переходов также значительно снижали темп, так как при сооружении воздушных пролетов требуются сложные маневры трубоукладчиков.

В связи с этим была организована трубозаготовительная база, где изолировали трубы на установке УИ-141. На базе выполнялась футеровка изолированных секций.

Общая технологическая схема трубозаготовительной базы показана на рис. 40.

Одиночные трубы со станции доставляли трубовозом

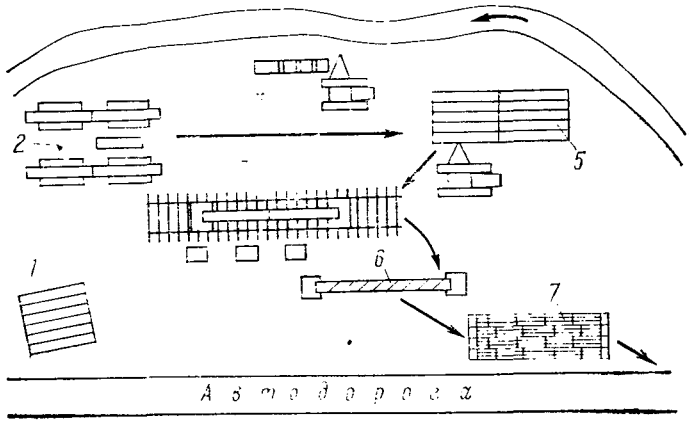


Рис. 40. Схема трубозаготовительной базы с установкой УИ-141:
1 — штабель; 2 — сваренные двухтрубные секции; 3 — изоляционная линия; 4 — трубогибочная установка; 5 — площадка для контроля сваренных поворотных стыков; 6 — футеровочный стенд; 7 — склад футерованных труб

и складывали в штабель *1*, затем сваривали в двухтрубные секции *2* и переносили на площадку *5* для контроля сваренных поворотных стыков; проконтролированные секции трубоукладчиком подавали на изоляционную линию *3*, откуда краном перекладывали на самоходные тележки установки УИ-141 для очистки, грунтовки, изоляции и обертки бризолом. Изолированную секцию краном переносили на футеровочный стенд *6*, где ее футеровали камышовыми матами или деревянными рейками. Футерованные секции трубоукладчиком переносили на склад *7*, откуда трубовозами вывозили на трассу. Контроль качества изоляции выполнялся пооперационно.

Кривые колена, согнутые на трубогибочной установке, изолировали вручную, так как изолировать их на УИ-141 невозможно. Для сокращения трудоемкости изоляции колен секцию сначала очищали на УИ-141 (ручная очистка труб диаметром 1420 мм наиболее трудоемка) и только после этого производили гнутье на установке *4*. Затем колена выкладывали на деревянных лежках, грунтовали, изолировали липкой лентой и футеровали. Такая технология резко сокращает трудоемкость изоляции кривых колен по сравнению с изоляцией их непосредственно на трассе.

Производительность изоляционной бригады на трубозаготовительной базе в 2—3 раза выше, чем на трассе, так как ликвидируются простои бригады из-за непогоды и перебазировок, исключается влияние сложного рельефа и т. д.

Применение базовой изоляции на этом участке позволило высвободить шесть трубоукладчиков К-594 для сварочно-монтажных работ, что дало возможность укомплектовать дополнительно сварочные бригады и ускорить прокладку газопровода. Укладка же сваренной изолированной плети трубопровода трубоукладчиками занимает немного времени. Практика показала, что опыт организации трубозаготовительных баз следует распространять на трассах, где в сложных климатических и гидрогеологических условиях прокладываются трубопроводы больших диаметров.

Полустационарные изоляционные установки УИ-141, применяемые на трубозаготовительных базах, спроектированы и изготовлены в тресте «Союзгазспецстрой». Установка предназначена для нанесения битумной или пленочной изоляции и защитной обертки на одиночные

трубы или секции длиной 24 м, диаметром 1420 мм. Установка легко переоборудуется для изоляции труб других диаметров.

На установке производятся: подогрев труб перед изоляцией, очистка трубы (секции), покрытие труб праймером или клеевой грунтовкой, нанесение битумной или пленочной изоляции, защитной обертки.

Техническая характеристика УИ-141

Диаметр изолируемой трубы (секции), мм	1420
Длина изолируемой трубы, мм	12—24
Производительность в смену, м	250—300
Скорость вращения труб при очистке и изоляции, об/мин:	
первая рабочая	11,4
вторая рабочая	23,6
Скорость передвижения тележки при очистке и изоляции, м/ч:	
первая рабочая	270
вторая рабочая	555
маршевая	1720
Суммарная установочная мощность, кВт	130
Габаритные размеры, мм:	
длина	81370
ширина	6000

Изоляционные материалы:
битумная мастика всех марок;
стеклохолст или стеклорогожка шириной 450—500 мм;
полимерные ленты в рулонах всех марок шириной 450—500 мм;
оберточные материалы всех типов (бризол, изол, толь, мазутированная бумага или оберточная бумага) шириной 450—500 мм.

Схема установки УИ-141 приведена на рис. 41. Железнодорожные рельсы Р-45 пришивают к деревянным

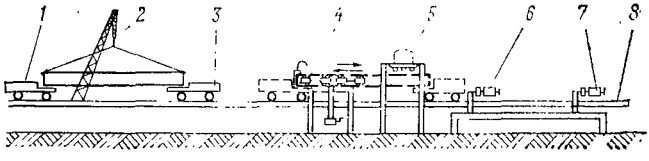


Рис. 41. Схема установки УИ-141

шпалам и укладывают на балласт. Ширина колеи 1680 мм, длина пути 82 м. По рельсовому пути *8* перемещаются рабочие тележки *1* и *3*, на которых смонтированы механизмы для подачи (на тележке *3*) и вращения (на тележке *1*) трубы. Приводная тележка *3* сообщает

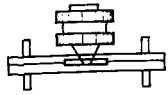
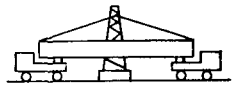
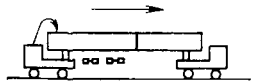
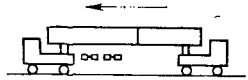
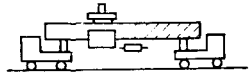
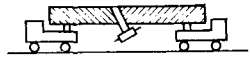
трубе поступательное и вращательное движение, тележка вращения *1* сообщает трубе только вращательное движение. Жесткая связь между тележками регулирует расстояние между ними, соответствующее длине изолируемой трубы. Скорость перемещения рабочих тележек регулируется коробкой перемены передач, установленной в цепи электромеханического привода. Крутящий момент от электродвигателя через коробку перемены передач, редуктор и цепную передачу передается на ходовые колеса. Вращение на трубу передается через клиноременную передачу, редуктор и опорные приводные ролики.

Вращающаяся труба перемещается вдоль технологических установок. Проходя через очистную машину *4*, труба очищается от ржавчины, окалины и консервационного слоя четырьмя металлическими цилиндрическими щетками, вращающимися в противоположные стороны. Щетки попарно насажены на вал и приводятся во вращение от электродвигателей через клиноременную передачу. Каждая пара щеток прижимается к верхней части трубы чугунными грузами и выводится в нерабочее положение ручными лебедками. Все оборудование смонтировано на едином основании. Очищенная труба поступает на праймирование и изоляцию. Праймерное устройство обеспечивает нанесение битумной грунтовки (при битумно-резиновой изоляции) или клея при изоляции полимерными липкими лентами. Ручным насосом грунтовка из заправочной перекачивается в рабочую емкость *5*, установленную на эстакаде. Расход грунтовки регулируется краном. Из емкости грунтовка поступает на трубу самотеком, а затем растирается стационарно установленным полотенцем, состоящим из брезента и войлока и прижимаемым к трубе пружинами.

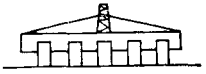
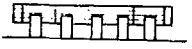
Вслед за грунтовкой на трубу наносится изоляция. Установка для намотки изоляционной ленты состоит из двух шпуль *6* и *7*, закрепленных на стойках, и низкой эстакады, которая одновременно служит рабочим местом для изолировщиков. Шпули оснащены автоматическими тормозами, которые регулируют натяжение обертночного материала по мере размотки рулонов. Кронштейны со шпулями перемещаются вдоль трубы по направляющим и могут быть закреплены в любом месте эстакады. После нанесения изоляции со шпули *6* труба повторно пропускается по линии и производится ее

Таблица 28

Технологическая схема изоляции и футеровки труб

Номер операции	Технологическая схема	Процесс
1		Укладка трубы со штабеля в магазин изоляционной установки
2		Установка трубы на изоляционные тележки
3		Грубая очистка трубы от грязи и ржавчины
4		Повторная очистка с изменением направления вращения трубы и щеток
5		Набрызгивание и растирание клея, намотка на трубу изоляционной ленты
6		Обертка защитным материалом

Продолжение табл. 28

Номер операции	Технологическая схема	Процесс
7		Снятие трубы с тележек и ее укладка в футеровочный ложемент
8		Обкладка трубы футеровочными рейками (матами)
9		Обвязка футеровки проволокой
10		Снятие трубы с ложемента и складирование

обертка со шпули 7. Концы оберточного материала приклеиваются к трубе битумной мастикой. Готовая труба маршевой скоростью возвращается в первоначальное положение, где автокраном 2 снимается с тележек и укладывается на стенд для футеровки.

Установку УИ-141 обслуживает семь человек: старший оператор, машинист автокрана установки, машинист трубоукладчика, оператор очистной и праймерной установок, три изолировщика.

Изолированные трубы с установки УИ-141 поступают на стенд для футеровки, который состоит из двух железобетонных пригрузов, установленных на расстоянии 22,5 м друг от друга с таким расчетом, чтобы секция опиралась на стенд неизолированными концами. Маты на трубу накладывают в два слоя и обвязывают через каждый метр проволокой диаметром 5 мм. Футеровка труб камышовыми матами менее трудоемка, чем дере-

вянными рейками, более производительна, лучше сохраняет изоляционное покрытие при транспортировке труб.

Технологическая последовательность изоляции и футеровки труб на трубозаготовительной базе приведена в табл. 28.

Раздельная укладка изолированного трубопровода

Раздельным называют метод, при котором изоляция и укладка выполняются как отдельные операции.

При данном методе укладки изоляционно-укладочная колонна выполняет изоляцию до ближайшего технологического захлеста, не опуская трубопровод в траншею. Затем трубоукладчики возвращаются назад для укладки трубопровода в траншею. Укладку осуществляют четырьмя трубоукладчиками К-594 «способом переезда», при котором освобождавшийся последний трубоукладчик переходит в «голову» колонны (рис. 42).

При такой схеме расстановки трубоукладчики *1—4* все время движутся по прямой линии AA_1, параллельной оси укладки OO_1, вылет стрелы трубоукладчика по мере надвигания и опускания трубопровода увеличивается от a_1 до a_2, что является весьма неблагоприят-

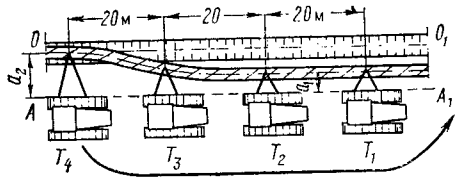


Рис. 42. Схема укладки трубопровода «способом переезда»

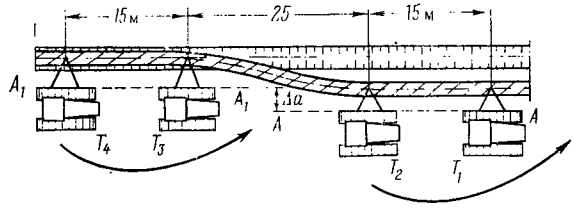


Рис. 43. Схема укладки трубопровода «способом перехода»

ным для последней машины, несущей наибольшую нагрузку. Поэтому этот метод можно применять лишь для труб диаметром 1220 мм.

Укладку труб диаметром 1420 мм в траншею можно выполнять и «способом перехода» (рис. 43).

При этом методе трубоукладчики группируются в два звена — первое звено приподнимает трубопровод и частично надвигает его на траншею; второе надвигает трубопровод и опускает его в траншею. Освободившийся трубоукладчик *4* обходит трубоукладчик *3*, становится впереди на расстоянии 15 м и принимает нагрузку; только после этого трубоукладчик *2* обходит трубоукладчик *1*, становится на расстоянии 15 м и приподнимает трубопровод на высоту 0,3—0,4 м от земли.

При этом первое звено перемещается по линии AA, а второе — по линии A_1A_1, приближенной к оси O_1O_1 на Δa. Таким образом, наиболее нагруженные трубоукладчики *3* и *4* имеют возможность уменьшить вылет стрелы при укладке по сравнению с первой схемой, что увеличивает их устойчивость. Следует отметить, что по такому методу трубоукладчики сохраняют устойчивость. Для повышения устойчивости колонны можно ввести пятый трубоукладчик (рис. 44).

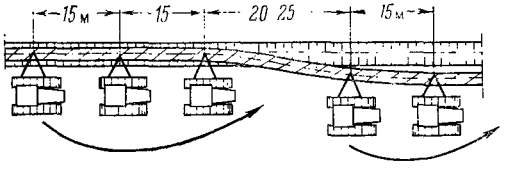


Рис. 44. Схема укладки трубопровода, рекомендованная «Союзгазспецстроем»

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ ДИАМЕТРОМ 1420 ММ НА УЧАСТКАХ С УКЛОНОМ СВЫШЕ 25°

Большую сложность представляет строительство трубопроводов большого диаметра на участках горного перевала. В этих условиях часто перевозка двухтрубных секций чрезвычайно затруднена, а местами вовсе невозможна; кроме того, из-за больших продольных уклонов (свыше 20°) исключено передвижение изоляционно-укладочной колонны.

Такие сложные участки трассы встречались при строительстве газопровода в Карпатах. Для участка горного перевала «Союзгазспецстроем» была разработана схема технологического потока. В соответствии с этой схемой трубы, прибывающие по железной дороге, поступали на трубозаготовительную базу, смонтированную непосредственно на площадке разгрузки, где одиночные трубы изолировали на установке УИ-141 и футеровали на специальном стенде. Готовые изолированные трубы трубовозами КрАЗ-219 или «Урал-375» со станции перевозили к подножию перевала на промежуточный склад, откуда их грузили на автомобиль повышенной проходимости (МАЗ-543), оборудованный мягкими кониками для предохранения изоляционного покрытия от повреждения, и доставляли на трассу. На трассе их укладывали небольшими штабелями на ровных площадках. Разработку полок, рытье траншеи и планировку валика выполняли до вывозки труб на трассу. Из штабелей трубы раскладывали по трассе трубоукладчиками, затем сваривали в плети, изолировали и футеровали стыки, а затем укладывали трубопровод в траншею. После укладки трубоукладчики возвращались к месту расположения сварочных бригад.

Порядок проведения работ на трубозаготовительной базе был организован следующий. Со склада трубоукладчиком трубы укладывали в магазин установки, представляющий собой наклонную площадку, выложенную железобетонными плитами. По наклонной площадке трубы скатывались к установке УИ-141 таким образом, что их можно было поднять автокраном, находящимся с другой стороны железнодорожного пути установки.

При помощи крана грузоподъемностью 21 т трубы укладывали на изоляционные тележки установки УИ-141, а после изоляции снимали и укладывали в футеровочный ложемент. Футерованные трубы переносили трубоукладчиками на склад готовой продукции, а затем грузили на трубовоз и доставляли на перевалочную базу.

Футеровку труб на базе выполняли деревянными рейками на стенде, собранном из железобетонных пригрузов и дорожных бетонных плит. Пригрузы были установлены через 0,5 м для выполнения проволочных обвязок и с интервалом 1 м в средней части для продевания полотенца для подъема трубы трубоукладчиком.

Деревянные вкладыши были выполнены по диаметру трубы и служили для образования зазора между трубой и пригрузом для закладки футеровочных реек.

Футеровка рейками осуществлялась следующим образом: в период изоляции трубы на УИ-141 на стенде выкладывали рейки на $^1/_3$ периметра трубы. Когда труба поступала на стенд, ее обкладывали рейками с боков и сверху; одновременно для удержания реек на поверхности трубы в зазор между ними и стендом вбивали деревянные клинья. Концы труб длиной 0,8–1,0 м оставляли неизолированными и незафутерованными для подогрева при сварочно-монтажных работах и для удобства перевозки труб. После обкладки трубы рейками через зазоры между стендами пропускали проволоку диаметром 5 мм для обвязки футеровки. Для надежности крепления реек на трубе обвязка выполнялась через 1 м.

Перевозка изолированных и футерованных труб и секций с трубозаготовительных баз до трассы осуществлялась плетевозами «Урал-375», а по трассе на тяжелых участках с крутыми подъемами — автомобилями высокой проходимости МАЗ-543.

На трассе трубы разгружали с трубовоза трубоукладчиками при помощи мягких полотенец ПМ-1420; секции — при помощи траверсы, к концам которой были подвешены полотенца.

На промежуточных перевалочных площадках разгрузка велась автокраном с торцевыми захватами. Если нет автокрана, разгрузку можно производить трубоукладчиком при помощи траверсы с торцевыми захватами. Для уменьшения высоты разгрузки делается выемка для заезда трубовоза.

Для раскладки одиночных труб по трассе использовались мягкие полотенца ПМ-1420 или траверсы с торцевыми захватами; для раскладки секций — мягкие полотенца.

Сборку одиночных труб производили при помощи одного трубоукладчика и полотенца. Конец сваренной плети поддерживали кольцевым стропом на неизолированном месте плети.

Секции собирали при помощи двух трубоукладчиков Т1530 и кольцевых строп; плеть поддерживали третьим трубоукладчиком у последнего стыка.

Практика показала, что при подогреве стыков перед

сваркой газовыми горелками труба от стыка нагревается на расстоянии 150—200 м, поэтому повреждений изоляционного покрытия при сварочных работах не наблюдалось.

Для укладки трубопровода в траншею был испытан «способ перехвата». Этот метод предусматривает укладку трубопровода поочередным перемещением мягких полотенец без их снятия с трубопровода. Этот метод использовался в 1969 г. на строительстве газопровода диаметром 1220 мм Ухта — Торжок первой очереди и дал хорошие результаты. Он позволяет располагать трубоукладчики вдоль изогнутого в плане трубопровода и тем самым уменьшить вылеты стрел трубоукладчиков. При этом применяются специальные полотенца ПМ-1421 конструкции СКБ «Газстроймашина», позволяющие их перемещать по трубопроводу в «застегнутом» положении при спущенном положении крюка трубоукладчика. Полотенце состоит из двух основных деталей — траверсы и несущей ленты; траверса позволяет при расслаблении крюка трубоукладчика получить зазор по периметру трубы между лентой и поверхностью трубы, необходимой для перемещения полотенца по трубопроводу (рис. 45).

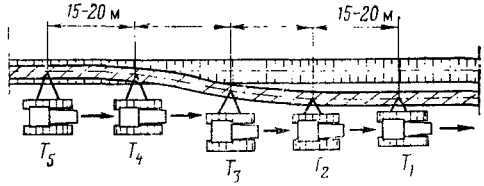


Рис. 45. Схема укладки трубопровода «способом перехвата»

Трубоукладчики *2, 3, 4, 5* надвигают трубопровод на ось траншеи и опускают его до освобождения от нагрузки трубоукладчика *5*. Освободившись от нагрузки, трубоукладчик *5* перемещается вперед вплотную к трубоукладчику *4* и принимает нагрузку, трубоукладчик *4*, освободившись от нагрузки, перемещается вперед к трубоукладчику *3* и принимает нагрузку. Трубоукладчики *3, 1* и *2* перемещаются вперед таким же образом; трубоукладчик *1*, освободившись от нагрузки, передви-

гается вперед на расстояние 15—20 м и приподнимает трубопровод на высоту 0,3—0,4 м от земли. Закончив, таким образом, переходы, последние четыре трубоукладчика начинают надвигать трубопровод на ось траншеи и опускать его до освобождения от нагрузки последнего трубоукладчика, после этого цикл повторяется.

При укладке «способом перехвата» отпадает необходимость «растегивания» и «застегивания» полотенец при каждом переходе трубоукладчиков; последние трубоукладчики располагаются ближе к траншее, что уменьшает грузовые моменты, позволяющие уменьшить число трубоукладчиков или повысить устойчивость колонны от опрокидывания.

Методом «перехвата» было уложено 3000 м трубопровода диаметром 1420 мм.

ПАРАМЕТРЫ ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНОЙ КОЛОННЫ ПРИ РАБОТЕ НА ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНАХ

Эффективность работы изоляционно-укладочной колонны в горных условиях во многом зависит от правильного выбора трубоукладчиков.

При ведении изоляционно-укладочных работ у трубоукладчиков от действия грузового момента разгружается правая гусеница и при сохранении поперечной устойчивости трубоукладчик лишается возможности поворачиваться из-за отсутствия требуемой касательной силы тяги на правой гусенице. Касательные силы тяги должны противодействовать продольным силам, возникающим от перемещения троллея по трубопроводу.

Продольная сила $F_г$ вычисляется по формуле

$$F_г = P_в (\sin\gamma + f_т \cos\gamma),$$

где $P_в$ — вертикальная сила для поддержания трубопровода на технологической высоте; γ — угол поворота поперечного сечения трубопровода от вертикали в точке подвески троллея; $f_т$ — коэффициент трения в троллее.

Сила $F_г$ прямо пропорциональна вертикальной силе натяжения грузовых тросов трубоукладчика, поэтому на трубопроводе диаметром 1420 мм она достигает больших значений (10—12% от вертикальной нагрузки).

При малых диаметрах трубопровода, где трубоукладчики обладают большой относительной устойчивостью, действие силы $F_г$ на трубоукладчике не ощущается.

Первые опыты при укладке трубопровода показали, что в результате действия поворачивающего момента трубоукладчик при движении в колонне разворачивается в сторону трубопровода, а для обратного поворота касательные силы тяги правой гусеницы оказываются недостаточными из-за большого грузового момента.

Для поворота трубоукладчика в нагруженном состоянии необходимо, чтобы результирующий момент всех сил, сопротивляющихся повороту, был равен поворачивающему моменту, вызываемому касательными силами тяги гусеницы.

При расчете нагрузок на трубоукладчик необходимо учитывать как поперечный, так и продольный перекосы грузовых канатов. В связи с этим возникает необходимость удерживать нагрузки на всех трубоукладчиках в строго определенных пределах.

Повысить групповую устойчивость можно путем выравнивания грузовых моментов на всех трубоукладчиках. Это позволяет использовать суммарный момент устойчивости колонны и тем самым повысить их устойчивость.

Равенство грузовых моментов обеспечивается сближением трубоукладчиков в звеньях и соответствующей высотой подъема трубопровода каждым трубоукладчиком.

Высота подъема для любой точки подвески при симметричной схеме определяется по формуле

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{6} EI \left\{ R_i l_{\text{п}}^3 - 0{,}25 q l_{\text{п}}^4 - \right.$$

$$- \sum_{i=1}^{i=n-1} (l_{\text{п}} - l_{\text{ц.т}})^3 + p \left[(n-1) l_{\text{п}}^3 - 3 l_i^2 \sum_{i=1}^{i=n-1} l_i + \right.$$

$$\left. \left. + 3 l_i \sum_{i=1}^{i=n-1} l_i^2 - \sum_{i=1}^{i=n-1} l_i^3 \right] \right\},$$

где EI — поперечная жесткость трубы; R_i — реакция грунта в точке соприкосновения переднего пролета со строительной полосой (точка O); $l_{\text{п}}$ — расстояние от точки O до рассматриваемой точки подвески; q — вес единицы длины трубопровода; Q — вес технологической машины; $l_{\text{ц.т}}$ — расстояние от точки O до центра тяжести технологической машины; P — средняя нагрузка на трубоукладчики; n — порядковый номер рассматривае-

мой точки подвески; l_i — расстояние от точки O до точек подвески, находящихся впереди рассматриваемой точки подвески.

Так, при глубине траншеи 3 м получаем: $h_1=4{,}2$ м; $h_2=4{,}7$ м; $h_3=5{,}5$ м; $h_4=4{,}1$ м; $h_5=3{,}6$ м.

Использование суммарного момента устойчивости всей колонны трубоукладчиков особенно важно при изоляции и укладке трубопровода диаметром 1420 мм, где грузоподъемная характеристика применяемого трубоукладчика К-594 не соответствует параметрам трубопровода (табл. 29).

Таблица 29

Параметры устойчивости трубоукладчиков

Диаметр трубопровода, мм	Грузовой момент на последнем трубоукладчике, тс·м	Марка трубоукладчика	Момент устойчивости трубоукладчика, тс·м	Коэффициент устойчивости
529	13	Т-1224	30	2,4
820	25	Т-1530	40	1,6
1020	41	Т-3560	70	1,7
1220	71	Т-3560	70	1,0
1420	158	К-594	110	0,7

Из табл. 29 видно, что с увеличением диаметра трубопровода запас устойчивости применяемых трубоукладчиков резко снижается и для трубопровода диаметром 1220 мм момент устойчивости трубоукладчика равен грузовому моменту, возникающему на последней точке подвески плети. На трубопроводе диаметром 1420 мм грузовой момент превосходит момент устойчивости применяемого трубоукладчика.

Исходя из практики строительства магистральных трубопроводов, можно заключить, что необходимый момент устойчивости трубоукладчика должен быть равен грузовому моменту, возникающему на последней точке подвески плети при совмещенном способе укладки в траншею.

Следовательно, для изоляционно-укладочных колонн на строительстве трубопровода диаметром 1420 мм требуются трубоукладчики с моментом устойчивости 158 тс·м.

Приняв это условие и выразив вылет стрелы на последнем трубоукладчике через диаметр трубопровода, а нагрузку через диаметр и толщину стенки трубы, можно получить формулу для выбора трубоукладчика для заданного трубопровода

$$M_y = AD^{2,75}\delta,$$

где A — численный коэффициент, зависящий от диаметра трубопровода.

Для трубопроводов диаметром 529—820 мм коэффициент $A=14$; для трубопроводов диаметром 1020—1420 мм $A=8{,}5$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ТРУБОУКЛАДЧИКОВ В ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНОЙ КОЛОННЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

При расчете числа трубоукладчиков в изоляционно-укладочной колонне, работающей на продольном уклоне трассы в горных условиях, важным является правильный выбор коэффициента грузовой устойчивости.

Рассмотрим методику расчета числа трубоукладчиков, исходя из определения коэффициента их грузовой устойчивости на продольных уклонах трассы.

Установлено, что коэффициент грузовой устойчивости является расчетной величиной и может быть определен по формуле

$$K_y \geqslant \frac{Gz_1 \cos\gamma\,(\varphi - f - \operatorname{tg}\varphi)}{G z_1 \cos\gamma\,(\varphi - f - \operatorname{tg}\gamma) - M_c},$$

где G — масса трубоукладчика; z_1 — координата центра тяжести трубоукладчика; γ, f — соответственно коэффициент сцепления и сопротивления движению; M_c — момент сопротивления повороту.

Постоянные для расчета:

Грунт	φ	f	μ
Крепкий	1	0,15	0,4
Средний	0,85	0,15	0,45
Слабый	0,7	0,15	0,6

Характеристика трубоукладчика К-594

Максимальная нагрузка на крюке P_{max}, кгс	90
Координаты центра тяжести трубоукладчика, м:	
z_1	2
y_1	1,35
Габаритные размеры, м:	
длина a	3,35
высота b	2,6
Масса G, т	54,6

На основании определения коэффициента грузовой устойчивости определяем число трубоукладчиков в колонне по формуле

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i K_y z_0}{M_н},$$

где $\sum_{i=1}^{n} P_i$ — суммарная нагрузка на крюк трубоукладчика; $M_н$ — номинальный опрокидывающий момент.

Предложенная методика расчета числа трубоукладчиков на основании расчетного коэффициента грузовой устойчивости может найти применение при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов в горных условиях.

ГЛАВА 6
СТРОИТЕЛЬСТВО НАДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Магистральные трубопроводы, сооружаемые в горной местности, на своем пути пересекают целый ряд естественных и искусственных преград (балки, овраги, горные реки, дороги). Наличие преград вызывает необходимость сооружения переходов.

Конструкции переходов и способы их сооружения определяются в основном характером пересекаемой преграды. Наиболее широкое применение в практике трубопроводного строительства в горных районах получили балочные (однопролетные и многопролетные) переходы. На рис. 46 показан балочный переход газопровода в Карпатах.

Надземные переходы через реки, каналы, балки сооружаются с соблюдением правил производства и приемки работ по сооружению мостов и труб, возведению фундаментов и опор из свай и оболочек и устройству шпунтовых соединений. При этом необходимо руководствоваться «Указаниями по производству работ при сооружении магистральных трубопроводов».

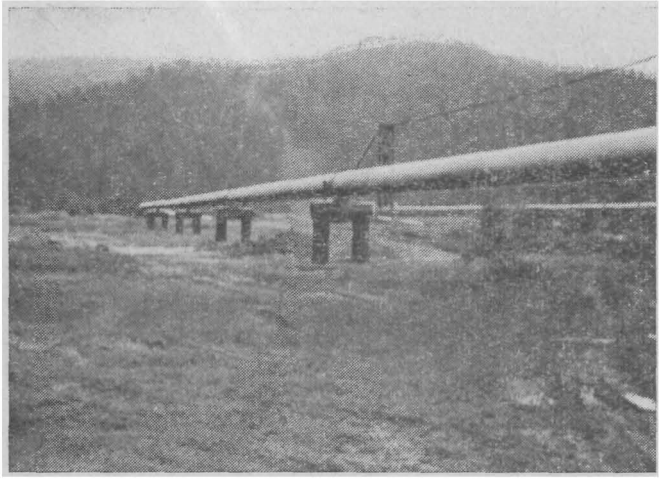


Рис. 46. Многопролетный балочный переход трубопровода в горных условиях

СТРОИТЕЛЬСТВО ОДНОПРОЛЕТНЫХ БАЛОЧНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Строительство простейших однопролетных балочных переходов, не имеющих искусственных опор и компенсаторов, осуществляется по ходу трассовых работ. В этом случае плеть трубопровода сваривают с учетом перекрытия пролета и укладывают при помощи трубоукладчика путем надвижки плети с одного берега на другой.

При сооружении однопролетных балочных переходов из одной секции или плети при доступном проходе для строительных машин сборку, сварку и гидравлическое испытание плети трубопровода ведут на дне препятствия.

На переходах, недоступных для наземных и плавучих средств, плеть трубопровода подготавливают на

одном берегу препятствия с учетом удобства расположения монтажной площадки и наличия подъездов к ней.

При наличии опор готовые плети трубопровода укладывают на последние при помощи трубоукладчиков следующим методом: на однопролетных переходах с доступным подходом для механизмов плеть укладывают подъемом снизу вверх или продольным перемещением плети от одного берега к другому (рис. 47).

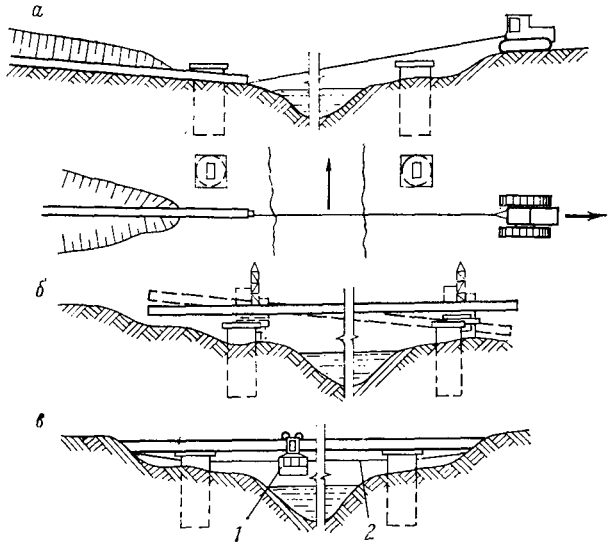


Рис. 47. Схема монтажа секции балочного перехода:

а — протаскивание секции трубопровода; *б* — укладка секции трубопровода на опоры; *в* — восстановление окраски трубопровода; *1* — подвижная люлька для восстановления окраски трубопровода; *2* — временный трос для закрепления и продвижения люльки

На переходах длиной до 40 м, недоступных для наземных и плавучих средств, плеть укладывают протаскиванием от монтажной площадки в сторону противоположного берега и поднимают на береговые опоры.

На переходах длиной более 40 м, недоступных для наземных и плавучих средств, применяют метод протаскивания плети в пролет с головной частью, подвешенной к временному канату посредством троллейной подвески, роликов или канатного узла. В этих случаях

хвостовую часть плети поддерживают и сопровождают до опоры трубоукладчика (в зависимости от массы плети).

В процессе строительства газопровода «Братство» на участке Долина—Ужгород была отработана технология строительства однопролетных переходов, которая показана на рис. 48.

При подходе к переходу трубоукладчики предельно сближаются (рис. 48, *а*), чтобы уменьшить нагрузку. Подойдя к переходу, первый трубоукладчик отцепляется от троллея и становится сзади изоляционной машины *ИМ* для поддерживания изолированной плети (рис. 48, *б*). Колонна продолжает перемещаться вперед. Достигнув края перехода, трубоукладчик *2* отцепляется от троллея и пересезжает на другую сторону балки

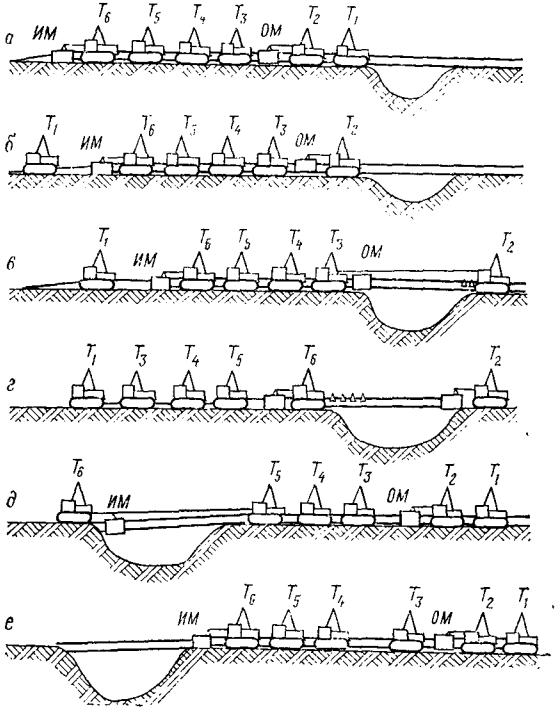


Рис. 48. Технологическая схема сооружения однопролетного воздушного перехода в горных условиях

(ущелья). Затем он перетягивает два троллея по воздушному пролету трасовым буксиром (рис. 48, *в*). Между трубоукладчиками T_2 и T_3 натягивается трос для удержания очистной машины *ОМ* от опрокидывания во время ее движения по пролету. Трос предварительно продевается через две проушины, приваренные к верхней части рамы очистной машины. Машина по воздушному пролету движется на первой скорости; после окончания перехода хобот очистной машины продевается через грузовой трос трубоукладчика T_2, а удерживающий трос снимается, и очистная машина временно остается на месте.

По мере продвижения изоляционной машины к переходу трубоукладчики T_3, T_4, T_5 и T_6 поочередно переезжают назад для поддержания изолированной плети (рис. 48, *г*). Изолированная плеть во избежание порчи покрытия поддерживается мягкими полотенцами. После укладки освободившийся трубоукладчик T_1 переезжает на другую сторону перехода, перетягивает все четыре троллея и становится впереди трубоукладчика T_2 для сопровождения очистной машины.

Высвободившиеся по мере опускания трубопровода трубоукладчики T_3, T_4 и T_5 переезжают на другую сторону перехода, становятся сзади очистной машины и принимают нагрузку, давая возможность продвигаться вперед очистной машине. При этом расстояние между трубоукладчиками не должно превышать 3—4 м.

Для прохода изоляционной машины по пролету натягивается удерживающий трос между трубоукладчиками T_5 и T_6 (рис. 48, *д*), трос предварительно продевается через две проушины, приваренные к верхней части рамы изоляционной машины. На изоляционной машине отключается насос мастики, снимаются оберточный и изоляционный материалы со шпуль, и на первой скорости машина проходит воздушный пролет. После этого поддерживающий трос снимается и трубоукладчик T_6 также переезжает на другую сторону перехода (рис. 48, *е*). Таким образом, закончив переезд, трубоукладчики расставляются в обычном порядке, и колонна продолжает изоляцию и укладку.

СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОПРОЛЕТНЫХ БАЛОЧНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Многопролетные балочные переходы в горных условиях сооружаются независимо от общего строительного

потока. Наиболее трудоемкой операцией здесь является возведение свайных опор.

Опоры многопролетных балочных переходов выполняются, как правило, из плит; промежуточные опоры в зависимости от местных условий выполняют из металлических свай-оболочек с монолитным железобетонным заполнением или полностью монолитными.

Котлованы под опоры в мягких грунтах разрабатывают одноковшовыми экскаваторами типа Э-652 с обратной лопатой; в скальных грунтах — с предварительным рыхлением взрывами шпуровыми зарядами. При малых объемах работ скальные грунты разрыхляют пневмомолотками.

Сборные железобетонные плитные опоры, щиты опалубки, арматурные каркасы для монолитных опор и свай-оболочек изготовляют на базах. Бетон для монолитных железобетонных опор приготавливают, как правило, централизованно, в отдельных случаях его можно приготавливать на месте в передвижных бетономешалках. Плитные опоры укладывают автомобильными кранами типа К-47. Скважины для свай-оболочек бурят станками УКС-22М, оставляя обсадные трубы в скважинах после окончания бурения.

Монолитные железобетонные фундаменты и опоры (установка в проектное положение арматурных каркасов, щитов опалубки и укладка бетонной смеси) устраивают с помощью пневмоколесного крана К-161 или крана-экскаватора Э-652.

При наличии притока грунтовых вод для их откачки применяют передвижные насосные перестановки типа СВА-2 или УОВ-3А.

Многопролетные балочные переходы в горных условиях монтируют в зависимости от местных условий из заранее заготовленных на всю длину перехода или из отдельных секций труб. Трубопровод на опоры укладывают таким образом, чтобы сварные стыки находились на расстоянии не менее 0,5 м от опоры.

Монтаж трубопровода на опоры осуществляется в зависимости от принятой конструкции и местных условий по различным схемам.

Характерным примером технологии строительства балочных переходов в горных условиях может служить строительство многопролетных воздушных переходов трубопровода диаметром 1420 мм в условиях Карпат.

Здесь было применено несколько схем монтажа перехода.

При широкой пойме, проходимой машиной, незначительной глубине и ширине русла применялась схема, изображенная на рис. 49. Высота опор от 3 до 4 м.

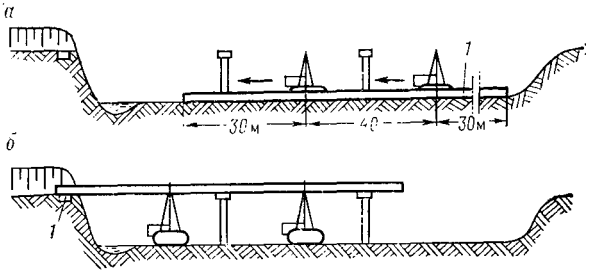


Рис. 49. Схема строительства балочного перехода при широкой и плоской пойме, проходимой машиной:

а — транспортировка плети *1* трубоукладчиками К-594; *б* — укладка плети на опоры; *1* - - опора из плит

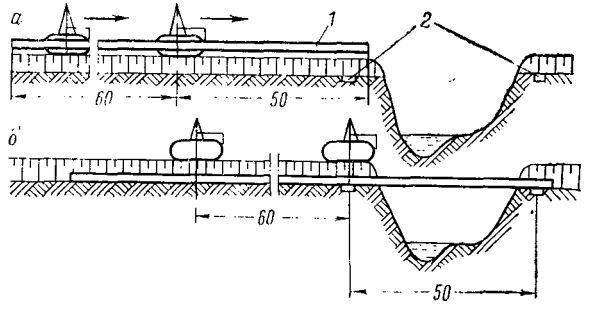


Рис. 50. Схема строительства балочного перехода при невозможности прохода машин по пойме:

а — транспортировка плети трубоукладчиками К-594; *б* — укладка плети на опоры; *1* — плеть; *2* — опора из плит

Секции труб сваривали на пойме вдоль смонтированных опор в плеть. Длина плети выбиралась исходя из местных условий. Для монтажа перехода использовали трубоукладчики К-594, которые поднимали плеть и укладывали ее на опоры с необходимым продольным перемещением.

При резко выраженном русле реки и ширине поймы более 50 м с высокими берегами (5—6 м), когда проход машин по пойме и через русло невозможен, применяли схему (рис. 50), при которой плети в проектное положение укладывали подъемом ее с последующей надвижкой в пролет трубоукладчиками, поддерживающими плеть.

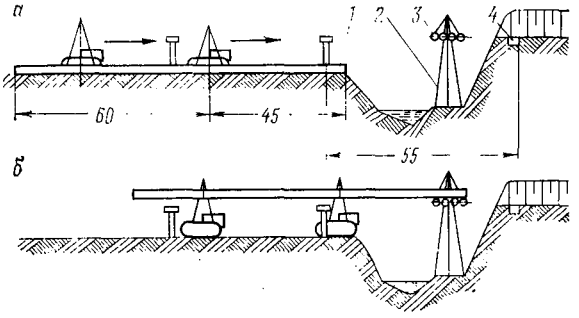


Рис. 51. Схема монтажа перехода с устройством временной опоры с троллейной подвеской:

а — транспортировка плети трубоукладчиками; *б* — укладка плети на опоры; *1* — плеть; *2* — тренога из труб; *3* — троллейная подвеска Т-50; *4* — опора из плит

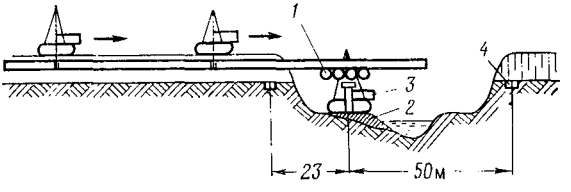


Рис. 52. Схема монтажа перехода с использованием вместо временной опоры трубоукладчика с подвешенной к его крюку троллейной подвеской:

1 — троллейная подвеска; *2* — подсыпка грунта; *3* — трубоукладчик К-594; *4* — опора из плит

Для уменьшения длины консоли в проекте перехода устанавливали временную опору (треногу) *2* с подвешенной к ней троллейной подвеской *3* (рис. 51).

Если пойма неширокая (не более 50 м) и берега невысокие, монтаж перехода аналогичен описанному выше, но вместо установки неподвижной временной опоры для поддержания консоли можно использовать

трубоукладчик К-594 с подвешенной к его крюку тролейной подвеской *1* (рис. 52).

Через реки в узком каньоне с крутыми берегами при широкой пойме, проходимой машинами, сооружали многопролетные переходы с береговыми опорами, которые устанавливали на специально устраиваемых полках. Сборка и сварка плетей при данных условиях осуществлялись в русле в безводный период. Трубопровод на опоры укладывали трубоукладчиками К-594 с необходимым перемещением вдоль оси перехода (рис. 53).

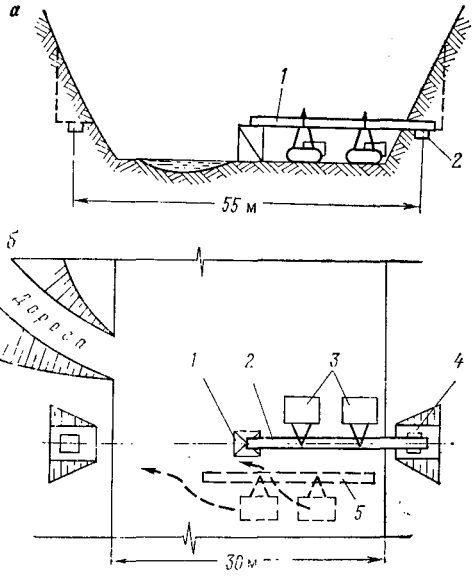


Рис. 53. Схема монтажа перехода через реки с крутыми берегами: *а* — монтаж 1-й секции плети: *1* — секция труб; *2* — опора из плит; *б* — монтаж 2-й секции плети с последующей сваркой на временной инвентарной опоре: *1* — временная инвентарная опора; *2* — 1-я секция плети; *3* — трубоукладчики К-594; *4* — опора из плит; *5* — 2-я секция труб

При пересечении равнинных участков с широкой поймой плеть собирали вдоль опор и монтировали на опоры трубоукладчиками К-594.

Гидравлические испытания плети переходов, а также отдельных секций выполняли до подъема трубопровода на опоры.

ГЛАВА 7

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Подготовительные работы на трассе трубопровода

Для успешного и безопасного ведения основных работ по прокладке магистрального трубопровода в горных условиях необходимо до начала этих работ выполнить подготовительные работы:

убрать с полосы производства работ нависшие каменные глыбы, отдельные валуны, которые в процессе земляных работ могут обрушиться;

возвести предусмотренные проектом противообвальные, противооползневые и водопропускные сооружения;

построить временные дороги и подъезды к трассе трубопровода с устройством переправ и переездов на этих дорогах;

подготовить базы для стоянки и хранения механизмов, стройматериалов и горючего;

организовать в соответствии с графиком производства работ передвижные городки для жилья рабочих и определить источники снабжения их питьевой водой;

расчистить полосу вдоль трассы от деревьев, пней и кустарника.

При прокладке временных дорог и подъездов к трассе необходимо соблюдать следующие нормы:

продольный уклон не должен превышать 10°, и только при наличии специального оборудования допускается уклон до 20°;

кривые должны иметь радиус не менее 15 м;

ширина проезжей части при однопутном движении должна быть не менее 3,5 м с обочинами 0,5 м и устройством разъездов через 300—400 м, при встречном движении ширина проезжей части должна быть 6 м.

До начала расчистки трассы от леса и кустарника необходимо удалить отдельные пни и деревья, которые могут упасть, а также валуны, мешающие работе машин.

Крупные валуны следует предварительно раздробить взрывным способом, а мелкие — удалить бульдозерами.

При скатывании мелких валунов ломами по уклону рабочие должны находиться только с нагорной стороны и действовать ломом от себя, при этом ниже по склону людей не должно быть.

На склонах крутизной более 15° деревья валят только вершиной к подошве склона (под уклон), при этом запрещается работать одному вальщику без помощника и вести какие-либо работы ниже по склону.

На склонах крутизной до 30° расчистку трассы от леса можно вести с применением бульдозеров, тракторных лебедок, корчевателей, а на склонах крутизной более 30° с применением ручного механизированного инструмента или тракторными лебедками, если позволяют условия местности.

Вырубку леса и расчистку местности на заснеженных или каменистых склонах можно начинать только после того, как приняты меры предосторожности от возможных обвалов.

Перед обрубкой сучьев на деревьях, сваленных на склоне крутизной 30° и более, последние предварительно привязывают тросом к вышестоящим крепким пням или деревьям. На склонах крутизной от 15 до 30° привязывают только деревья, обращенные комлевой частью вниз.

При работе на склонах 35° и более рабочие на лесосеках должны быть обеспечены съемными металлическими подковами с шипами (раками).

Земляные работы

Для нормальных условий работы машин на косогорах устраивают полки, выполняемые в виде полунасыпей-полувыемок. Тип полок зависит от крутизны склонов и характера грунта и определяется в каждом случае проектом.

При уклоне косогора от 8 до 18° полка в поперечном профиле должна представлять собой полувыемку-полунасыпь общей шириной не менее 8 м, причем траншея под трубопровод должна быть обязательно расположена в материковом грунте.

При поперечном уклоне более 18° полку устраивают целиком в полувыемке, ширина ее в материке должна составлять не менее 8 м. Отвальный грунт в этом

случае не используется и проезд по нему запрещается.

Для предупреждения сползания насыпной части полок (по основанию) необходимо:

при крутизне косогора до 11° отвальный грунт отсыпать на очищенную от дерна, несколько разрыхленную поверхность косогора;

при крутизне косогора от 11 до 18° до отсыпки грунта поверхность косогора разделывать уступами;

в твердых грунтах IV и V категорий откосы насыпной части полок принимать 1 : 1, а в скальных грунтах VI—IX категорий — 1 : 0,5 и 1 : 0,3;

послойно уплотнять насыпной грунт катками или другим способом.

В пределах разработанных полок при поперечном уклоне более 30° необходимо устраивать ограждение вдоль бровки материкового откоса (на границе полувыемки), препятствующее движению машин по насыпному грунту, который лежит на наружном откосе полувыемки.

На горных полках траншею следует располагать таким образом, чтобы расстояние от ее оси до подошвы нагорного откоса полувыемки составляло не менее 3 м.

При работе на склонах и откосах высотой более 3 м и крутизной более 45°, а при влажных грунтах крутизной 30° рабочие должны пользоваться предохранительным поясом с пеньковым канатом. Один конец каната закрепляется с помощью крюка с карабином к предохранительному поясу рабочего, а второй конец — к надежной опоре или металлическому штырю, заделанному в вертикальный шпур, пробуренный на глубине не менее 0,5 м.

После разработки полувыемки экскаватором или взрывным способом иногда возникает необходимость убрать с откоса отдельные неустойчивые глыбы, оставшиеся козырьки, пни и т. п. Эту работу необходимо выполнять под руководством производителя работ или мастера. Защищать откосы необходимо сверху вниз, при этом необходимо соблюдать следующие требования правил техники безопасности:

при очистке откосов от глыб и валунов необходимо пользоваться ломами; находясь с нагорной стороны, нельзя сдвигать глыбы ногами; рабочие, не занятые непосредственно зачисткой откоса, не должны находиться в опасной зоне;

отбивать куски или дробить камень молотком или кувалдой разрешается только после того, как находящиеся вблизи рабочие отойдут на безопасное расстояние;

между работающими на откосе следует сохранять интервал по горизонтали не менее 5 м;

нельзя приближаться к подошве очищаемого откоса ближе чем на 8 м;

если крупные камни нельзя убрать при помощи ручных инструментов, можно дробить их взрывным способом;

запрещается работать в выемках, откосы которых недостаточно хорошо очищены от кусков породы (откоповшихся от основного массива), или при наличии образовавшихся козырьков и навесей.

На продольных уклонах от 15 до 22° одноковшовым экскаватором разрешается работать при условии его якорения лебедкой, бульдозером или трактором с использованием стального каната диаметром не менее 26 мм.

На продольных уклонах свыше 22° земляные работы выполняются специальными приемами, указанными в проектах производства работ, с использованием бульдозеров и других механизмов.

Рытье траншей роторным экскаватором разрешается на местности с продольным уклоном до 36° при движении его сверху вниз.

Рыть траншеи бульдозером с продольным уклоном местности до 36° разрешается без его анкеровки.

Выполнение работ в полувыемках (на полках) и траншеях, увлажненных после полной или частичной отрывки грунта, допускается при условии, если приняты следующие меры предосторожности:

грунт тщательно осмотрен производителем работ или мастером перед началом смены; в случае необходимости грунт в местах обнаруженных нависей и трещин обрушают;

в случае возникновения опасности обвала временно прекращены работы в выемке до осушения в ней грунта;

уменьшена крутизна откосов на участках, где работы на полках или в выемке являются неотложными;

запрещено движение транспортных средств и механизмов вблизи бровки полунасыпи и бровки откоса полувыемки.

При расположении полок на косогорах с поперечным уклоном более 45° и высотой над дном ущелья более 30 м, а также в местах резких уклонов и поворотов с малыми радиусами в целях обеспечения безопасности допускается местное уширение траншей и полок; уширение в каждом отдельном случае устанавливается проектом.

Разработка траншей на полках должна опережать вывозку и сборку секций труб во избежание порчи последних при буровзрывных работах.

В местах перехода через траншеи должны быть установлены мостики шириной не менее 0,8 м с перилами высотой 1 м.

Основные требования по технике безопасности при буровзрывных работах

При буровзрывных работах следует руководствоваться действующими Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

К производству взрывных работ допускаются лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие «Единую книжку взрывника».

Бурение шпуров для взрывных работ должно выполняться строго по утвержденному проекту.

До начала бурения шпуров следует проверить, отвечает ли забой условиям техники безопасности. При наличии козырьков и нависей необходимо предварительно их обрушить.

Подача сжатого воздуха к перфораторам должна осуществляться резиновыми шлангами длиной 10—15 м через воздухораспределитель.

Бурить шпуры и скважины на высоте более 1,5 м от подошвы забоя разрешается только с надежных инвентарных подмостей или со специальных буровых тележек, рам или кареток.

Запрещается бурение с настилов из досок, уложенных на штанги, вставленные в пробуренные шпуры, а также применять для поддержания бурильных механизмов подставки из досок, обрезков труб и т. п.

Для бурения ручным перфоратором следует применять забурники длиной 0,5—0,8 м.

Извлекать из шпура заклинившийся бур можно

только посредством бурового ключа или специального приспособления.

При замене бура необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы преждевременно не был пущен перфоратор.

Во время работы бурильным молотком запрещается:

перекрывать доступ сжатого воздуха к молотку путем перегибания или перекручивания шланга;

работать без буродержателя;

менять бур, не прекратив доступ сжатого воздуха к нему;

вынимать рукой заклинившийся бур (вынимать следует путем оттягивания молотка или поворачивания бура ключом после его отсоединения);

продувать шланг до отсоединения молотка, выполнять работу по продувке без защитных очков.

Перед тем как прекратить работу, следует сначала закрыть пусковой кран, затем кран на воздухопроводе и только после этого отсоединить шланг от молотка.

Опасная зона при взрывных работах определяется (в зависимости от взрываемых пород и способов взрыва) в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

После сигнала о начале взрывных работ необходимо всем уйти в укрытие или безопасную зону, выйти из которой можно только после сигнала «отбой». Запрещается непосредственно после взрывов начинать на полках какие бы то ни было работы без разрешения руководителя работ.

При обнаружении невзорвавшихся капсюлей или патронов рабочие должны немедленно прекратить работу и заявить об этом руководителю работ. До ликвидации невзорвавшихся шнуров продолжать работу в забое запрещается.

Сварочно-монтажные и изоляционно-укладочные работы

На участках с продольным уклоном от 15 до 30° сварка секций в плеть ведется с применением мер предупреждения от сползания секций вниз, а при уклоне от 30 до 45° — сборка и сварка отдельных труб в секции и плети выполняются на заранее подготовленных площадках.

Во избежание сползания собираемых плетей вниз по склону рекомендуется наращивать трубопроводы в нит-

ку снизу вверх с подачей секций сверху вниз, чем облегчается их центровка. По мере наращивания трубопровода трубоукладчики, поддерживаемые анкерными тросами, продвигаются вниз по склону. Потолочную сварку следует выполнять снизу вверх.

Центровку труб необходимо осуществлять с помощью трубоукладчиков или тракторных лебедок; применять для центровки автомобильные краны запрещается.

Если имеется площадка на вершине горного перевала, секции могут быть подтянуты (подняты) на перевал лебедкой, установленной на вершине, где их изолируют и футеруют. После этого секцию трубопровода подают трубоукладчиком на бровку к началу спуска с горы вдоль трассы, затем трубоукладчиком подвозят вторую секцию и с помощью двух трубоукладчиков выполняют центровку, сварку, изоляцию и футеровку стыка. Обе сваренные секции опускают в траншеи для монтажа нитки. Указанная операция повторяется и с двумя последующими секциями и т. д.

Спускать секции для сварки их в нитку в этом случае нужно трубоукладчиками, перемещающимися от верхних точек косогора книзу. Конец секции при этом крепится к тросу тракторной лебедки, которая удерживает секцию от произвольного сползания вниз.

На косогорных участках, где не представляется возможность использовать полунасыпь, сварку труб в секции, очистку и изоляцию следует вести на соседних к косогору удобных участках с последующей доставкой секций трубоукладчиками по полке к месту спуска в траншею.

При крутизне откосов более 18°, т. е. когда использовать полунасыпь для прохода механизмов нельзя, рекомендуется сварку плетей и изоляцию стыков выполнять на поперечных лежках (металлических или деревянных) над траншеей. Диаметр лежек и длина их определяются расчетом. Готовую плеть поднимают трубоукладчиками и после уборки лежек опускают в траншею.

Изоляционно-укладочные работы в горной местности на участках с продольным уклоном до 15° и на полках с достаточной шириной проезда ведутся теми же методами, что и в обычных условиях.

На местности с поперечным уклоном более 3° под лежки подкладывают выравнивающие опоры или

устраивают земляные призмы, а при уклоне более 6° плеть необходимо закреплять с помощью врытых в землю якорей (столбов).

При работах по очистке, изоляции и опуску трубопровода (раздельным или совмещенным методом) на продольных уклонах от 15 до 25° должны быть приняты следующие меры для предотвращения продольного смещения трубоукладчиков:

при работе на подъеме впереди колонны трубоукладчиков должен двигаться бульдозер, который, перемещаясь задним ходом, помогает трубоукладчикам преодолевать подъем;

при работе под уклон позади колонны трубоукладчиков должен быть расположен подвижной якорь — бульдозер;

трубоукладчики и бульдозер должны быть соединены между собой стальным канатом;

очистная и изоляционная машины должны быть прикреплены канатом к ближайшим трубоукладчикам, передвигающимся впереди этих машин при подъеме и позади при спуске под уклон; для передвижения очистной и изоляционной машин могут быть выделены специальные тракторы;

в отдельных случаях могут быть использованы неподвижные якори с тракторной лебедкой;

число якорей и стальных канатов рассчитывают в зависимости от уклона трассы и состояния грунтов;

для избежания сползания трубоукладчиков, работающих под уклон, на бульдозере должен быть опущен нож, чем создается надежное торможение машин, связанных между собой стальными канатами.

Допускается перемещение очистных и изоляционных машин через овраги и ущелья по трубопроводу с помощью вспомогательных канатов, натягиваемых двумя тракторами или трубоукладчиками, располагаемыми по обе стороны оврага или ущелья.

При продольных уклонах более 25° изоляционно-укладочные работы выполняют совместно со сварочно-монтажными работами; на горизонтальных площадках перевала сваривают плеть из двух секций, очищают, изолируют, футеруют и опускают в подготовленную траншею. Конец плети опирается на специальные сани.

В горных условиях целесообразно применять в качестве изоляционного материала полимерные ленты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Габелая Р. Д.* Строительство газопровода диаметром 1420 мм в горных условиях. Научно-технический обзор. М., изд. ВНИИЭгазпром, 1973. 44 с. с ил.

2. *Единые* правила безопасности при взрывных работах. М., «Недра», 1976. 240 с. с ил.

3. *Минаев В. И.* Машины для строительства магистральных трубопроводов. М., «Недра», 1973. 432 с. с ил.

4. *Миндели Э. О.* Разрушение горных пород взрывом. М., «Недра», 1974. 168 с. с ил.

5. *Правила* техники безопасности при строительстве магистральных трубопроводов. М., «Недра», 1972. 156 с.

6. *Рекомендации* по технологии и организации механизированного строительства трубопроводов из труб диаметром 1420 мм в условиях гор. М., изд. ВНИИСТ, 1972. 46 с. с ил.

7. *Бородавкин П. П.* Подземные трубопроводы. М., «Недра», 1973. 302 с. с ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ 3

Общие положения организации строительства и производства работ 3
Особенности эксплуатации строительных машин при работе в горной местности 5
Параметры строительной полосы при прокладке трубопроводов в горных условиях 11

Глава 2. ТРАСПОРТИРОВАНИЕ ТРУБ И ПЛЕТЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ 13

Характеристика транспортных средств, применяемых на строительстве трубопроводов 13
Параметры работ транспортных машин в горных условиях 17
Организация транспортного процесса 23

Глава 3. ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ 31

Строительство дорог и подъездов 32
Сооружение полок в мягких грунтах 33
Разработка траншей на продольных уклонах в мягких грунтах 40
Разработка траншей на полках в скальных грунтах . 45
Засыпка траншей в скальных грунтах 46
Комплектование и организация работы землеройных колони 47
Контроль качества и приемка земляных работ . . . 53

Глава 4. БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОЛОК И ТРАНШЕЙ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ 54

Бурение шпуров и скважин при ведении взрывных работ в скальных грунтах 55
Взрывчатые вещества и средства взрывания, применяемые для взрывных работ в скальных грунтах . . . 59
Взрывные работы по подготовке полосы строительства магистральных трубопроводов 64
Взрывные работы при сооружении полок 69
Взрывные работы при строительстве траншей на полках в скальных породах 85
Организация и безопасность ведения взрывных работ при сооружении магистральных трубопроводов в горных условиях 87

Глава 5. МОНТАЖНЫЕ И ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ 96
Особенности сварочно-монтажных работ в горах . . 96
Технологические схемы монтажа трубопроводов в горных условиях 98
Организация изоляционно-укладочных работ при сооружении трубопроводов диаметром 720—820 мм в горных условиях 103
Технология изоляционно-укладочных работ при сооружении трубопроводов диаметром 1420 мм в горных условиях 107
Технология строительства трубопроводов диаметром 1420 мм на участках с уклоном свыше 25° 118
Параметры изоляционно-укладочной колонны при работе на продольных уклонах 122
Определение числа трубоукладчиков в изоляционно-укладочной колонне при сооружении трубопроводов в горных условиях 125

Глава 6. СТРОИТЕЛЬСТВО НАДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ 126
Строительство однопролетных балочных переходов . . 127
Строительство многопролетных балочных переходов . 130

Глава 7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ 135

Список литературы 143

ИБ № 589

ПЕТР ПЕТРОВИЧ БОРОДАВКИН,
ВЛАДИМИР МОИСЕЕВИЧ ГЛОБА

СООРУЖЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ В ГОРАХ

Редактор издательства Г. В. Растова
Переплет художника А. Е. Чучканова
Художественный редактор В. В. Шутько
Технический редактор Н. В. Балашова
Корректор Н. А. Громова

Сдано в набор 20.12.77. Подписано в печать 31.01.78. Т-00061. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага № 2. Гарнитура литер. Печать высокая. Печ. л. 4,5. Усл. п. л. 7,56. Уч.-изд. л. 7,67. Тираж 2500 экз. Заказ 1872/7292—8. Цена 25 коп.

Издательство «Недра». 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.