

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы
аспирантуры
профессор А.М. Щипачёв

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ,
БАЗ И ХРАНИЛИЩ**

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	2. Технические науки
Группа научных специальностей:	2.8. Недропользование и горные науки
Научная специальность:	2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ
Отрасли науки:	Технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	4 года
Составитель:	Профессор И.А. Шаммазов

Санкт-Петербург

ВВЕДЕНИЕ

При строительстве магистральных трубопроводов пересекают большое количество различных естественных и искусственных препятствий. Такие пересечения называются переходами. В зависимости от вида препятствий переходы подразделяются на подводные, воздушные, подземные.

Как правило, подземные переходы сооружаются при пересечении трубопроводами автомобильных и железных дорог.

По данным ВНИИСТ в среднем на каждые 10 км линейной части магистрального трубопровода приходится 60-195 м переходов, прокладываемых под дорогами. В среднем ежегодно сооружалось около 1 тыс. переходов под дорогами.

Независимо от способов прокладки удельные затраты на сооружение одного метра перехода значительно выше затрат на сооружение линейной части трубопровода. Так, например, средняя стоимость строительства одного метра подземного перехода, прокладываемого бестраншейным способом, на 10-15% выше средней стоимости подводных переходов и на 10-15% выше стоимости воздушных /1/.

I. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕЩЕНИЯ РАБОТ ПРИ ИХ СООРУЖЕНИИ

Проектирование переходов осуществляется на основе материалов предварительно проведенных изысканий, основной целью которых является выбор места перехода и определение объема инженерно-геологических работ.

По требованиям СНиП 02.05.06-85 переходы через железные и автомобильные дороги следует прокладывать в местах прохождения дорог по насыпям, либо в местах с нулевыми отметками. Сооружение переходов в выемках допускается только в исключительных случаях при соответствующем обосновании.

При выборе места подземного перехода магистрального трубопровода необходимо соблюдать следующие требования:

- Трубопровод, прокладываемый на переходах через железные и автомобильные дороги, должен предусматриваться в защитном кожухе, диаметр которого должен быть более наружного диаметра трубопровода не менее чем на 200 мм;
- Длина кожуха(патрона), прокладываемого на переходе, должна быть наименьшей;
- Пересечение трубопровода с дорогой должно осуществляться, как правило, по прямым углом (но не менее 60°) ;
- Кожух перехода должен размещаться в относительно сухих грунтах.

В общем случае длина кожуха и участка перехода зависит от ширины полотна, высоты насыпи, крутизны откосов и угла пересечения осей дороги и трубопровода.

Типовые схемы переходов магистральных газо- и нефтепроводов приведены на рис. 1.

Концы футляра должны выводиться на расстояние:

а) при прокладке трубопровода через железные дороги: от сей крайних путей – 25 м, но не менее 5 м от подошвы откоса насыпи и 3 м от бровки откоса выемки;

б) при прокладке трубопровода через автомобильные дороги – от бровки земляного полотна – 10 м, но не менее 2 м от подошвы насыпи.

Концы футляров, устанавливаемых на участках переходов нефтепроводов и нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги III и IV категории, должны выводиться на 5 м от бровки земляного полотна.

Категорийность автомобильных дорог и их размеры согласно /2/ приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1.

Категорийность автомобильных дорог в зависимости от интенсивности движения.

Категории дорог	Расчетная интенсивность движения, авт/сут		Народнохозяйственное и административное значение автомобильных дорог
	2	3	
I-а	Свыше 1400	Свыше 7000	Магистральные автомобильные дороги общегосударственного значения(в том числе международного сообщения)
I-б	Свыше 1400	Свыше 7000	Автомобильные дороги общегосударственного(не отнесенные к I-а категории), республиканского, областного (краевого) значения
II	Свыше 6000 до 14000	Свыше 3000 до 7000	Автомобильные дороги республиканского, областного (краевого) значения (не отнесенные к I-б и II категориям), дороги местного значения
III	Свыше 2000 до 6000	Свыше 1000 до 3000	Автомобильные дороги общегосударственного, республиканского, областного (краевого) значения (не отнесенные к I-б и II категориям), дороги местного значения
IV	Свыше 200 до 2000	Свыше 100 до 1000	Автомобильные дороги общегосударственного, республиканского, областного (краевого) значения (не отнесенные к I-б, II и III категориям)
V	До 200	До 100	Автомобильные дороги местного значения (кроме отнесенных к III и IV категориям)

Примечание. Расчетная интенсивность в транспортных единицах принимается в тех случаях, когда легковые автомобили будут составлять менее 30% транспортного потока.

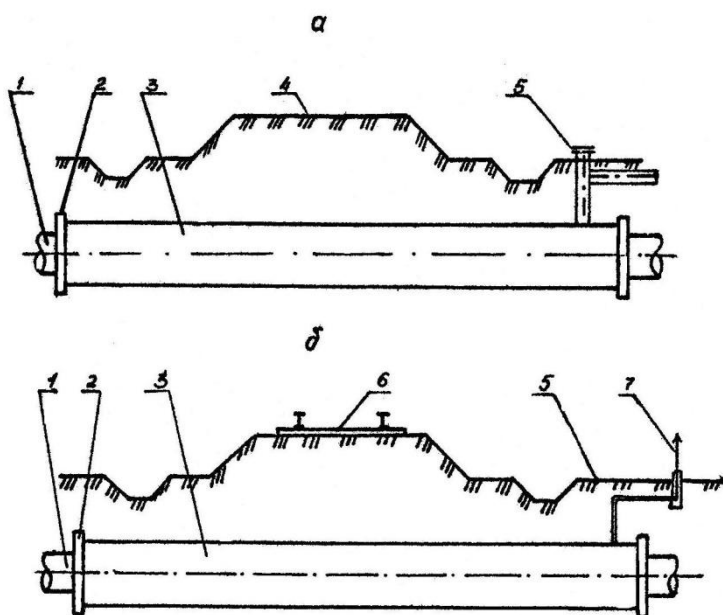


Рис. 1. Схемы переходов магистральных трубопроводов;
 а- переход нефтепровода под автомобильной дорогой;
 б- переход газопровода под железной дорогой.
 1-трубопровод; 2-сальник; 3-кожух; 4-полотно
 дороги; 5-отводная труба; 6- железнодорожная
 колея; 7- свеча

Таблица 2

Основные параметры автомобильных дорог

Параметры элементов дорог	Категории дорог					
	1-а	1-б	II	III	IV	V
Число полос движения	4,6,8	4,6,8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	4,5
Ширина проезжей части, м	2*7,5	2*7,5	7,5	7	6	4,5
	2*11,25	2*11,25				
	2*15	2*15				
Ширина обочины, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными	6	5	-	-	-	-

направлениями движения, м						
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	2,5	27,5	15	12	10	8
	36	43,5	35	42,5		

Категорийность железных дорог с колеей 1520 мм и их размеры согласно / 3 / приведены в табл.3 и 4

Таблица 3

Категории железных дорог в зависимости от их назначения

Категория железной дороги	Общее народнохозяйственное значение железных дорог	Размеры движения пассажирских поездов на пятый год эксплуатации, пар в сутки
I	Железнодорожные магистрали(линии) или их составные участки, обеспечивающие основные общегосударственные связи внутри стран или в сообщениях с другими странами	Св.12, кроме пригородных поездов или св.50 пригородных поездов
II	Железнодорожные магистрали или их составные участки, обеспечивающие преимущественно межрайонные грузовые и пассажирские перевозки внутри страны или в другими странами	5-12, кроме пригородных поездов
III	железнодорожные линии,	Не св.4, кроме

	обеспечивающие преимущественно грузовые и пассажирские перевозки местного значения	пригородных поездов
IV	железнодорожные линии местного значения, не имеющие перспективы роста грузонапряженности до десятого года эксплуатации	-
V	Подъездные пути и соединительные пути на станциях	-

Таблица 4

Размеры земляного полотна железнодорожных дорог

Категория линии, подъездного пути	Число главных путей	Ширина земляного полотна на прямых участках пути, м, при использовании грунтов	
		Глинистые и недренирующих песков мелких и пылевых	Скальных крупнообломочных песков и песчаных дренирующих
I	2	11,1	10,1
I	1	7	6
II	1	6,5	5,8
III	1	6	5,2
IV	1	5,5	5
V	1	5,5	5

Примечание. Расстояние от оси второго пути до бровки земляного полотна следует принимать равным 3,5 м при глинистых грунтах и 3 м при скальных, крупнообломочных и песчаных дренирующих.

На подземных переходах газопроводов через железные и автомобильные дороги концы защитных футляров должны иметь уплотнения из диэлектрического материала.

На одном из концов футляра следует предусматривать вытяжную свечу на расстоянии по горизонтали не менее:

От оси крайнего пути и железных дорог общего пользования.....40
м

То же промышленных дорог.....25
м

От подошвы земляного полотна автомобильных дорог.....25
м.

Заглубление участков трубопроводов, прокладываемых под железными дорогами общей сети, должно быть не менее 2 м от подошвы рельса до верхней образующей защитного футляра, а в выемках и на нулевых отметках, кроме того, не менее 0,5 м от дна кювета, лотка или дренажа.

Заглубление участков трубопроводов, прокладываемых под автомобильными дорогами всех категорий, должно приниматься не менее 1,4 м от верха покрытия дороги до верхней образующей защитного футляра, а в выемках и на нулевых отметках, кроме того, не менее 0,4 м от дна кювета, водоотводной канавы или дренажа.

При прокладке трубопровода без защитных футляров вышеуказанной глубины следуют принимать до верхней образующей трубопровода.

2. КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕХОДОВ

Основными частями переходов магистральных трубопроводов по дорогами(рис. 2) являются:

Защитный кожух;

Рабочий трубопровод;

Опоры;

Сальники;

Отводная труба;

Вытяжная свеча;

Выпускной колодец.

2.1 Защитные кожухи (футляры)

Защитные кожухи предназначены для предохранения рабочего трубопровода на переходах от воздействия нагрузок, создаваемых движущимся транспортом, а также от агрессивного воздействия грунтовых вод и блуждающих токов.

Кроме того, они предохраняют земляное полотно дороги от разрушения в случае разрыва рабочего трубопровода, а также позволяют при необходимости заменять или ремонтировать трубопровод без нарушения интенсивности движения автомобильного или железного транспорта.

Основными параметрами защитного кожуха является его длина, диаметр и толщина стенки.

Диаметр защитного кожуха зависит от диаметра рабочего трубопровода, конструкции его изоляционного покрытия, толщины футеровки и необходимого монтажного зазора для размещения в кожухе трубопровода.

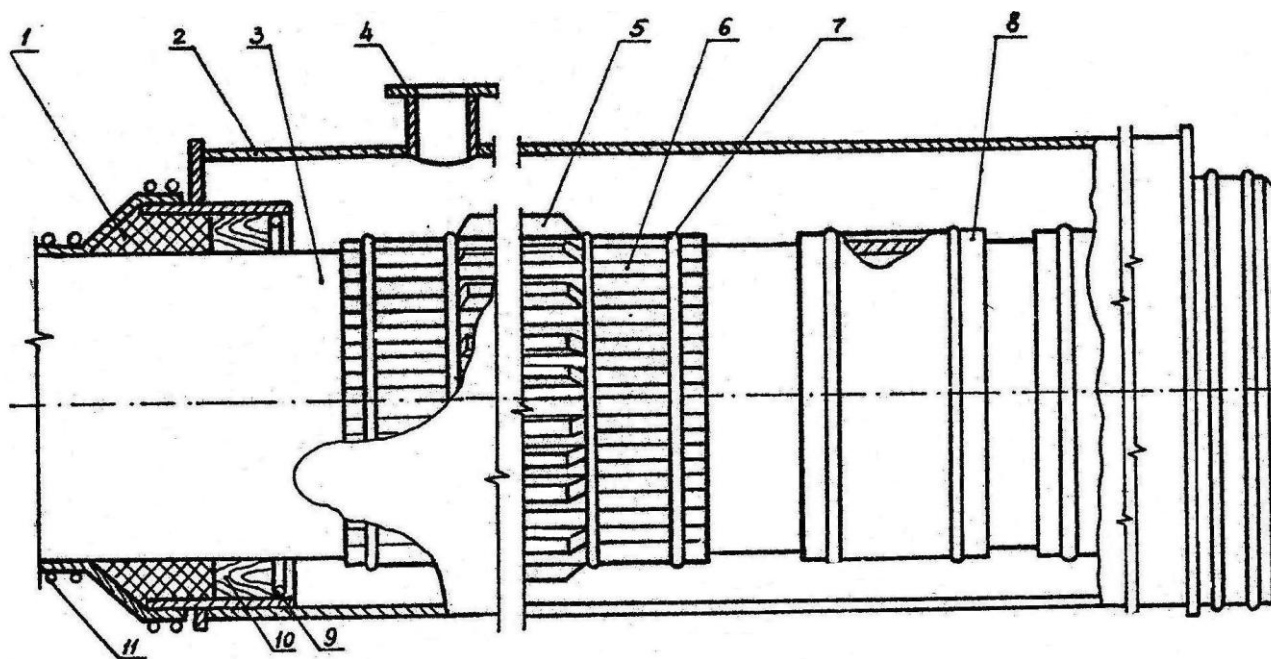


Рис. 2. Конструкция перехода:

- 1- сальник; 2-защитный кожух; 3-рабочий трубопровод;
- 4-отводная труба; 5-опора; 6-футеровочные рейки;
- 7-стяжные хомуты; 8-кольцо из гидроизола; 9- упорное кольцо; 10- бруски; 11-бандаж

Ориентировочное значение диаметра кожуха может быть определено по формуле (I) или табл.5:

$$D_{\text{нк}} \approx \frac{D_{\text{нк}}}{0,9 * D_{\text{нк}} - 85}$$

$D_{\text{нк}}$ - наружный диаметр рабочего трубопровода, мм.

Таблица 5

Диаметр и толщины стенки кожуха в зависимости от способа прокладки(по данным Мосгипротранса / I /)

Наружный диаметр рабочего трубопровода, мм	Наружный диаметр защитного кожуха, мм	Толщина стенки защитного кожуха, мм		
		Открытый способ	Бестраншейный способ	
			Горизонтальное бурение	Продавливание, прокалывание
159	325	8	8	9
219	377	9	9	10
273	426	9	9	11
325	530	9	10	12
426	630	10	10	12
530	720	10	10	12
630	820	10	10	12
720	920	10	10	12
820	1020	10	11	14
920	1220	10	11	14
1020	1220	10	11	14
1220	1420	11	12	14
1420	1720	16	16	16

2.2. Рабочий трубопровод

Толщина стенки рабочего трубопровода рассчитывается с учетом категоричности участка по СП 36.1330.2012. Сваренный рабочий трубопровод (перед нанесением на него изоляции и размещением в кожухе) подвергается 100%-ному контролю сварных стыков и предварительному испытанию на прочность и герметичность.

Все сварные рабочего трубопровода контролируются методами просвечивания гамма-лучами. Испытание рабочего трубопровода на прочность и герметичность выполняют в основном гидравлическим способом.

2.3. Опоры

Рабочий трубопровод размещается в кожухах на опорах. Основное назначение опор состоит в следующем:

1. Обеспечение проектного положения трубопровода относительно кожуха;
2. Создание электрической изоляции рабочего трубопровода, препятствующей протеканию блуждающих токов между кожухом и трубопроводом.

Применяются следующие виды опор:

- 1) ползунковые – деревянных брусьев сечением 40х40 или 40х60 и длиной 3,4...5,6(рис. 2)
- 2) роликовые(рис. 3)

2.4. Сальники

Основное назначение сальников состоит в следующем:

- 1) предохранить полость кожуха от проникновения влаги;
- 2) обеспечивать некоторую подвижность рабочего трубопровода при температурных расширениях.

Сальники монтируются на концах кожуха и по своей конструкции разделяются на следующие виды:

- а) поджимные;

- б) набивные;
- в) щитовые;
- г) глухие.

Наибольшее распространение при сооружении переходов получили набивные сальники.

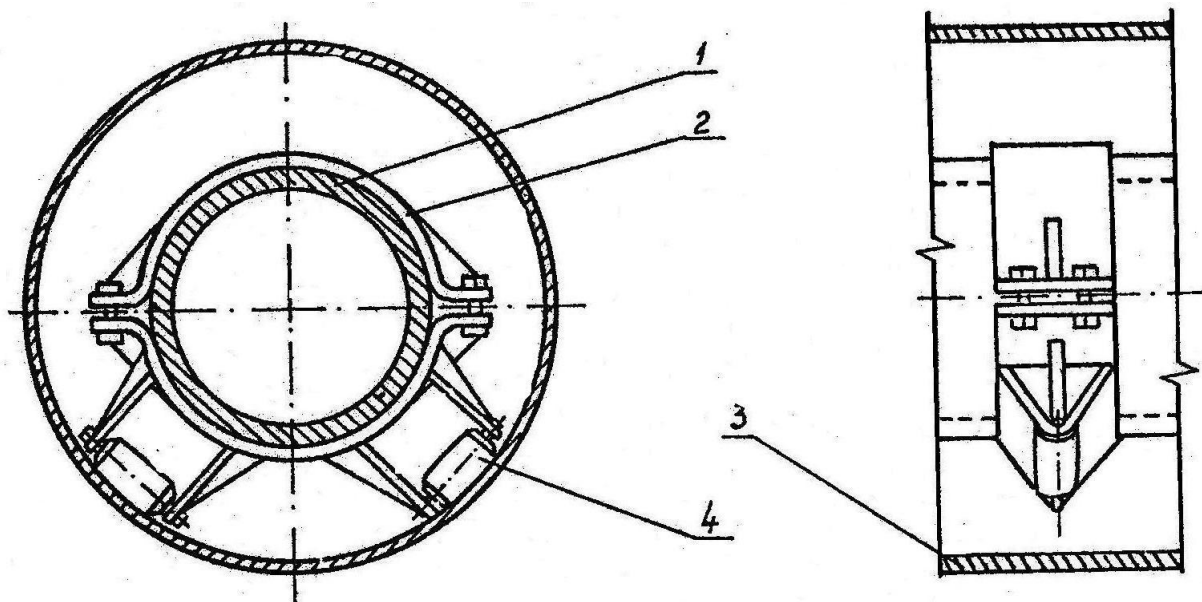


Рис. 3. Роликовая опора:
 1-рабочий трубопровод; 2-хомут; 3-защитный кожух; 4- ролик

2.5. Вытяжные свечи и отводные колодцы

Вытяжные свечи применяются только на переходах газопроводов. Они предназначены для отвода газа в атмосферу из полости кожуха в случае утечки газа или при разрыве рабочего трубопровода.

Диаметра свечей зависят от диаметров рабочих трубопроводов и принимаются от 50 до 150 мм.

Диаметр отводной трубы должен быть равен диаметру свечи, высота свечи – не менее 5 м.

Вытяжные свечи устанавливают на бетонный фундамент глубиной 1,9...2,5 м. На верхнем конце свечи укрепляют защитный клапан для предотвращения попадания в кожух дождя и снега.

Отводные колодцы устанавливают на переходах нефтепродуктопроводов. Монтируют их на конце кожуха, расположенном в пониженном месте

перехода. Расстояние от свечи колодца до дорог принимается в следующих пределах:

- ✓ До головки рельса крайнего пути железной дороги общего назначения – не менее 25 м;
- ✓ До промышленных железных дорог – не менее 15 м;
- ✓ До бровки земляного полотна автомобильных дорог I и II категорий – не менее 10 м;

Не переходах под автомобильными дорогами III и IV категорий отводные колодцы не устраивают.

3. СООРУЖЕНИЕ ПЕРЕХОДОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

При открытом способе сооружения переходов для укладки кожуха разбирают верхние строения путей или покрытие дороги, раскапывают насыпь и роют траншею в грунте ниже подошвы насыпи.

В зависимости от категории дороги и местных условий существуют следующие виды сооружения переходов открытым способом:

- А. С прекращением движения транспорта;
- В. С некоторым сокращением интенсивности движения транспорта;
- С. Без нарушения интенсивности движения транспорта.

Сооружение переходов открытым способом с прекращением движения транспорта применяют при пересечении автомобильных дорог III-V категорий, имеющих верхние дорожные покрытия низших типов. В этом случае сооружают объездную дорогу, по которой и будет временно направлено движение транспорта с принятием мер безопасности, исключающих движение транспорта на вскрываемом участке дороги (устанавливают ограждения, дорожные знаки, световые сигналы и т.д.).

Затем разбирают полотно доги и приводят весь комплекс работ, выполняемых обычно при сооружении магистрального трубопровода (рытье траншеи, сварка, изоляции и укладка кожуха, засыпка траншеи).

Прокладку защитных кожухов с некоторым сокращением интенсивности движения транспорта применяют при пересечении автомобильных дорог III и IV категории с шириной полотна не менее 6 м и высотой до 2 м. В этом случае проезжую часть дороги делят на 2 участка. На одном из них перекрывают движение транспорта и на нем выполняют работы, а по второму участку открывают двухстороннее движение с поочередным пропуском , автомобилей то в одном, то в другом направлении. Затем выполняют все виды работ, необходимых при сооружении трубопровода. После окончания работ на первой половине дороги по ней открывают движение, а вторую половину дороги перекрывают и приступают к прокладке второй секции кожуха. Таким образом, кожух сваривается из 2-х заранее подготовленных секций. Концы этих секций во избежание попадания грунта при укладке их в траншею закрывают съемной заглушкой, которую снимают при монтаже и приварке между собой секции кожуха.

Прокладку защитных кожухов без нарушения интенсивности движения транспорта применяют при сооружении переходов под автомобильными и железными дорогами любого назначения и категорий при незначительном снижении скорости движения на участке строительства перехода. Это достигается тем, что над траншеей до её разработки предварительно монтируют временные мосты, состоящие из металлических и деревянных конструкций.

Наибольшее распространение при строительстве переходов под автомобильными дорогами получили инвентарные мосты, а при строительстве под железными дорогами – рельсовые, сварные и балочные пакеты.

Переездные мосты для автомобильных дорог состоят из металлических рам, на которых закреплен деревянный настил из брусьев толщиной 15...20 см. Для каждой полосы движения дороги используется отдельный мост.

При пересечении трубопроводами железных дорог сооружение переходов открытым способом осуществляют с применением переездных мостов из

рельсовых пакетов или инвентарных мостов, монтируемых на участках перехода из пакетов сварных конструкции.

4.СООРУЖЕНИЕ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ

Бестраншейный способ прокладки кожухов может применяться под любой дорогой. Он не требует снижения интенсивности и скорости движения транспорта в период проведения работ, т.к. все работы выполняются без нарушения земляного полотна и верхних покрытий или строений дороги.

Бестраншейный способ прокладки кожухов может осуществляться следующими методами:

- 1) прокалыванием;
- 2) продавливанием;
- 3) горизонтальным бурением.

4.1. Прокладка защитных кожухов методами прокалывания

Методы прокалывания применяют для прокладки защитных кожухов диаметром до 426 мм в суглинистых и глинистых грунтах нормальной влажности, не содержащих твердых включений.

При этом прокладываемая труба-кожух, снабженная специальным наконечником, вдавливается в грунт под воздействием напорных усилий.

Наконечники монтируются на переднем конце прокладываемой трубы-кожуха и предназначены для уменьшения сопротивлений, возникающих при деформации грунта.

Наружный диаметр наконечника на 20-50 мм больше диаметра прокладываемого кожуха, благодаря чему /у стенкой скважин и кожухом создается некоторый зазор, снимающий силу трения при движении трубы-кожуха в грунте.

Конструкции наконечников приведены на рис. 4.

Наиболее распространены конусные наконечники (рис. 4 а, б, в, д). Проникал в грунт, они уплотняют его вокруг себя, создавая прочную

оболочку. Однако, встречая на своем пути породы различной плотности или какие-либо посторонние включения (например, камни), особенно при значительной длине прокалывания, кожухи могут отклоняться на значительные расстояния от проектной линии прокалывания.

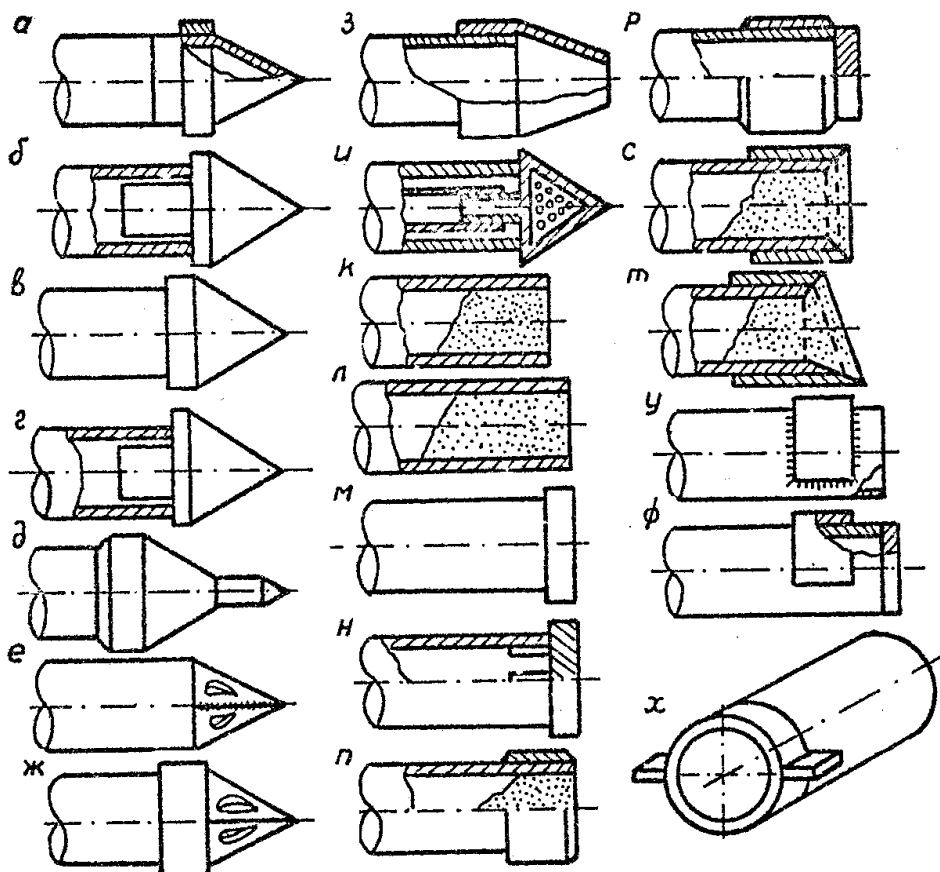


Рис. 4. Наконечники для прокладки кожухов методом прокалывания

В некоторых случаях в грунтах нормальной и повышенной влажности применяют конусные наконечники с отверстиями (рис. 4 е, ж, з), которые предназначены для частичного проникновения грунта в полость кожуха. При этом уменьшается количество грунта, сдвигаемого за пределы скважины, и снижается сопротивление грунта прокалыванию.

Для прокладки кожухов в глинистых и лессовые грунтах с пониженной влажностью применяют конусный наконечник с отверстиями (рис. 4 и), который позволяет осуществлять предварительное увлажнение грунта в зоне прокола.

При небольшой длине прокладки применяют прокалывание открытым концом прокладываемой трубы-кожуха без какого-либо наконечника (рис. 4

к) или с расширительным кольцом, приваренным к трубе-кожуху (рис. 4 л). В этих случаях прокладываемых кожух открытым концом вдавливаются в грунт, которые в виде керна проникает в полость кожуха, образуя плотную пробку. При дальнейшем продвижении кожуха впереди его торца образуется уплотненное ядро, форма которого напоминает конус с притуплённой вершиной.

Обычно после окончания прокладки конец кожуха с грунтовой пробкой отрезают и выбрасывают, т.к. для её удаления требуется большое усилие.

Иногда для упрочения открытого конца трубы его укрепляют кольцевыми ножами с внешним или внутренним скосом (рис. 4, п, с, т, у, х).

И, наконец, чтобы избежать полностью попадания грунта в полость кожуха, применяют наконечники с заглушками (рис. 4, м, н, р, ф). В этом случае прокалывание происходит с образованием конической грунтовой пробки большой плотности, т.е.: как и при прокалывании, открытым кожухом, но грунт не попадает в кожух.

Одна из наиболее распространенных схем проведения работ по прокладке кожухов прокалыванием изображена на рис. 5..

Установка состоит из гидродомкрата, который соединен трубками высокого давления с насосной станцией, расположенной на поверхности земли вблизи рабочего котлована.

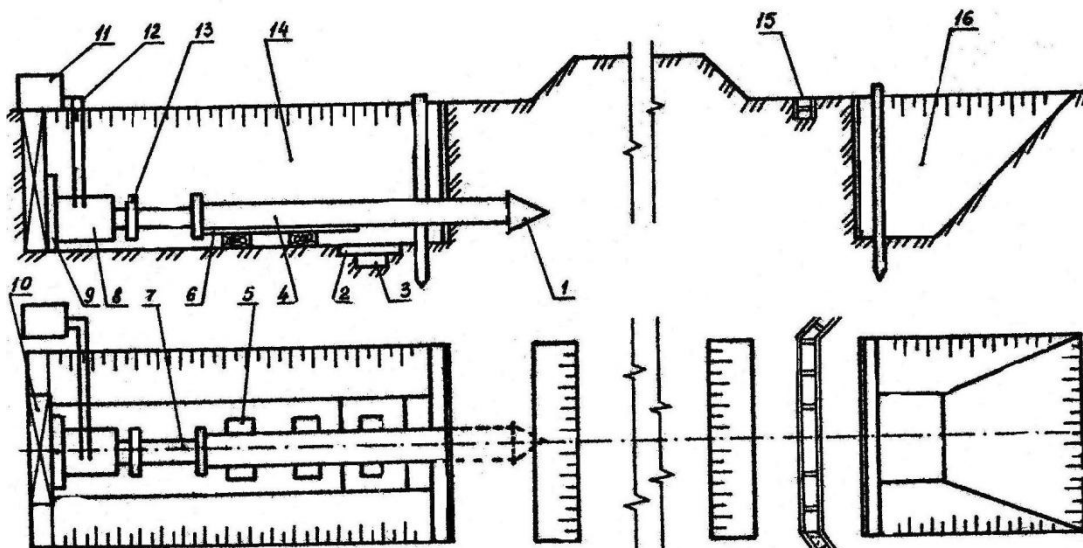


Рис. 5. Схема проведения работ по прокладке кожухов методом прокалывания:
 1-наконечник; 2-приямок для сварки; 3-приямок для стока
 грунтовых вод; 4-кожух; 5-шпалы; 6-направляющая рама; 7-нажимной
 патрубков; 8-гидродомкрат; 9-опорный башмак; 10-упорная стенка;
 11-насосная станция; 12- патрубки высокого давления; 13-нажимная
 заглушка; 14-рабочий котлован; 15-обводной лоток; 16- приемный
 котлован

Труба- кожух устанавливается на горизонтальную направляющую раму, которая через шпалы опирается на дно рабочего котлована, имеется приямок для сварки звеньев кожуха в потолочном положении и приямок для стока грунтовых и дождевых вод.

Прокладка кожухов прокалыванием при помощи гидродомкратной установки осуществляется звеньями следующим образом: подготовленное для прокладки первое звено кожуха с укрепленным на нем конусным наконечником опускают на направляющую раму и продвигают вперед до упора в переднюю стенку котлована. На втором конце звена кожуха устанавливается торцевая нажимная заглушка, в которую упирается шток гидродомкрата.

Нажимное усилие гидродомкрата через торцовую нажимную заглушку передается на торец прокладываемого кожуха, в результате чего он движется вперед и входит в грунт на некоторую часть своей длины.

Длина заглубления кожуха за первый цикл значительно меньше длины хода штока, т.к. во время первого цикла, прежде всего, устраняются зазоры, допущенные при монтаже оборудования, и осадка упорной стенки за счет упругой деформации грунта.

После первого цикла шток гидродомкрата вместе с нажимной заглушкой возвращается в исходное положение, а в образовавшийся просвет между заглушкой и торцом кожуха вставляется первый нажимной патрубок длиной l м.

Переключив гидродомкрат на рабочий ход, проводят второй цикл. После второго цикла вместо первого патрубка вставляют двухметровый патрубок и совершают третий цикл и т. д.

Когда первое звено кожуха войдет в грунт почти на всю длину и торцовый конец окажется над приямок для сварки, нажимные патрубки убирают и на направляющие укладывают второе звено кожуха. Концы первого и второго звеньев центрируют и сваривают.

Порядок операций по проколу и наращиванию звеньев кожуха повторяется до тех пор, пока лобовой конец первого звена кожуха не выйдет в приемный котлован.

Нажимное усилие, необходимое для продвижения в грунте прокладываемого кожуха, можно определить по следующей формуле:

$$P = \frac{\pi \cdot R_c^2 \cdot \sigma_{упл}}{N_0} + q_k \cdot L_c \cdot f \cdot g$$

где R_c – радиус сечения скважины, м ;

$\sigma_{упл}$ – сопротивление грунта уплотнению, Н/м²;

N_0 – пористость грунта до прокалывания;

g – ускорение свободного падения;

q_k – масса 1 м трубы-кожуха, кг;

L_c – длина скважины (проходки), м;

f – коэффициент трения стали по грунту.

Значения величин N_0 , f и q_k можно брать согласно табл. 6.

Таблица 6

Расчетные величины N_0 , f и q_k для разных грунтов

Грунт	N_0 ,	f	q_k
Песчаны	0,35...	0,6...0,	50...

й	0,5	8	60
Глинист	0,3...0,	0,5...0,	15...
ый	6	75	28

4.2. Прокладка защитных кожухов методами продавливания

Эти методы характеризуются тем, что прокладываемые защитные кожухи открытым концом, снабженным кольцевым ножом с наружным или внутренними скосами, вдавливают в массив грунта. При этом грунт, поступающий в полость кожуха, разрабатывают и удаляют ручным или механическим способами.

Прокладка кожухов этими методами осуществляется звеньями длиной 6-12 м путем их наращивания сваркой.

Технологический процесс продавливания патрона производится так же, как и при прокалывании- циклично.

Образующаяся внутри патрона пробка из грунта разрабатывается ручным способом (при диаметре кожуха свыше 800 мм) и удаляется специальной тележкой (или совком), передвигающейся в патроне с помощью лебедки. Однако скорость продавливания при ручной разработке очень низка, поэтому чаще применяют установки с механизированной разработкой грунта. Технологический процесс продавливания в этом случае существенно не изменяется.

Схема установки разработки грунта этим способом приведена на рис. 6.

По окончании продавливания патрона начинает работать самоходный ковш, служащий для разрушения образовавшейся в патроне грунтовой пробки. Внутри кожуха ковш передвигается по однорельсовому пути. В кожух ковш входит вверх дном, а дойдя до конечного положения, автоматически поворачивается в рабочее положение. Ковш выносит грунт из кожуха на разгрузочную платформу, где поворачиваясь на 180°, высыпает его и снова возвращается в кожух за следующей порцией грунта.

Проходка продавливанием применяется для прокладки кожухов диаметром 529-1820 мм на длину 60...80 м в грунтах всех категорий.

Сооружение переходов продавливанием диаметром до 820 мм по условиям техники безопасности выполняется только с механизированной разработкой грунта.

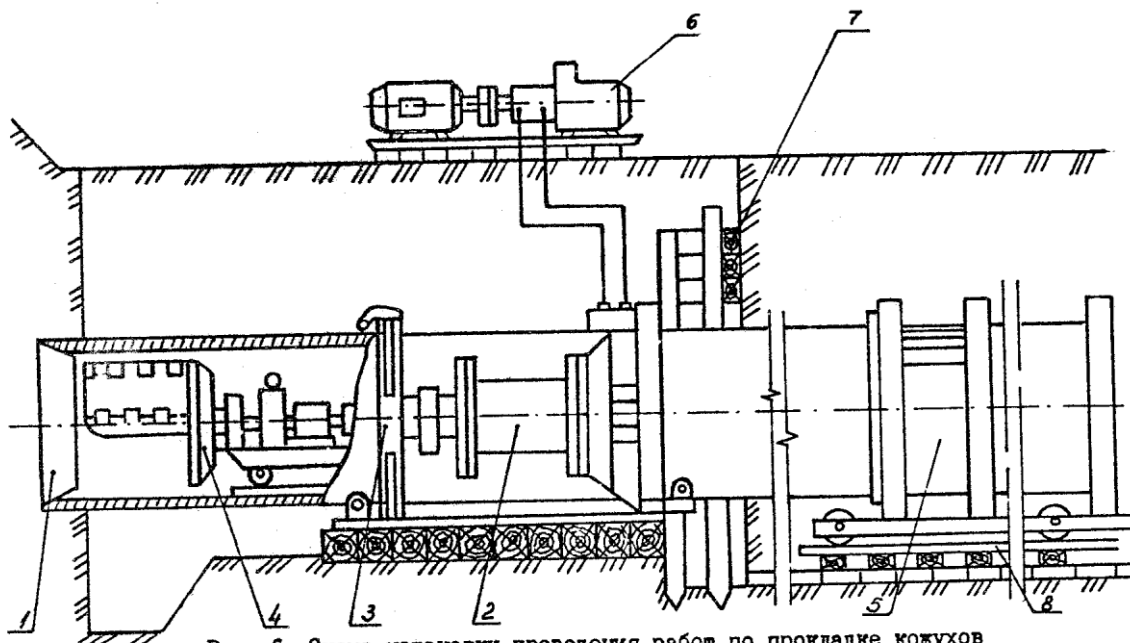


Рис. 6. Схема установки проведения работ по прокладке кожухов методом продавливания:
1-ножевое звено; 2-гидродомкрат; 3-зажимной хомут;
2-самоходный ковш; 5-разгрузочная платформа; 6-насос высокого давления; 7-упорная стенка; 8-рельсы

4.3. Прокладка защитных кожухов методом горизонтального бурения

Отличительные особенности данного метода следующие:

разработка грунта по площади сечения скважин несколько опережает продвижение защитного кожуха в скважину;

разработка и удаление грунта производится одновременно.

Прокладку кожухов методом горизонтального бурения осуществляют либо путем последовательного наращивания их звеньев, либо на всю длину предполагаемой прокладки.

Горизонтальное бурение осуществляется установками УГВ (ГБ) или типа "Запорожец".

Схема горизонтального бурения установкой УГВ приведена на рис. 7. Основной частью установки является режущая головка, которая представляет

собой диск с двумя или тремя секторными вырезками (рис.8). На кромках вырезов укреплены державки с зубьями так, чтобы промежутки первого ряда перекрывались зубьями последующих рядов. На периферии головки смонтированы 2-3 откидных резца, которые служат для калибровки (выравнивания) сечения скважины.

Монтаж установки осуществляется в рабочем котловане, представляющем собой траншею длиной на 8-12 м больше длины прокладываемого кожуха, шириной по верху на 1,5...2 м, по низу-на 1-1,5 м больше наружного диаметра кожуха.

Около насыпи роется поперечная траншея для установки якоря.

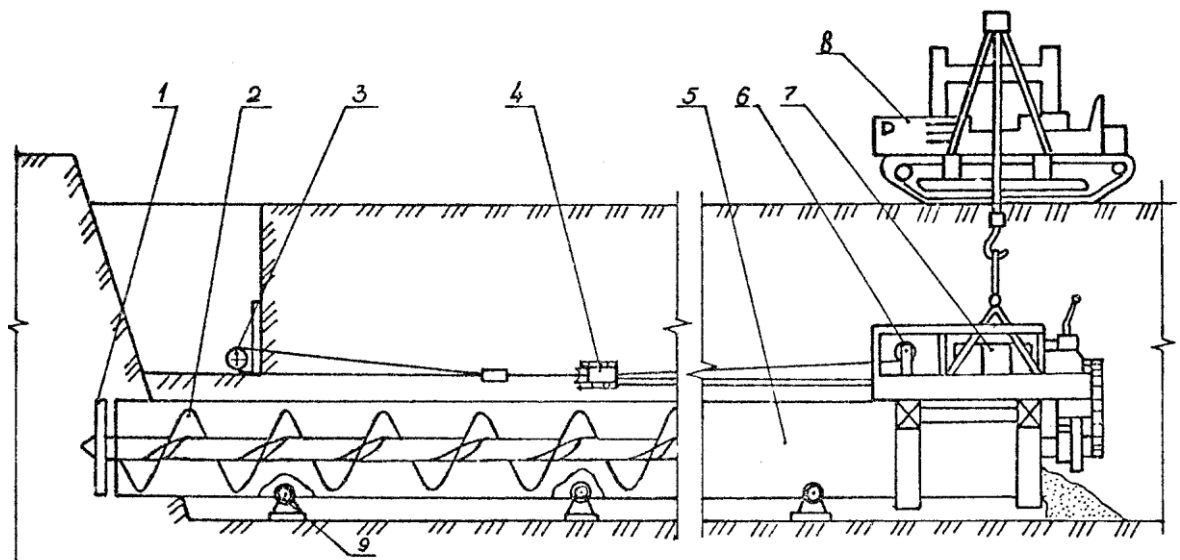


Рис. 7. Схема установки горизонтального бурения:
 1-режущая головка; 2-шнек транспортера; 3-якорь-труба; 4-блок полиспаста;
 5- кожух; 6-лебедка; 7-УГБ; 8-кран-трубоукладчик; 9-роликовая опорная тележка

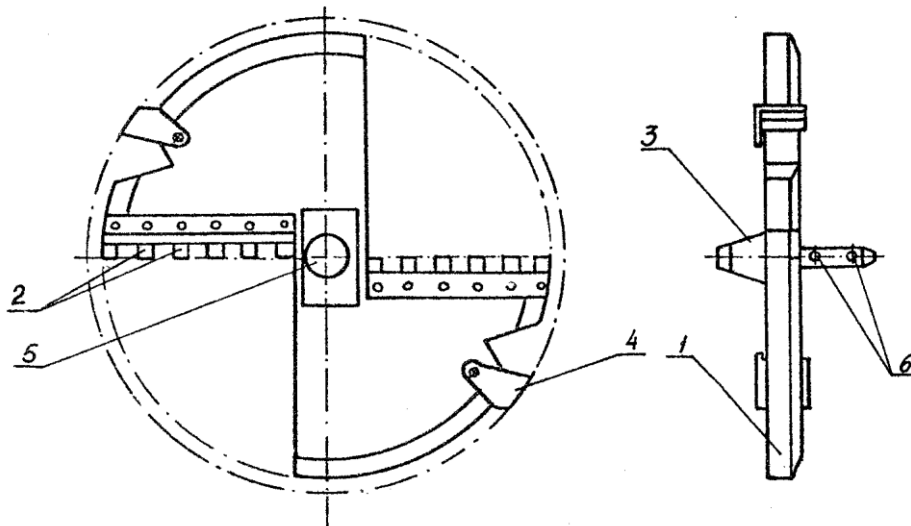


Рис 8. Режущая головка машины типа УГБ:
 1-диск; 2-зубья; 3-забурник; 4-откидной резец;
 5-цалфа; 6-отверстия для стопорных пальцев

На спланированном дне траншеи устанавливают роликовые опорные тележки, поддерживающие кожух и обеспечивающие заданное направление прокладки.

На берме рабочего котлована сваривают кожух необходимой длины (иногда на всю длину скважины), и с помощью трубоукладчика заталкивают шнек. Затем на конце шнека монтируют режущую головку. Подготовленный кожух вместе со шнеком и режущей головкой при помощи двух трубоукладчиков опускают в рабочий котлован на опорные тележки.

После проверки направления прокладки на задний конец кожуха опускают установку типа УГБ (ГБ), которая включает двигатель внутреннего сгорания, лебедку и основную коробку передач, смонтированные на общей раме.

Затем соединяют конец шнека с переходной муфтой коробки передач и закрепляют установку на кожухе стяжными хомутами. Далее закрепляют канат полиспаста и проверяют правильность и надежность монтажа всей установки.

Бурение скважины и прокладка кожуха осуществляется следующим образом:

производят запуск двигателя;

путем переключения коробки передач приводят во вращение вал шнека с режущей головкой;

включают трансмиссию привода лебедки и осуществляют подачу кожуха; срезанный и разрыхленный грунт подхватывается шнеком и транспортируется до противоположного конца кожуха и выбрасывается на дно траншеи.

Для предотвращения опрокидывания установки от вращающего момента она удерживается трубоукладчиком, который обязательно должен сопровождать установку в процессе бурения.

Техническая характеристика установок горизонтального бурения приведена в табл. 7.

Таблица 7

Техническая характеристика установок горизонтального бурения

Показатели	УГБ-4	УГБ-5	УГБ-2	ГБ-1421
Диаметр прокладываемого кожуха, мм	325, 426	630, 720	1220	1220, 1420
	529, 630	920, 1020		
Длина прокладки, м	До 60	40...60	До 40	До 50
Мощность двигателя, кВт	29	40,5...44	40,5...44	51,5
Скорость бурения, м/ч	1,8...1,9	1,8...180	1,8...18,5	1,5...12,7

Максимальное усилие подачи кожуха, кН	748,8	748,8	748,8	748,8
------------------------------------------	-------	-------	-------	-------

4.4. Расчет установки горизонтального бурения

Эффективность применения шнековых установок горизонтального бурения зависит от правильного выбора конструктивных и рабочих параметров установок.

Конструктивные параметры установок: диаметр режущей головки; диаметр, шаг и длина шнека; угол подъема наружной образующей винтовой линии шнека и др. выбираются, исходя из конструкции перехода, диаметра прокладываемого трубопровода и глубины его заложения под дорогами.

Рабочими параметрами считаются: частота вращения шнека и режущей головки; скорость бурения, подача и толщина стружки; коэффициенты разрыхления грунта, заполнение сечения и объема шнека; производительность шнекового транспортера, мощность и энергоемкость резания и транспортирования грунта, усилия для подачи режущей головки и проталкивания кожуха.

Мощность установки горизонтального бурения складывается из затрат мощности на разбуривание породы, на удаление её из скважин с помощью шнека и на проталкивание кожуха в разрабатываемую скважину. Таким образом,

$$N_g = N_\delta + N_{ш} + N_{пр} , \quad (3)$$

Где N_δ – мощность, затрачиваемая на бурение скважины, кВт;

$N_{ш}$ – мощность, затрачиваемая на перемещение грунта шнеком, кВт;

$N_{пр}$ – мощность, затрачиваемая на продавливание кожуха, кВт.

$$N_g = P_{cp} \cdot R_{ш} \cdot \pi \cdot n / 30 \quad (4)$$

Где P_{cp} – среднее усилие, необходимое для разрушения грунта режущей головкой, Н;

$R_{ш}$ – средний радиус шнека, м;

n – частота вращения шнека, об/мин.

Согласно / 1 /

$$P_{cp} = k \cdot h_c \cdot R_c \cdot m_p \quad (5)$$

Где k – Коэффициент удельного сопротивления грунта разработке при бурении режущими головками фрезерного типа (определяется по графику (рис. 9) в зависимости от h_c ·

h_c – толщина стружки срезаемого грунта, м;

R_c – радиус скважины;

m_p – число режущих граней на головке. Обычно $m_p = 2..3$;

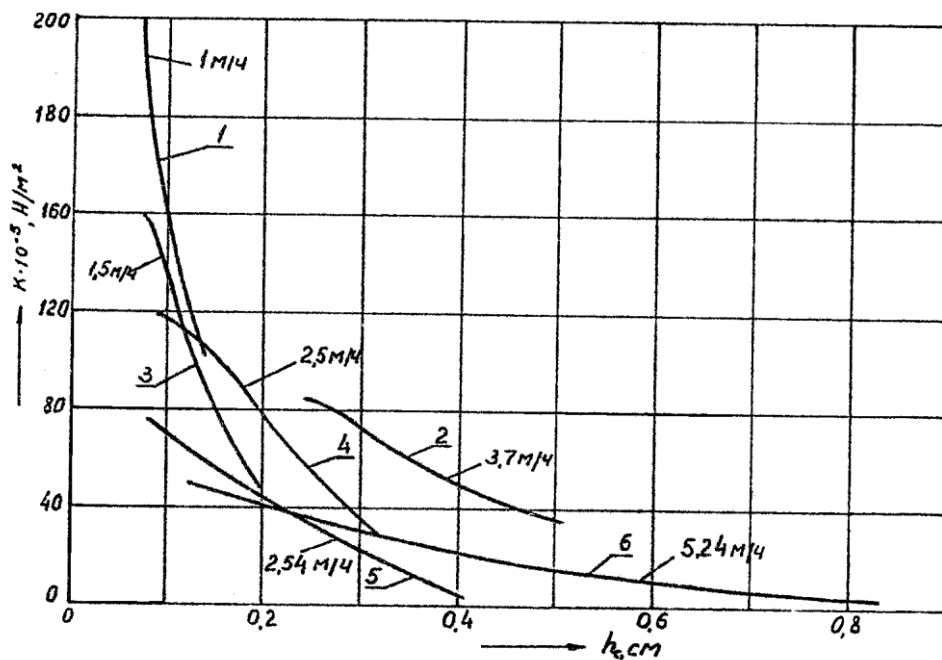


Рис. 9. Зависимость коэффициента удельного сопротивления грунта резанию "к" от толщины стружки h_c и скорости бурения V_{δ}
1-2- слабый известняк; 3-4-суглинок влажный; 5-6-супесь тяжелая

V_{δ} – скорость бурения, м/мин, определяется по формуле

$$V_{\delta} = \frac{n \cdot S \cdot \psi_v (D_{ш}/D_c)^2}{K_p}$$

Где S – шаг шнека, м (табл. 8);

K_p – коэффициент разрыхления транспортируемого грунта (табл. 9);

$D_{ш}, D_c$ – диаметр шнека и скважины соответственно, м (табл. 10);

ψ_v – коэффициент объемного наполнения шнека, зависящий от высоты заполнения шнека и угла естественного откоса насыпных грунтов при движении по цилиндрическим кожухам. Коэффициент ψ_v находится по графику (рис. 10) в зависимости от h (в долях от $R_{ш}$), где $R_{ш}$ – наружный радиус шнека. Максимальное значение высоты h можно определить, исходя из геометрических размеров транспортируемого грунтового потока, размещенного в пределах шага шнека:

$$h_{\max} = L_t \cdot \operatorname{tg} \varphi_t, \quad (7)$$

где L_t – длина транспортируемого грунтового потока в пределах шага шнека, м. Для расчетов можно взять $L_t = S$;

φ_t – угол естественного откоса разрыхленного грунта в движении,

$$\varphi_t = (0,85 \dots 1,0) \cdot \varphi,$$

где φ – угол естественного откоса грунта в покое, табл. 8 / 4 /.

Минимальная частота вращения шнека и режущей головки определяется по эмпирической формуле / 1 /

$$N_{\min} = K_{гр} / \sqrt{D_{ш}},$$

Где $K_{гр}$ – коэффициент, характеризующий физико-механические свойства грунтов.

Значения коэффициента $K_{гр}$ для различных грунтов приведены в таблице 2.

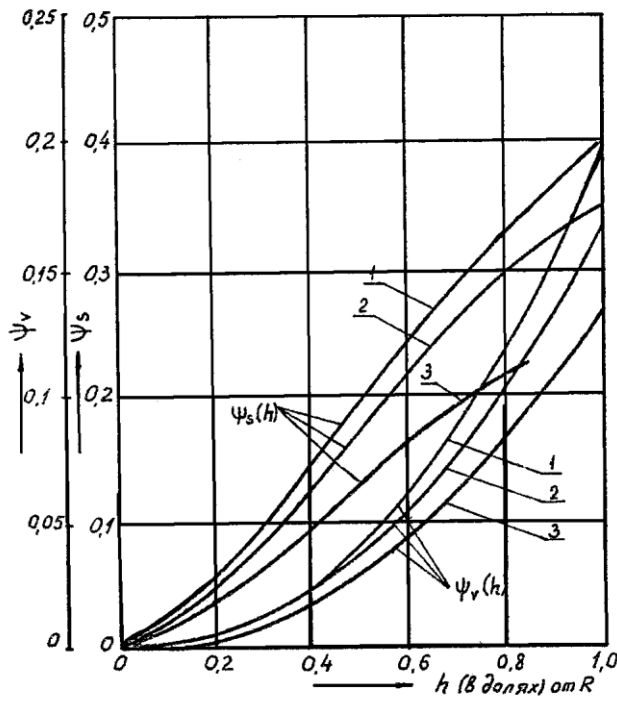


Рис. 10. Зависимость коэффициентов ψ_s и ψ_v от h и ψ_t :
 1- $\psi_t = 18^\circ \dots 20^\circ$; 2- $\psi_t = 25^\circ \dots 30^\circ$;
 3- $\psi_t = 40^\circ \dots 45^\circ$

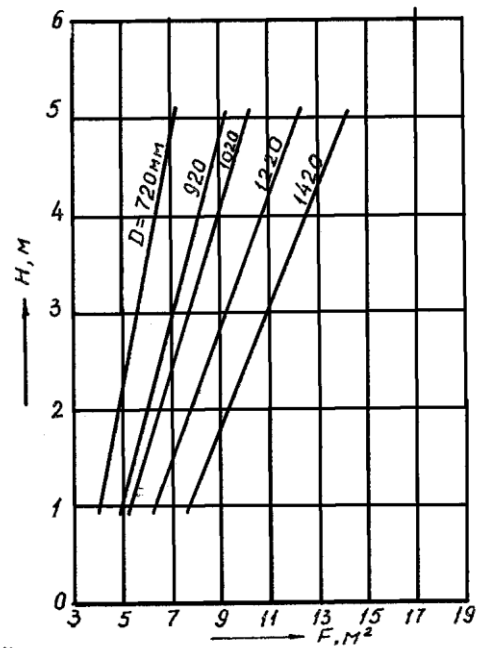


Рис. 11. Площадь действия нагрузок на кожух от автотранспорта в зависимости от глубины заложения кожуха

Таблица 8

Основные геометрические размеры шнеков установок горизонтального бурения ENTS.

Установка горизонтального бурения	Размеры шнеков, мм			Угол подъема винтовой линии поверхности шнека
	Диаметр наружной образующей винтовой линии	Диаметр внутренней ограничивающей линии	Шаг шнека	
УГБ	270		230	25°25'
	290		230	24°50'
	320		230	24°15'
	345		230	23°50'
	370		230	23°25'
	390		230	23°10'

	480	102	360	31°
	500		360	30°45'
	520		360	30°30'
	550		360	30°10'
	580		360	29°50'
	600		360	29°40'
УГБ-5	570		460	29°10'
	590		460	28°50'
	610		460	28°40'
	640		460	28°20'
	665		460	28°07'
	685		460	27°55'
	750	152	800	32°55'
	840		600	32°10'
	880		600	31°52'
	920		600	31°32'
	940		600	31°55'
	980		600	31°15'
УГБ-2	1050	168	800	35°05'
	1100			34°47'
	1140			34°40'
	1175			34°20'
ГБ-1421	1050		800	35°05'
	1100			34°47'
	1150			34°40'
	1200			34°34'
	1250			34°26'
	1300			34°17'
	1350			34°08'

Таблица 9

Коэффициент разрыхления транспортируемого грунта

Грунт	К _p
Глина мягкая жирная	1,44...1,75
Глина мореная ломовая	1,5...1,78
Песок без примесей	1,3...1,58
Песок с примесью щебня и гравия	1,37...1,73
Скальные разрыхленные грунты	1,6...1,72
Легкий суглинок	1,42...1,66
Тяжелый суглинок	1,55...1,69
Суглинок с примесью щебня и гравия	1,57...1,72
Супесь без примесей	1,3...1,58
Супесь с примесью гравия и щебня	1,87...1,72

Таблица 10

Размеры режущих головок установок УГБ и ГБ

установка	Диаметр кожуха, мм	Диаметр диска, мм	Диаметр скважины, мм	Диаметр головки, мм
УГБ	325	280	360	315
	426	360	460	
	529	480	575	
	630	470	670	
УГБ-5	630	570	670	315
	720	660	760	
	920	860	960	
	1020	960	1060	
УГБ-2	1220	1165	1260	315
ГБ-1421	1220	1165	1260	360
	1420	1360	1470	

Таблица 11.

**Коэффициент $k_{гр}$, характеризующий физико-механические свойства
транспортируемых грунтов**

Грунты и их состояние	$k_{гр}$
Пески и супеси:	
-Нормальной влажности	6...7
-мокрые	7...10
Суглинки и глины:	
-нормальной влажности	4,5...6
-мокрые	6...8
Известняки, глинистые сланцы, мел:	
-нормальной влажности	5...8
-мокрые	8...10

Максимально возможная частота вращения шнека из / 1 / равна:

$$n_{\max} = 42.3 \sqrt{(1/D_{ш})} [(0,5 \cdot (\cos \alpha_1 - f_t \cdot \sin \alpha_1) + 0.86) / f_0 (f_t \cdot \cos \alpha_1 + \sin \alpha_1)]$$

где α_1 – угол наклона винтовой линии шнека, на которой расположены частицы грунта (из табл. 8);

f_t – коэффициент трения грунта по винтовой поверхности шнека в движении (табл. 12);

f_0 – коэффициент трения грунта по винтовой поверхности в покое (из табл. 12)

Таблица 12

Коэффициент трения насыпных грунтов по стали в покое и движении

Грунт	f_0	f_t	β_t	ε	α_t
Щебень гранита влажный	0,53	0,46	0,87	1,3	24°45'
Известняк мелкокусковой влажный	0,55	0,51	0,92	1,6	27°
Супесь мелкокусковая нормальной влажности	0,53	0,46	0,87	1,0	24°45'
Песок среднезернистый сухой	0,43	0,41	0,95	1,2	22°15'
Суглинок мелкокусковой нормальной	0,63	0,54	0,86	1,5	28°20'

Однако следует учитывать, что при частоте вращения свободноплавающих шнеков более 15 об/мин удельное сопротивление грунта перемещению шнеком резко возрастает и потребная мощность увеличивается.

Мощность, необходимая для перемещения грунта винтовым транспортером со шнеком, смонтированным на опорных подшипниках, определяется по эмпирической формуле / I /

$$N_{ш} = \frac{Q_{ш} \cdot L \cdot W_t \cdot g}{3,6 \cdot 10^6 k_0} \quad (10)$$

где $Q_{ш}$ - массовая производительность шнекового транспортера, кг/ч;

L - длина шнека, м;

k_0 - поправочный коэффициент, зависящий от типа грунта; для глинистых и суглинистых- грунтов $K = 1,2 \dots 1,6$; для песчаных и супесчаных грунтов $K = 1,8 \dots 2,0$; W_t - коэффициент сопротивления насыпного грунта транспортированию (находится по графику (рис. 12));

g - ускорение свободного падения, м /с²;

$$Q_{ш} = 60 \cdot \pi \cdot D_{ш}^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \psi_v \quad (11)$$

где ρ - плотность грунта, разрыхленного режущей головкой, кг/м³.

Мощность, необходимая для перемещения грунта винтовым транспортером с бозопорным шнеком, определяется по формуле, аналогичной (10):

$$N_{ш} = \frac{Q_{ш} \cdot L_{ш} \cdot W_0 \cdot g}{3,6 \cdot 10^6} \quad (12)$$

W_0 - коэффициент сопротивления насыпного грунта транспортированию (находите я по графику (рис. 13).

Мощность, затрачиваемая на продавливание кожуха с учетом временных вертикальных нагрузок от транспорта, определяется по формуле

$$N_{пр} = \frac{\{ [3(\rho_1 \cdot h_H + \rho_2 \cdot h_H) \cdot D_k + \pi/4(D_{кн}^2 - D_{кв}^2) \cdot \rho_c + q_k] \cdot L \cdot g + \varphi_t \cdot F \} \cdot f \cdot S \cdot n \cdot \psi_v \cdot D_{ш}^2}{60 \cdot 10^3 \cdot K_p \cdot D_c^2} \quad (13),$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотность насыпного грунта и грунта в массиве соответственно, кг/м³; h_H – высота насыпи, м;

h_M – толщина материкового грунта над кожухом, м;

$D_{кн}$ и $D_{кв}$ – диаметры кожуха: наружный и внутренний, м;

ρ_c – плотность стали, кг/м³;

q_k – масса единицы длины шнекового транспортера с разрабатываемым грунтом;

q_t – временная нагрузка от транспорта, определяемая по табл. 14 в зависимости от глубины заложения кожуха;

F – площадь поверхности кожуха, на которую действует давление от временных нагрузок транспорта, определяемая по графику (рис. 41) в зависимости от глубины заложения кожуха и его диаметра; f – коэффициент трения стали о грунт ($f \gg 0,3 \dots 0,6$) Средняя плотность грунта естественной влажности выбирается по табл. 13.

Таблица 13

Средняя плотность грунта естественной влажности

грунт	кг/м ³
Пески, супеси, пески и супеси с примесью гальки, щебня или гравия (до 10%)	1600
Пески, супеси и пески и супеси с примесью гальки, щебня или гравия (более 10 %)	1700
Суглинки легкие и лёссовидные с примесью гальки, щебня или гравия (до 10 %)	1600
углинки легкие и лёссовидные с примесью гальки, щебня или гравия (более 10 %)	1750
Глины без примесей	1800
Глины с примесью гравия, гальки или щебня (до 10 %)	1750

Глины с примесью гравия, гальки или щебня (более 10 %)	1900
Гравий и галька	1750
Морские глины с валунами (до 10 %)	1850
Моренные глины с валунами (от 10 до 30 %)	2100
Моренные пески, супеси и суглинки с гравием, галькой и валунами (до 10 %)	1750
Моренные пески ₈ супеси и суглинки с гравием, галькой и валунами (до 30 %)	1950
Торф	500...700

Временная нагрузка от транспорта определяется по табл.14.

Таблица 14

**Временные нагрузки при различной глубине залегания
Кожуха**

Глубина заложения кожуха, м	Временная нагрузка, Н/м ²	
	От автотранспорта	От подвижного состава ж/д
0,5	1010080	-
1,0	512885	938491
2,0	409916	753147
3,0	342250	614874
4,0	293217	524653
5,0	256933	457968

$$q_k = G_{ш} + G_{гр},$$

где $G_{ш}$ - масса единицы длины шнека, кг/м;

$G_{гр}$ – масса грунта на единицу длины шнека, определяемая в зависимости, от высоты заполнения кожуха грунтом – h_{max} .

$$G_{ш} = 0,6 \cdot G_K,$$

G_K - масса единицы длины кожуха, кг/м.

Расчет мощности можно выполнить на ЭВМ по программе «DRILL» (см. приложение I).

5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТОВ НА ЭВМ

5.1. Назначение программы

Программа «DRILL», текст которой представлен в приложении I, выполнена на алгоритмическом языке BASIC _ 3A для микро-ЭВМ "Электроника ДЗ-28".

Пользование программой позволяет значительно ускорить процесс расчета установки горизонтального бурения и исключить возможные ошибки, возникающие при ручном счете. Указанная программа хранится на магнитной ленте. Обозначения, принятые в программе, приведены в табл. 15.

Таблица 15

Условные обозначения, принятые в программе

Наименования величин	Обозначения	
	В формулах	В программе
Диаметр трубопровода наружный, м	h_n	D1
Диаметр кожуха наружный, м	$D_{кн}$	D2
Диаметр кожуха внутренний, м	$D_{кв}$	D3
Диаметр шнека, м	$D_{ш}$	D4
Диаметр скважины, м	D_c	D5
Высота насыпи, м	h_n	H1
Высота массива грунта, м	h_m	H2
Длина кожуха, м	L	L
Плотность грунта, $кг/м^3$	$\rho_{гр}$	R1
Плотность стали, $кг/м^3$	ρ_c	R2
Шаг шнека, м	S	S

Коэффициент разрыхления грунта	k_{π}	K3
Коэффициент, характеризующий свойства грунта	$k_{гр}$	K1
Коэффициент трения грунта по поверхности кожуха	f	F1
Число режущих граней	m_p	M
Ускорение свободного падения, $м/с^2$	g	G1
Угол естественного откоса грунта, град.	$\varphi_{гр}$	A1
Коэффициент, зависящий от типа грунта	k_0	K0
Высота наполнения шнека грунтом, м	h_{max}	H3
Коэффициент объемного наполнения шнека	ψ_v	K2
Частота вращения шнека, об/мин	n	N1
Высота заполнения шнека относительная	h_0	H0
Производительность шнекового транспортера, кг/ч	$Q_{ш}$	Q1
Скорость бурения, м/ч	V_{δ}	V
Коэффициент удельного сопротивления грунта, $Н/м^2$	k	K
Толщина стружки срезаемого грунта, мм	h_c	H
Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт	N_{δ}	N2
Коэффициент сопротивления грунта транспортированию	$W_{т}$	W1
Мощность, затрачиваемая на транспортирование грунта	$N_{ш}$	N3
Масса грунта на единицу длины шнека, кг/м	$G_{гр}$	G2
Масса единицы длины кожуха, кг/м	G_k	G3
Масса единицы длины шнека, кг/м	$G_{ш}$	G4
Масса единицы длины кожуха с разрабатываемым грунтом, кг/м	q_k	G

Нагрузка на кожух от транспорта, Н/м ²	q _т	Q2
Площадь поверхности кожуха, м ²	F	F2
Мощность, затрачиваемая на продавливание кожуха, кВт	N _{пр}	N4
Мощность установки общая, кВт	N ₀	N0

ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ

6.1. Ввести программу непосредственным набором на клавиатуре дисплея по тексту приложения I либо с кассеты (имя программы „DRILL”).

6.2. Набором команды RUN пустить программу на счет.

6.3. Ввод исходных данных осуществить в соответствии с табл. 16.

Таблица 16

Порядок ввода исходных данных программы

№	наименование входного параметра	Обозначение	
		в методике расчета	в программе
1	высота насыпи, м	h _н	H1
2	высота массива грунта, м	h _м	H2
3	длина кожуха, м	L	L
4	плотность разрабатываемого грунта, кг/м ²	ρ _{гр}	R1
5	плотность стали, кг/м ²	ρ _{гр}	R2
6	шаг шнека, м	S	S
7	диаметр кожуха наружный, м	D _{кн}	D2
8	диаметр кожуха внутренний, м	D _{кв}	D3
9	диаметр шнека, м	D _ш	D4
10	диаметр скважины, м	D _с	D5
11	коэффициент разрыхления грунта	k _р	K3
12	коэффициент, характеризующий свойства грунта	k _{гр}	K1

13	коэффициент трения по поверхности кожуха	f	F1
14	число режущих граней	m_p	M
15	ускорение свободного падения, м/с ²	g	G1
16	угол естественного откоса грунта, град	$\varphi_{гр}$	A1
17	коэффициент, зависящий от типа грунта	k_0	K0
18	площадь поверхности кожуха, м ²	F	F2
19	нагрузка на кожух от транспорта, Н/м ²	q_t	Q2

7. ПРИМЕР РАСЧЕТА МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Произвести расчет мощности установки горизонтального бур (УГБ) при следующих исходных данных: диаметр трубопровода на ный - 0,72 м; высота насыпи - 3 м; высота массива грунта на кожухом - 0,8 м; грунт - суглинок нормальной влажности; пе ход через автомобильную дорогу 1У категории осуществляется с помощью УГБ со свободноплавающим шнеком, т.е. $K_0=1,0$ и $W_t=W_0$

Исходя из заданных условий выбираем параметры для расчета:

длина перехода (кожуха) $L = 30$ м;

плотность грунта $\rho_{гр} = 1750$ кг/м³;

плотность стали $\rho_c=7850$ кг/м³;

шаг шнека $S = 0,6$ м;

диаметр кожуха наружный $D_n=0,92$ м;

диаметр кожуха внутренний $D_{кв} = 0,88$ м;

диаметр скважины $D_c=0,96$ м;

коэффициент разрыхления грунта $K_p=1,6$;

коэффициент, характеризующий свойства грунта $K_{гр}=5$;

число режущих граней $m_p=3$;

ускорение свободного паяния $g= 9,81$ м/с**;

угол естественного откоса грунта $\varphi_{гр} = 20^\circ$;

нагрузка на кожух от транспорта $Q_t = 302000 \text{ Н/м}^2$,

площадь поверхности кожуха $p = 8 \text{ м}$;

коэффициент трения грунта по поверхности кожуха $f = 0,45$.

Результаты расчета приведены в приложении 2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лавров Г. Е., Саттаров Т. Х. Механизация строительства переходов магистральных трубопроводов под автомобильными и железными дорогами.- М.: Недра, 2019.- 135 с.
2. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.- М., Государственный комитет СССР по делам строительства, 1986.
3. СНиП П-39-76. Железные дороги колеи 1520 мм.- М.: Стройиздат, 1977.
4. Бабин Л.А., Быков Л.И., Волохов В.Я. Типовые расчеты по сооружению трубопроводов.- М.: Недра, 1979,- 176 с.