

Курсовая по горному делу

I Данные по проекту:

1. Протяженность штрека 850 м.
2. Угол падения жилы 18°
3. Штрек проводится из штольни $\alpha=250\text{м}$.

Характеристика пород

Наименование пород	f	Кр.	ρ т/м ³	Катег. ЕНВ	Tm	Прим.
Глинистые сланцы	4	1,75	2,0	VIII		
Рудная жила	5	1,75	2,5	VIII	1,8	

f=4 - средние породы

f=5 - довольно крепкие породы

1.1 -----

1.2

[pic]

1.3 Горная выработка - это полость в земной коре, образованная выемкой, полезными ископаемыми, пустой породой. Открытая горная выработка имеет не замкнутый контур поперечного сечения.

1 - кровля - породы окружающие выработку сверху.

2 - стенки или бока - породы окружающие выработку сбоку.

3 - почва или подошва - породы окружающие выработку снизу.

4 - Забой - перемещающаяся часть выработки

Штрек - это горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность, пройденная по простиранию наклонно залегающего месторождения или в любом направлении при горизонтальном его залегании. Иногда штреки проводят по пустым породам параллельно линии простирания месторождения. Такие штреки называются полевыми.

Разведочные (горноразведочные) выработки проходят с целью поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Объем выработок и их вид зависят от стадии геологоразведочных работ. Так, при геологической съемке создаются искусственные обнажения горных пород, а на последующих стадиях разведочных работ (поиски, предварительная, детальная эксплуатационная разведки) горные выработки обеспечивают получение полной и достоверной информации об изучаемых месторождениях. С помощью горноразведочных выработок ведется подсчет запасов высоких категорий разведанности. Значение горных работ обычно возрастает по мере перехода от одной стадии разведки к другой.

Эксплуатационные горные выработки используют для эксплуатации месторождения. Имея многоцелевое назначение, они служат для транспортирования горной массы, оборудования, материалов, подачи свежего и отвода отработанного воздуха, стока подземных вод, передвижение людей и т.д. Поэтому в зависимости от основного функционального назначения различают транспортные, грузоподъемные (оборудованы хотки), закладочные, рудоперепускные (рудоспуски), водоотливные и др. горные выработки.

Горные выработки проводятся также для целей железнодорожного и автомобильного транспорта (тоннели), при строительстве гидротехнических сооружений и стока и перепада воды (водопроводные каналы, водоводы), для хранения нефтепродуктов и газообразных веществ (камеры, хранилища) и др.

В зависимости от способа финансирования работ различают капитальные и некапитальные горные выработки. Капитальные выработки проводятся за счет капитальных вложений, отпущенных на строительство предприятий или разведку месторождения, а некапитальные - за счет текущих издержек действующего предприятия (рудника, шахты).

По углу наклона к поверхности различают горизонтальные, наклонные и вертикальные горные выработки.

В зависимости от соотношения между площадью поперечного сечения и продольным размером горной выработки разделяют на протяженные (стволы,

шурфы, квершлагы, штреки, траншеи, канавы и т.д.) и объемные (камеры и околотвольные дворы).

Элементы горной выработки.

У горизонтальных и наклонных выработок, пройденных в недрах Земли, выделяют следующие ограничивающие их поверхности: забой, кровлю, бока и почву.

Забоем называют перемещающуюся в пространстве полезного ископаемого или вмещающих пород поверхность, которая непосредственно осуществляется их выемка.

Бока выработки – это поверхности горных пород, ограничивающую горную выработку сверху, называют кровлей, а снизу – почвой.

В вертикальной подземной горной выработки различают забои и бока.

Место примыкания подземной выработки поверхности Земли или к другой выработки называют устьем выработки.

Во всех подземных выработках (кроме длинных очистных) различают призабойное пространство – пространство внутри выработки, которое примыкает непосредственно к забою, где располагается забойная горнопроходческое оборудование и находится обслуживающий его персонал. Призабойное пространство достигает длины нескольких десятков метров.

Расстояние, на которое перемещается забой выработки за определенный промежуток времени (смену, сутки, месяц), называют подвиганием забоя.

II Выбор способа проведения выработки и горнопроходческого оборудования.

Существует обычный или специальный способ проведения выработок, проводим выработку обычным способом. Обычный способ включает в себя: основные и вспомогательные процессы и операции. К основным относят: 1) отделение породы от массива. Предполагаю отделить породу от массива производить буровзрывным способом, это значит необходимо выбрать машину для бурения шпуров. Предлагаю перфоратор. В дальнейшем заряжаю шпуры взрывчатым веществом аммиачно-силитренным способом взрывания, предлагаю: огневой, ДШ, электрический и т.д. 2) погрузку горной массы предлагаю выполнить скреперным способом. 3) транспортирование горной массы предлагаю производить с погрузочной машиной ППН-1С и вагонеткой типа УВО.

[pic][pic]

III Крепление выработки предлагаю крепежными рамами.

3.1. а) Теория возникновения горного давления

В начале, пока выработка не пройдена все частицы породы в горной массе находятся в состоянии напряженного равновесия (рис.1)

Рис.1

Когда выработка пройдена, напряжение и силы вокруг выработки перераспределяются (рис.2)

Рис.2

В начале прогибается кровля, до предельного напряжения на изгиб пород заключенных в кровле (рис.3)

Рис.3

Затем в ней появляются трещины, которые растут и разветвляются (рис.3) Из трещин выпадают куски породы на почву, а кровля принимает форму свода, которая носит название естественный свод равновесия (рис.4)

Рис.4

Горное давление – напряжение и силы, возникающие вокруг выработки и стремящиеся сдвинуть породы внутрь выработки.

б) Определение горного давления при проведении горизонтальной выработки.

[pic]

Профессор Протодьяконов предложил определять величину горного давления при проведении горизонтальной выработки, весом пород заключенных в своде естественного равновесия.

[pic]

где: P – величина горного давления

l – длина свода, шаг крепи (м) 0,5 – 1,7 м.

a – полупролет естественного свода равновесия (м)

b – высота свода (м)

$[\rho]$ – объемный вес пород заключенных в своде т/м³

Профессор Протодьяконов обозначил « b » податливостью естественного свода равновесия.

[pic]

[pic]

[pic]

3.2 Крепление выработки предлагаю крепежными рамами.

Трапециевидная полная крепежная рама проводится для крепления горной выработки, если давление горной породы имеет место со всех сторон.

1. Определим изгибающий момент на верхних

[pic]

[pic]

2. Определим момент сопротивления изгибу.

[pic]

[pic]

3. Определим диаметр крепи.

[pic]

[pic] 7,7 см

Расчет горного давления в горизонтальных выработках

Расчет горного давления производят с целью определения нагрузок на крепь и расчета ее прочностных размеров. При расчете горного давления учитывают три возможных режима взаимодействия крепи и породного массива: режим заданной нагрузки (крепь не влияет на величину нагрузки), режим совместного деформирования массива и крепи и режим заданной деформации (величина нагрузки определяется по деформации без учета сопротивления крепи по СНиП П-94–80).

Поскольку большинство разведочных выработок проводится на относительно небольшой глубине ($H \approx 600$ м) в скальных породах с $f \approx 6$, то для расчета нагрузок на крепь воспользуемся методами, которые базируются на сводообразовании, т. е. будем применять режим заданной нагрузки, когда крепь не препятствует сводообразованию. Под сводообразованием понимают вывалы пород со стороны кровли с образованием

полости, которую, с некоторым приближением, можно уподобить своду. Сводообразование в скальных породах возможно: когда в кровле R_p (α_{\max}), то в кровле образуется свод обрушения (равновесия). Породы, отделившиеся от свода, будут оказывать давление на крепь. Крепь будет нести полную нагрузку со стороны свода. Со стороны боков нагрузка будет отсутствовать (породы в боках устойчивы). Для определения нагрузки на крепь со стороны свода пользуются расчетным методом М.М. Протодеяконова. Высота свода обрушения определяется по формуле:

$$b = a / \operatorname{tg} \alpha,$$

где a – полупролет выработки по кровле, м;

α – угол внутреннего трения пород.

При трапециевидной форме сечения выработки нагрузка на единицу ее длины со стороны кровли определяется по формуле:

$$Q = 4a^2 \alpha (3 \operatorname{tg} \alpha),$$

где α – удельный вес пород, Н/м³ ($\alpha = \rho g$, здесь ρ – плотность, кг/м³).

Интенсивность максимального нормативного давления со стороны кровли определяется по формуле:

$$q = b^2.$$

При прямоугольно-сводчатой форме сечения выработке нагрузку на единицу длины выработки определяют по формуле:

$$[pic],$$

где h_0 – высота искусственного свода выработки по проекту.

Интенсивность давления в этом случае:

$$q_n = (b - h_0) \cdot \alpha.$$

Когда кровля и бока неустойчивы, т.е. соблюдаются условия $R_p \leq R_{p \min}$; $\alpha \geq \alpha_{\max}$, то в кровле образуется свод обрушения, а в боках – призма сползания и отделившаяся порода начинает оказывать давление на крепь. За счет призм сползания полупролет выработки по кровли увеличивается на величину $C_1 = h \operatorname{ctg} \beta$, где β – угол сползания породных призм, $\beta = \arcsin \operatorname{tg}(450 + [pic]/2)$; h – высота выработки или высота вертикальной стенки.

При трапециевидной форме сечения выработке и угле наклона боков α давление со стороны кровли на единицу длины выработки

$$Q = 2ab \alpha [pic],$$

где

$$b_1 = (a + h \operatorname{ctg} \beta + h \operatorname{ctg} \alpha) / \operatorname{tg} [pic].$$

При прямоугольно-сводчатой форме сечения выработке

$$Q = 2a(b_1 - h_0) [pic],$$

где

$$b_1 = (a + h \operatorname{ctg} \beta) / \operatorname{tg} [pic].$$

– высота свода обрушения.

Принимаем $h \operatorname{ctg} \beta = C_1$.

Интенсивность давления со стороны кровли

$$q_n = b_1 [pic];$$

При прямоугольно-сводчатой форме

$$q_1 = (b_1 - h_0) [pic]$$

Боковое давление пород при трапециевидной форме сечения выработке

$$D = 0,5(q_k + q_n) h,$$

где $q_k = b_1 [pic]^2$ – интенсивность бокового давления у кровли;

$q_n = (b_1 + h) [pic]^2$ – интенсивность бокового давления у почвы;

$[pic]$ – коэффициент бокового распора для сыпучей среды;

$$[pic] = \operatorname{tg}^2(450 - \beta/2).$$

Интенсивность бокового давления при прямоугольно-сводчатой форме выработке рассчитывается аналогично.

3.3 -----

3.4 -----

IV БВР

4.1 Бурильная машина – перфоратор колонковый ПР – 18 ЛУ.

| Показатели

| ПР – 18 ЛУ

|

| Длина (без бура), мм.

| 710

|

		площадь	е и крепость	механического
		выработки	пород	бурения шпуров
Горизонтально	1:0,5:1,5	Выработка	С	Шахтная буровая
клиновой		небольшой	горизонтально	установка,
		шириной	расположенных	перфоратор,
		S ? 5м2	трещин и слоев	манипулятор,
				подающее
				приспособление
				и
				пневмоподдержка
				.

Обоснование типа вруба

Так как выработка имеет площадь поперечного сечения $S_{пр}=5,8 \text{ м}^2$ наиболее целесообразно будет применить горизонтальный клиновой тип вруба.

11

Н н н1
н2

1 2

Горизонтально клиновой тип вруба встречается очень редко. Рекомендуется применять в выработках сечением более 4 м^2 . небольшой ширины при горизонтальном напластовывании пород. Глубина заходки 1,5-2 м. Длина врубовых шпуров 1,8-2,6 м, угол наклона к плоскости забоя 65-75°

$Q_{ВВ} = q * S * l_k * ? \text{ (кг)}$

$Q_{ВВ} = 0,82 * 5,8 \text{ м}^2 * 0,26 * 0,85 = 1,05 \text{ кг}$.

Где: q – удельный заряд ВВ

S – поперечная площадь сечения выработки в проходке

l_k – длина комплектов шпуров

? – коэффициент использования шпура

$Q_{ВВ} = 1,05 \text{ кг}$ – количество ВВ на один взрыв

4.3

Характеристика пневмоподдержки ПЗ				
Ход поршня, мм	Длина в сжатом состоянии, мм	Раздвижное усилие, Н	Номинальное давление воздуха, МПа	Масса, кг
1300(50)	1500(20)	1500(100)	0,5	22,0

Диаметр буровой стали для штанги

Диаметр стали, мм

22(0,4)

Марка перфоратора

ПП-50

Так как породы неустойчивые трещиноватые выбираем коронку крестообразной формы.

Характеристика крестообразной коронки с конусным соединением

Марка коронки	Диаметр коронки,	Начальный диаметр	Марка тв. Сплава
	мм	посадочного	
		конуса, мм	
ККП-36-22	36	22	ВК-11В

Обоснование способа взрывания и выбор взрывчатых материалов.

Так как выработка подземная не опасная по газу или пыли принимаем огневой способ. Огневой способ простой, не требующий высокой квалификации взрывников и применения измерительной аппаратуры, и наиболее экономически выгоднее электрического способов.

Средства инициирования для огневого способа взрывания: каплюли-детонаторы (КД), огнепроводный шнур (ОШ) и зажигательные трубки.

В следствии того, что забои в выработки обводнены, и коэффициент крепости рудной жилы $f=5$, в качества ВВ выбираем динафталит. И капсуль – детонатор типа КД – 8С. Огнепроводный шнур будем использовать марки ОШП, так как он предназначен для обводненных забоев.

Характеристики В.В.

№ патрона	Число вмещающих отрезков	Внутренний	Высота, мм
	ОШ	диаметр, мм	
4	20-27	35	80-90

4.4 Расчёт основных показателей взрывных работ

8.1. Подвигание забоя за взрыв:

$$L_{ух} = l_{шп} \cdot n = 1,73 \times 0,85 = 1,47 \text{ м,}$$

8.2. Объём горной массы, оторванной за взрыв:

$$V = S \cdot L_{ух} = 5,8 \times 1,47 = 8,5 \text{ м}^3,$$

8.3. Расход шпурометров на:

а) цикл

$$L_{шп} = l_{вр} (N_{вр} + l_{шп} (N_{всп} + l_{шп} (N_{ок} = 0,26 \times 4 + 1,73 \times 2 + 1,73 \times 6 = 14,88 \text{ пм/цикл}$$

б) 1м проходки

$$L_{шп.1м.п.} = [pic] \text{ пм/1п.м.,}$$

в) 1м3 горной массы

$$L_{шп.1м3} = [pic] \text{ пм/м}^3$$

8.4. Расход ВВ на:

а) цикл

$$Q_{ф} = 10,24 \text{ кг,}$$

б) 1м проходки

$$Q_{1п.м} = [pic] \text{ кг/п.м.,}$$

в) 1м3 горной массы – фактический удельный расход ВВ

$$[pic] \text{ кг/м}^3$$

4.5 Расположение шпуров в забое.

Горизонтальные и наклонные выработки. При составлении схемы расположения шпуров в забое учитывают характеристику пород, условия их залегания, направление трещиноватости, размеры забоя, мощность применяемого ВВ и требуемое подвигание забоя за взрыв. Общие рекомендации к расположению шпуров в однородных трещиноватых породах следующие.

Клиновой вруб располагают в центральной части забоя. Для расчета глубины врубовых шпуров может быть использована зависимость

$$L_{вр} = (0,25B + 0,05) \text{ tga,}$$

Где В – ширина выработки, м; а – угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя, градус.

Соотношение между числом врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров принимают 1:0,5:1,5 или 1:0,5:2. С увеличением крепости пород и площади забоя число врубовых шпуров изменяется от 2 до 8 и в породах с коэффициентом крепости $f=9 \text{ ч} 13$ составляет 6–8 (при площади забоя более 4 м^2). Расстояние между парами врубовых шпуров по вертикали составляет 40–50 см.

Расстояние между устьями врубовых шпуров, сходящихся на клин, можно определить по формуле

$$a_{вр} = 2l_{вр} / \operatorname{tg} \alpha + b,$$

где b – расстояние между забоями (концами) шпуров, равное 0,2 – 0,25 м.

Углы наклона врубовых шпуров рекомендуется принимать равным 53–55° в породах с $f > 12$ и 65–70° с $f < 12$. Эти рекомендации могут быть выполнены только в широких забоях (более 2,5 м. при глубине вруба более 1 м.). Глубина врубовых шпуров $l_{вр}$ принимается на 0,3–0,4 м. больше глубины $l_{ш}$ остальных шпуров.

Пример расположения в забое с прямым врубом. Для расширения прямого вруба применяют два-четыре вспомогательных шпура. Их располагают на расстоянии от врубовой полости, равном ее ширине в трудно взрываемых или 2,5 ширины в хорошо взрываемых породах.

Отбойные шпуры и оконтуривающие располагают друг от друга и от полости, образуемой взрывом предыдущих зарядов, на расстоянии линии наименьшего сопротивления (л.н.с.), которую определяют по формуле

$$W = [p / (qm)]^{1/0,5},$$

где p – вместимость 1 м шпура, кг; q – удельный расход ВВ, кг/м³; t – коэффициент сближения зарядов, который можно принять равным 1 для отбойных и оконтуривающих шпуров.

Вместимость 1 м шпура

$$p = \pi d^2 / 4,$$

где d – диаметр патрона для патронированных ВВ или диаметр шпура для гранулированных ВВ, м. ρ – плотность заряда, кг/м³.

Оконтуривающие шпуры располагают друг от друга по контуру на расстоянии, равным в среднем л.н.с. Учитывая разные условия работы зарядов на контуре, расстояние между оконтуривающими шпурами можно принимать равным: (1ч1,2) W – у кровли выработки, (0,8 – 0,9) W – у почвы – и W – в боках.

Во избежание уменьшения ширины выработки в крепких породах с $f = 10$ ч20 устье оконтуривающих шпуров располагают на расстоянии 0,15 – 0,2 м от стенки, а забои этих шпуров должны выходить за будущий контур выработки на 5–7 см (не более 10 см. в породах с $f = 20$). При этом угол наклона оконтуривающих шпуров плоскости забоя составляет 85–87°. При наличии в забое выработки скважины последнюю используют для конструирования вруба. Его делают прямым с 4 шпурами, которые располагают параллельно скважине на расстоянии, равном 1,8 ее диаметра. Скважину не заряжают, а коэффициент заполнения врубовых шпуров доводят до 0,9 – 0,95. При диаметре скважины, равном 0,1 – 0,2 м, удается доводить к.и.ш. в крепких породах до 0,9 – 0,98 с сокращением удельного расхода ВВ на 20–30% и уменьшением общей длины шпуров на 30 %.

Вертикальные выработки.

В стволах разведочных шахт прямоугольного сечения применяют клиновые врубы из 4–8 шпуров, заряды в которых взрывают первыми. Принцип размещения шпурового комплекта в вертикальных выработках такой же, как и в горизонтальных. В стволах, имеющих круглую форму сечения, шпуры располагают по концентрическим окружностям, число которых зависит от крепости пород, диаметр ствола изменяется от 2 до 5. Число шпуров, размещенных на каждой из этих окружностей, относится как 1:2:3:4:5 (при 5 окружностях). Расстояние между шпурами в породах средней крепости и крепких принимают равным 0,6 – 0,8 м. Диаметр для врубовых шпуров принимают равным 0,25 – 0,3 диаметра ствола в черне. Число врубовых шпуров в зависимости от крепости пород и формы вруба обычно составляет от 6 до 12. Используют разные формы врубов. В условиях Кривбасса, например, хорошие результаты были получены при комбинированных при пирамидально-призматическом врубе: по окружности вруба бурят комплект наклонных шпуров, образующих конус или пирамиду, и вертикальные шпуры. Причем наклонные и вертикальные шпуры на врубовой окружности располагают поочередно. Глубина врубовых шпуров на 10–15% больше глубины остальных. В качестве забойки применяют гранулированный шлак. Рекомендуемая глубина шпуров l при $f = 2$ ч3; 4ч6; 7ч20 соответственно составляет 3 – 2,6; 2,5 – 2,2 и 2,1 – 1,5 м. В последние годы в выработках, проведенных по крепким породам, стали применять шпуры глубиной 4,5 м. и

контурное взрывание. Число оконтуривающих шпуров при этом составляет 40-50% общего числа.

При проходке шурфов небольшого сечения по слабым выветренным породам IV-V категории по СНиП бурят два врубовых шпура, остальные являются оконтуривающими и отбойными. В крепких породах применяют пирамидальный вруб из 4 шпуров. Глубина шпуров может колебаться в широких пределах в зависимости от интервала опробования и составлять от 0,2 - 0,3 до 1,5 м. и более.

V. Паспорт вентиляции

5.1.

При комбинированной схеме проветривания устанавливаются два вентилятора: 1 - всасывающего действия с трубопроводом, на всю длину выработки, а другой - нагнетательного действия с коротким (25 - 30 м) трубопроводом, который нагнетает свежий воздух в призабойное пространство.

Комбинированная схема сочетает достоинство нагнетательной и всасывающей схем (быстрое проветривание призабойного пространства, продукты взрыва не загазовывают выработку).

Недостаток - наличие двух вентиляторов дополнительных работ по периодической переноски нагнетательного вентилятора и вентиляционной двери.

5.2. Расчет необходимого количества воздуха по скорости течения вентиляционной струи высчитывается по формуле:

$$Q_1 = 0,35 * S (\text{м}^3/\text{с})$$

$$Q_1 = 0,35 * 5\text{м}^2 = 1,75 \text{ м}^3/\text{с}$$

где S - площадь сечения выработки в свету

Необходимое количество воздуха по расходу ВВ, выполняется по формуле:

$$Q_2 = [\text{pic}]$$

$$Q_2 = [\text{pic}] = 142,4 \text{ м}^3/\text{мин}$$

5.3. Выбираю 2 вентилятора:

1- нагнетательный; 2 - всасывающий

1. Вентилятор среднего давления с барабанным ротором

Ц13-50 №5 Нагнетательный

Производительность, м3/мин.	100 - 234
Давление, кгс/м2	90 - 95
Число оборотов в мин.	960 - 980
Потребительная мощность, кВт	4,5 - 7,0

Основные размеры, мм.:

Длина	1009
Ширина	784
Высота	904
Вес вентилятора без электродвигателя, кг.	109

2. Вентилятор среднего давления с барабанным ротором

Ц13-50 №6 всасывающий

Производительность, м3/мин.	167 - 300
Давление, кгс/м2	80 - 140
Число оборотов в мин.	735 - 980
Потребительная мощность, кВт	7 - 14

Основные размеры, мм.:

Длина	1252
Ширина	940

Высота 1084
Вес вентилятора без электродвигателя, кг. 174

5.4. ----

VI. Организация работ.

6.1. Исходные данные: определим объем работ на бурение шпуров

$A_{\text{бур}} = l_{\text{вр}} \cdot N_{\text{вр}} + l_{\text{всп}} \cdot N_{\text{всп}} + l_{\text{ок}} \cdot N_{\text{ок}}$, шпм

$A_{\text{бур}} = 1,4 \cdot 6 + 1,1 \cdot 2 + 1,1 \cdot 8 = 8,4 + 2,2 + 8,8 = 19,4$ шпм.

Определим объем работ на погрузку горной массы

$A_{\text{погр}} = S_{\text{пр}} \cdot l_{\text{к}} \cdot \rho \cdot k_{\text{р}}$

$A_{\text{погр}} = 5,8 \cdot 1,3 \cdot 0,85 \cdot 1,75 = 11,2$

Определим объем породы подлежащей транспортированию

$A_{\text{тр}} = A_{\text{погр}}$

$A_{\text{тр}} = 11,2$

Определим объем работ на крепление

$A_{\text{кр}} = [p_{\text{ic}}]$

L - шаг крепи

$l_{\text{зах}} = L_{\text{к}} \cdot \rho$, (м)

$l_{\text{зах}} = 1,3 \cdot 0,85 = 1,1$ м.

$A_{\text{кр}} = [p_{\text{ic}}] = 0,68$

Через 2 взрыва ставим 1 крепежную раму

6.2 Определим количество человеко-смен на бурение шпуров

$F_{\text{бур}} = [p_{\text{ic}}]$

$F_{\text{бур}} = [p_{\text{ic}}] = 0,2$

Определим количество человеко-смен на погрузку горной массы

$F_{\text{погр}} = [p_{\text{ic}}]$

$F_{\text{погр}} = [p_{\text{ic}}] = 1,4$

Определим количество человеко-смен на транспортировки горной массы

$F_{\text{тр}} = [p_{\text{ic}}]$

$F_{\text{тр}} = [p_{\text{ic}}] = 0,4$

Определим количество человеко-смен на крепление горной массы

$F_{\text{кр}} = [p_{\text{ic}}]$

$F_{\text{кр}} = [p_{\text{ic}}] = 0,2$

6.3. Определим число рабочих на выполнение одного проходческого цикла

$S_{\text{F}} = F_{\text{бур}} + F_{\text{погр}} + F_{\text{тр}} + F_{\text{кр}}$

$S_{\text{F}} = 0,2 + 1,4 + 0,4 + 0,2 = 2,2$

Определим коэффициент перевыполнения норм

$K_{\text{б}} = [p_{\text{ic}}]$

n - количество рабочих принятых на данный проходческий цикл

$K_6 = [pic]=1,1$

6.4. Определим время на каждую проходческую операцию: на бурение шпуров

$t_{бур} = [pic]$

$t_{бур} = [pic]=0,4$

$t_{погр} = [pic]$

$t_{погр} = [pic]=3,1$

$t_{тр} = [pic]$

$t_{тр} = [pic]=0,9$

$t_{кр} = [pic]$

$t_{тр} = [pic]=0,4$

Определим время на зарядание и взрывания шпуров

Берем три минуты на один шпур

$t = 3' * N$

$t_{зар} = [pic]= 24$

$t_{пров} = 15$ мин

Определим время на весь проходческий цикл

$St = t_{бур} + t_{зар} + t_{пров} + t_{погр} + t_{тр} + t_{кр}$, мин

$St = 0,4 + 24 + 15 + 3,1 + 0,9 + 0,4 = 44$ мин

VII Вспомогательные работы

7.1. Общие сведения о погрузке породы при проведении горизонтальных, вертикальных и наклонных подземных горных выработок.

Погрузка породы является одним из основных технологических процессов при проведении подземных выработок. Этот вид работ в зависимости от применяемых технологий занимает в горизонтальных выработках 30-55% времени проходческого цикла и примерно столько же – всех трудовых затрат. В вертикальных выработках удельный вес погрузки в общем балансе продолжительности и трудоемкости проходческого цикла достигает 70% и более. Поэтому исключительно важное значение имеет механизация погрузочных работ, обеспечивающая более комфортные условия труда проходчиков, рост производительности и повышение скорости проведения выработок.

Особенно сложной работа по погрузке породы является при проходке таких разведочных выработок, как стволы шахт и шурфы. Это обусловлено специфическими условиями проведения этих выработок: сравнительно небольшая (для шурфов – до 4м²) площадь поперечного сечения и стесненные условия погрузки, поскольку на ограниченной площади забоя находятся люди, а также бадьи, насосы и другое проходческое оборудование; погрузка породы производится в бадьи, имеющие малую площадь поперечного сечения; проходческое оборудование располагается по вертикальной схеме, перед взрывом оно подымается на безопасное расстояние, после проветривания опускается к забю; наличие капежа и притока воды в забой.

Основные сведения об оборудовании для погрузки горной породы.

Горизонтальные выработки

Наиболее эффективным средством механизированной погрузки породы при проведении таких разведочных выработок, как штольни, штреки, квершлагги, реже рассечки, являются погрузочные машины. По характеру работы погрузочного органа они подразделяются на машины периодического и непрерывного действия. Отечественные погрузочные машины периодического действия имеют погрузочный орган в виде ковша, а непрерывного действия – в виде двух парных нагребавших лап.

Ковшовые погрузочные машины успешнее, чем машины непрерывного действия, работают при погрузке крепких, крупнокусковых, неравномерно раздробленных и тяжелых горных пород. Машины непрерывного действия являются более производительными, чем машины периодического действия, но их целесообразнее применять при погрузке пород некрепких, средней крепости и хорошо раздробленных.

По виду потребляемой энергии погрузочные машины бывают электрическими или пневматическими. Первые получают питание от силовой электрической сети по кабелю, а вторые – от магистрали со сжатым воздухом по гибкому резиновому шлангу.

Погрузочные машины имеют колесно-рельсовую или гусеничную ходовую часть. Колесно-рельсовое исполнение ходовой части машины ограничивает ширину фронта погрузки, а гусеничное, наоборот, обеспечивает возможность погрузки породы в выработки любой ширины.

Машины с ковшовыми погрузочными органами являются более простыми по конструкции и надежными в работе, более дешевыми, они эффективно работают на погрузке пород любой крепости.

По способу передачи груза на транспортное средство различают машины прямой и ступенчатой погрузке. У машин первого типа погрузочный орган (ковш) разгружается непосредственно в вагонетку или бункер забойного перегружателя, у машин ступенчатой погрузки горная масса поступает на перегрузочный конвейер, установленный на машине, а с него – в вагонетку или другие средства.

В условиях специфики подземных горноразведочных работ наиболее широкое распространение получили ковшовые машины на колесно-рельсовом ходу и особенно машина ППН – 1с.

Параметры	Погрузочные машины				
	Периодического действия			Непрерывного действия	
	ППН-1с	ППН-2г	ППН-3	1ПНВ-2	2ПНВ-2
Техническая	0,8	1	1,25	2,2	2,5
производительность,					
м ³ /мин.					
Мощность двигателей,	17,7	36,8	37,2	31	70
кВт					
Вместимость ковша,	0,2	0,32	0,5	---	---
м ³					
Габариты, мм:					
длина	2250	2600	3200	7800	7800
ширина	1250	1450	1450	1600	1800
высота в	1500	1750	1800	1250	1450
транспортном					
положении					
максимальная высота	2250	2550	2800	2300	2600
фронт погрузки, м	2,2	---	3,2	---	---
масса, т	3,5	5	6,8	7	11,8

Пневматическая погрузочная машина ППН-1с предназначена для погрузки горной массы с кусками крупностью до 360 мм. в вагонетки или другие транспортные средства. Машина состоит из исполнительного органа, ходовой тележки, поворотной платформы с лебедкой для подъема ковша, двух пневмодвигателей и пульта управления.

Поворотная платформа поворачивается на угол 300 в обе стороны и после каждого цикла черпания автоматически возвращается в исходное положение.

Исполнительный орган состоит из ковша и двух кулис, соединенных траверсой.

Погрузочная машина ППН-2г на гусеничном ходу предназначена для погрузки горной массы с кусками крупностью до 400 мм. Машина состоит из исполнительного органа с приводом, двух гусеничных тележек с индивидуальным приводом, платформы, пульта управления с пневматическими коммуникациями и оросительной системой. Исполнительный орган аналогичен исполнительному органу машины ППН-1с.

Показатели	Типоразмеры и марки машин			
	I		II	
	ПД-2	ПТ-2.5	ПД-3	ПТ-4
Грузоподъемность, т	2	2,5	3	4
Объем кузова, м ³	---	1	---	1,5
Вместимость ковша, м ³	1	0,12	1,5	0,2
Ширина (максимальная), м	1,32	1,4	1,7	1,8
Привод	ДЭ	ДП	ДЭ	ДП
Площадь поперечного сечения выработки, м ²	5-7	5-7	7-9	7-9
Рациональное расстояние транспортирования, м.	75	150	100	225

Примечание. Д - дизельный привод, Э - электрический, П - пневматический

Погрузочная машина ППН-3 по конструкции аналогична машине ППН-1с и отличается от нее только техническими параметрами.

Погрузочная машина ступенчатой погрузки ППН-2 предназначена для погрузки горной массы при проведении горизонтальных и наклонных (до ± 80) горных выработок с площадью сечения в свету (2,5X1,8) м² и более по породам с коэффициентом крепости f₆ и кусковатостью до 400 мм. Машина состоит из нагребавшей части, гусеничного механизма передвижения, скребкового

конвейера, электро- и гидрооборудования, оросительной системы и пульта управления.

Конвейер машины изгибается в горизонтальной плоскости вправо и влево на 450 относительно продольной оси машины.

Машина 2ПНБ-2 по конструкции в основном аналогична машине 1ПНБ-2 и отличается от нее мощностью, габаритами и производительностью. Машина имеет три самостоятельных привода: гусеничного хода, нагребавших лап и скребкового конвейера.

При небольшой длине транспортирования для уборки породы в горизонтальных выработках находят применение погрузочно-транспортные машины. В отраслевой стандарт, введенный на этот вид оборудования, включены погрузочно-транспортные машины с грузонесущем ковшом (типа ПД) грузоподъемностью 2,3,5,8 и 12 тонн. и ковшом и кузовом (типа ПТ) с грузоподъемностью кузова 2,5; 4; 6; 10 и 16 тонн.

В условиях геологоразведочных работ с учетом сравнительно небольших размеров площадей поперечных сечений выработок могут применяться только машины типоразмеров, приведенных в таблице.

Достоинством использования погрузочно-транспортных машин является малое число операций и минимальное количество оборудования, используемого при уборки породы.

При проведении разведочных выработок небольшой протяженности (до 100 метров) с площадью поперечного сечения до 4 м² для уборки породы могут эффективно применяться скреперные установки. Скреперная установка состоит из скреперной лебедки, скрепера, канатов и концевого блока. Если погрузка породы осуществляется в вагонетку, то в состав установки входит также скреперный полук, под которым размещается загружаемая вагонетка.

При работе скрепер совершает периодическое движение от забоя к месту разгрузки и обратно. К забюю порожний скрепер перемещается хвостовым канатом. При движении от забоя с помощью головного каната скрепер, внедряясь в разрыхленную горную массу, самозагружается и доставляет ее волоком по почве выработке.

Достоинствами скреперных установок являются совмещения погрузки и транспортирования или доставки, простота устройства и монтажа, небольшие габариты, несложность управления, невысокая стоимость. Недостатки скреперной уборки связаны с прерывностью работы, повышением износа канатов, снижением производительности или увеличении длины транспортирования, высоким удельным расходом энергии и другими факторами.

Скреперные лебедки подразделяются на электрические и пневматические, а по мощности привода – на легкие (до 10 кВт), средней мощности (от 10 до 20 кВт) и мощные (более 20 кВт). Лебедки могут иметь 2 или 3 барабана, соосное (С) или параллельное (П) расположение двигателя и барабанов. Управление скреперными лебедками осуществляется вручную, дистанционно или автоматически.

Техническая характеристика скреперных лебедок

		КСМ-2У	КС-2У/40	КС-1МА
Диаметр ствола, м.	4 - 4,5	4 - 5	5,5 - 6,5	6,5 - 8
Вместимость грейфера, м ³	10,22	10,4	10,65	1,25
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	3,25	78	60-78	100-120
Диаметр грейфера, мм.:				
Раскрытого	1670	2180	2500	2900
Закрытого	1124	1440	1600	2100

Масса, т.	10,82	9,5	10	21,6
-----------	-------	-----	----	------

Погрузочные машины с механизированным вождением грейфера позволяют увеличивать производительность труда рабочих в среднем в два раза по сравнению с машинами КС-3, но их недостатками являются высокая стоимость, дополнительные затраты на приобретение и сооружение мощной компрессорной станции, большой расход сжатого воздуха.

При проходке разведочных выработок на ограниченной площади сечения возможно применение только легких, сравнительно небольших размеров грейферных грузчиков с ручным вождением.

Пневматический грейферный грузчик с ручным вождением состоит из собственно многолопастного грейфера, пневматического подъемника и водила, на котором размещены органы управления грейфером и подъемником.

Погрузка породы осуществляется грейферными грузчиками в бадьи. Серийно выпускаемые бадьи имеют вместимость от 0,3 до 6,5 м³. При проходке шурфов применяют бадьи вместимостью менее 0,3 м³. По конструкции бадьи подразделяются на несамопрокидывающиеся (БПН) и самопрокидывающиеся (БПС). Технические данные проходческих бадей вместимостью до 2 м³ приведены ниже в таблице.

Бадья 2/1	БПМ-0,7		БПН-1/1	БПС-1/1	БПС-1,5	БПС-	
	5/950		150	150	1300	400	
Вместимость, м ³	0,3	0,75	1	1	1,5	2	
Грузоподъемность, т	1	1,5	2	2	3	4	
Масса, кг.	190	320	400	400	400	650	700

Наклонные выработки

В зависимости от угла наклона выработки и направления проходки (снизу вверх или сверху вниз) применяют различные технические средства для погрузки горной породы. При углах наклона выработок (уклона, наклонного ствола) до 5 - 8° для погрузки породы возможно применение тех же погрузочных машин, что и при проходке горизонтальных выработок. Применение удерживающих приспособлений чаще всего в виде дополнительной лебедки с канатом, предохраняют машину от сползания в забой и облегчают ее перемещение вверх. Тем самым обеспечивается возможность использования машин в выработках с большими углами наклона. Так, например, машина 1ПНБ-2У, оснащенная усиленным тормозным фрикционом, предохранительной лебедкой 1ЛП и имеющая шипы на траках гусениц, устойчива работает при углах наклона до 180°.

Погрузочная машина ППН-7 с рычажно-ковшовым исполнительным органом предназначена для проведения уклонов с углом наклона до 250°. По рельсовому пути она перемещается с помощью лебедки, смонтированной на машине. Сложность конструкции машины, громоздкость и большая масса не позволили ей найти широкое распространение.

Погрузка породы погрузочными машинами в наклонных выработках осуществляется в вагонетки или скипы, которые перемещаются по выработкам с помощью лебедок и канатов.

Основным техническим средством механизированной уборки породы при проведении наклонных выработок являются скреперные установки, включающие скреперные полки, если уборка породы выполняется с перегрузкой ее вагонетки или скипы.

Организация работ по погрузке породы

Горизонтальные выработки

В процессе погрузки породы кромка развала постепенно перемещается к забою. Поэтому при использовании погрузочных машин на колесно-рельсовом ходу для передвижения машин вслед за перемещающимся развалом возникает необходимость в наращивании рельсовых путей. Поскольку нормальная длина рельсов составляет 8 метров, то непосредственно у забоя применяют выдвижные рельсы

длиной 4 или 8 метров. Их укладывают повернутыми на 90° внутри ранее уложенного звена основного пути. Во время работы машины реборды ее колес перемещаются по шейкам выдвижных рельсов. Выдвижение рельсов производят ковшом погрузочной машины. Для лучшего внедрения в развал породы в концы рельсов выдвижного звена заостряют.

При выдвижении звена на величину, равную нормальной длине рельсов, вместо выдвижного укладывают постоянное звено пути.

Для машин с колесно-рельсовой ходовой частью важным параметром является фронт погрузки. Если ширина выработки превосходит фронт погрузки, то часть породы может быть погружена только после предварительной перекидки ее вручную в зону действия ковша. Однако при проведении разведочных выработок такие условия встречаются сравнительно редко, поскольку эти выработки имеют преимущественно небольшое поперечное сечение, а фронт погрузки у машины ППН-1с, в основном применяемой в условиях геологоразведочных работ, составляет 2,2 м. Объем породы, убираемой с применением ручного труда, возрастают при проходке различного назначения уширений, камер и т.д.

На геологоразведочных работах наиболее широко распространена технологическая схема погрузки в одиночной вагонетки. Обязательной операцией процесса является в этом случае обмен груженых вагонеток на порожние.

В однопутных выработках обмен груженых вагонеток на порожние производится с использованием тупиковых и замкнутых разминок, накладной разминки, вертикальных и горизонтальных вагоноперестановщиков и роликовых платформ.

Тупиковые и замкнутые разминки представляют собой ответвление от основного рельсового пути на одну вагонетку или на их состав. При недостаточной ширине выработки в месте разминки производят ее расширение до необходимых размеров. Маневровые операции выполняют с помощью электровоза или вручную. Расстояние между разминками составляет 40 – 60, реже до 100 метров.

Накладная замкнутая разминка изготавливается из легких рельсов, смонтированных на плите. Разминка укладывается на основной рельсовый путь. Одна ее ветвь используется как грузовая, а другая – как порожняковая. Концевые секции разминки имеют стрелочные переводы для съезда на основной рельсовый путь. На порожняковую ветвь электровозом подается состав порожних вагонеток, откуда по одной они подаются вручную к погрузочной машине. Груженые вагонетки с помощью маневровой лебедки или вручную откатывают на грузовую ветвь.

Роликовые платформы, горизонтальные и вертикальные вагоноперестановщики располагают от погрузочной машины на расстоянии, не меньше длины состава, включая электровоз. Для установки роликовой платформы или вагоноперестановщика в выработки с недостаточной шириной образуют нишу. Переносят эти обменные средства через 30-40 метров. С помощью платформы или вагоноперестановщика в нишу размещается порожняя вагонетка, которая подается к погрузочной машине после загрузки и удаления за разминкой предыдущей. Достоинством этих обменных средств является то, что они не препятствуют функционированию основного рельсового пути.

Применение тупиковых и замкнутых разминок, роликовых платформ и вагоноперестановщиков характеризуется затратой от 2 до 10 мин. на одну вагонетку, большой трудоемкостью работ и дополнительными затратами труда и средств на их сооружение.

Заслуживает большого внимания применение при погрузке породы ленточных перегружателей. От погрузочной машины порода поступает в приемный бункер перегружателя, а из него по ленточному транспортеру – в состав из 5 – 8 вагонеток. При использовании перегружателей затраты времени на маневровые операции существенно сокращаются и сводятся к минимальным. В практике геологоразведочных работ нашел распространение самоходный консольный перегружатель ПСК-1

Техническая характеристика перегружателя ПСК-1

Производительность, м ³ /мин.	2	
Привод	Пневматический	
Длина консольной части, мм.	11800	
Габариты, мм.:		
Длина	15200	

Ширина	1350	
Высота	2150	
Масса, кг.	11000	

Следует, однако, заметить, что применение забойного перегружателя возможно лишь в прямолинейных выработках с площадью поперечного сечения не менее 6,4 м². Кроме того, использование перегружателя в комплексе с другим самоходным оборудованием, например с буровыми каретками, в однопутных выработках сопряжено с необходимостью проходки тупиковых заездов для размещения в них перегружателя.

В ряде случаев при проходке, например, штолен и штреков с рассечками последние могут успешно использоваться для выполнения обменных опережений. Состав порожних вагонеток подается электровозом в рассечку, а далее маневровые операции выполняются с помощью погрузочной машины. Эта схема удобна в том случае, когда для проходки рассечек применяется тоже самое оборудование, что и в основном забое.

Для подачи порожних вагонеток в рассечку электровозом необходимо, чтобы расстояние от погрузочной машины до рассечки было не менее длины поезда.

Скреперная уборка породы, успешно применяемая при уборке породы в горизонтальных выработках небольшой площади поперечного сечения, организуется по различным схемам.

При проведении коротких штолен скреперные лебедки устанавливаются у их устья на эстакадах. Скреперование породы в этом случае может осуществляться непосредственно в отвал или в транспортные средства.

Длина скреперования одиночными скреперами достигает 50-60 метров, а спаренными - до 100 метров и более. Необходимо при этом иметь в виду, что при спаривании скреперов требуется соответственно и более мощные скреперные лебедки.

Иногда скреперная уборка применяется в выработках (штольни, штреки, квершлаг), оборудованных рельсовыми путями. Погрузка породы в вагонетки производится скрепером с помощью скреперного полка. Более целесообразны передвижные скреперные полки, которые можно располагать на минимальном расстоянии от забоя.

Из рассечек эффективнее убирать породу скрепером в том случае, если они пройдены на уровне кровли основной выработки. Скреперную лебедку располагают в противоположной рассечке или специальной камере. Если такая возможность отсутствует, то скреперование ведут через полку несколько иной, чем представленная по конструкции. Отличие заключается в том, что скреперование ведут в состав вагонеток без его расцепки.

Вертикальные выработки

В процессе погрузки породы в стволах и шурфах выделяют две фазы, отличающиеся по интенсивности погрузки. Это связано с тем, что степень разрушения массива по глубине взорванных шпуров не одинакова. В верхней зоне порода разрушена так, что ее погрузка производится только машиной, без применения ручного труда (первая фаза). Вторая фаза наступает, когда качество дробления породы снижается настолько, что погрузка производится с применением ручного труда - предварительного рыхления, подкидки породы, зачистки. Зачистка забоя производится для того, чтобы исключить попадание мелких кусков породы в шпур при их бурении.

Объем породы во второй фазе зависит от качества взрывных работ, свойств пород и типа погрузочной машины. Высота слоя породы во второй фазе для КС-3 составляет 0,2 метра, КС - 2у/40 - 0,3 метра, КС-1м - 0,45 метра.

Производительность труда проходчиков во второй фазе погрузки в среднем в 3-4 раза ниже, чем в первой.

Цикл погрузки грузчиком с ручным вождением состоит из следующих операций: перемещение погрузочной машины к месту захвата породы, опускание грейфера с раскрытыми челюстями на породу, закрытие челюстей и захвата породы, подъема грейфера на высоту бады, перемещение его к баде и разгрузки породы в нее. Продолжительность одного цикла составляет 30-40 с.

Число пневматических грузчиков, одновременно работающих в стволе, определяются с учетом того, что на один грузчик должна приходиться площадь забоя, равная 14-16 м². При одновременном использовании двух пневматических грузчиков забой разделяют на две примерно равные части, и каждый

пневмогрузчик работает в своей зоне. Бадью размещают на границе раздела зон.

Площадь поперечного сечения разведочных стволов, как правило, не позволяет использовать одновременно две, а тем более три погрузочные машины, как при проходке эксплуатационных стволов.

Производительность погрузочного оборудования и пути ее повышения.

Различают теоретическую (расчетную), техническую (паспортную) и эксплуатационную (действительную) производительность погрузочных машин. Теоретическая производительность определяется только конструктивными параметрами машины (например, вместимость ковша, грейфера, скрепера, продолжительность цикла черпания и т.д.). Так, для погрузочной машины ковшового типа теоретическая производительность (м³/мин).

$$Q_{\text{теор}} = 60 V_k / T = n \cdot V_k,$$

где T – теоретическая продолжительность одного цикла погрузки породы ковшем машины, м; n – число циклов черпания в минуту;

V_k – вместимость ковша (геометрическая), м³.

Техническая производительность определяется для типичных эксплуатационных условий при непрерывной работе машины, т.е. в этом случае учитывается влияние свойств породы, заполнение ковша (грейфера, скрепера) породой, качество дробления породы, изменение продолжительности одного цикла черпания в реальных условиях и т.д.

Эксплуатационная производительность определяется объемом погруженной породы за общее время работы машины. На эксплуатационную производительность влияет, таким образом, продолжительность подготовительно-заключительных операций, остановок в работе машины по технологическим, а также простоям по организационным и техническим причинам.

Техническая производительность ковшовой погрузочной машины (по породе в разрыхленном состоянии) (м³/мин).

$$Q_{\text{тех}} = n \cdot k_z \cdot k_{\text{др}} \cdot V_k / k_{\text{ц}},$$

где: k_z – коэффициент заполнения ковша (в зависимости от плотности породы, размера кусков и соотношения между напорным усилием машины и шириной ковша k_z изменяется в диапазоне 0,3 – 1,2); $k_{\text{др}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное разрыхление породы в ковше ($k_{\text{др}} = 0,92 \text{ ч } 0,96$); $k_{\text{ц}}$ – коэффициент, учитывающий изменение продолжительности цикла в реальных условиях (для машин с пневмоприводом $k_{\text{ц}} = 0,92 \text{ ч } 1,1$).

Эксплуатационная производительность (м³/ч.) в общем случае определяется по формуле:

$$Q_{\text{э}} = 60 V_p / T_0,$$

где V_p – полный объем горной массы, погруженной машиной за проходческий цикл, м³; T_0 – общее время работы машины, мин.

Полный объем горной массы в плотном теле (м³)

$$V_p = l_w \cdot S \cdot \varphi_v,$$

где l_w – расчетное подвигание забоя за один цикл, м.

S – площадь проектного сечения выработки, м²;

φ_v – коэффициент, учитывающий увеличение сечения выработки против проектного ($\varphi_v = 1,05 \text{ ч } 1,08$).

Общее время работы машины складывается из времени собственно погрузки, замены груженых вагонеток или составов на порожние и суммарной продолжительности простоев по организационно-техническим причинам, включая время на подготовительно-заключительные операции.

В частности, часовую эксплуатационную производительность (м³/ч) ковшовой машины (по породе в плотной массе) можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{э}} = [\text{pic}]$$

где k_p – коэффициент разрыхления пород, равный 1,5 – 2; $k_{\text{кр}}$ – коэффициент, учитывающий крупность кусков породы и ее физико-механические свойства (при крупности кусков до 300 мм. $k_{\text{кр}} = 1$, при крупности более 400 мм. $k_{\text{кр}} = 1,3$); t_v – удельные затраты времени на вспомогательные операции, включающие очистку путей и выдвигание рельсов, кайловку и перекидку определенной части породы с периферии в зону работы ковша (для выработок, ширина которых равна фронту погрузки, t_v – составляет 1,5 чел.-мин./м³); L – расстояние до пункта обмена вагонеток, м; V_v – вместимость вагонетки, м³; k_z –

коэффициент заполнения вагонетки, принимаемый равным 0,9; v_c – средняя скорость откатки вагонеток или составов с учетом маневров, перецепки и т.д. на участке от погрузочной машины до обменного пункта (по данным практики v_c составляет 0,6 м/с.); n_b – число вагонеток в составе.

Соответственно часовая эксплуатационная производительность (м³/ч) машины непрерывного действия типа ПНБ может быть рассчитана по формуле

$$Q_{\text{э}} = [pic]$$

где $k_{рп} = 1,1 \text{ч} 1,3$ – коэффициент, учитывающий форму и расположение породы после взрыва; $k_{пм}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность маневра при погрузке и степень соответствия данного типа машины условиям погрузки ($k_{пм} = 1,05 \text{ч} 1,1$).

Производительность погрузочно-транспортных машин существенно зависит от длины транспортирования и скорости движения груженой и порожней машины. Эксплуатационная производительность погрузочно-транспортной машины (м³/ч) с грузонесущим ковшом.

$$Q_{\text{э}} = [pic],$$

а для машин с ковшом и кузовом

$$Q_{\text{э}} = [pic],$$

где $V_k, V_{куз}$ – вместимость соответственно ковша и кузова, м³; k_z и $k_{зк}$ – коэффициент заполнения соответственно ковша и кузова; $\tau = 1,15 \text{ч} 1,2$ – коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на разборку негабарита в забое; $t_{ц}$ – продолжительность цикла черпания грузонесущим ковшом, равная 50 сек.; $t'_{ц}$ – продолжительность одного цикла погрузки, сек.; $k_{ман}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность маневров машины в забое, равный 1,3; $k_{сс} = 0,6$ – коэффициент среднеходовой скорости движения; L – длина транспортирования, м; $v_{гр}$ и $v_{пор}$ – скорости движения груженой и порожней машины, принимаемые соответственно 1,8 и 2,3 м/с.; $t_{раз} = 30 \text{ч} 40$ – продолжительность разгрузки машины, сек.

Если машина в течение всей смены работает на уборке породы, то ее эксплуатационная производительность (м³/смену)

$$Q_{см} = Q_{\text{э}} T_{см} k_i,$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч.; $k_i = 0,7 \text{ч} 0,8$ – коэффициент внутрисменного использования машины, учитывающий подготовительно-заключительные операции, заправку машины, перегон к месту работы и обратно и другие операции, не относящиеся непосредственно к погрузке и транспортированию.

Техническая производительность скреперной установки при скреперовании непосредственно в отвал по породе в разрыхленном состоянии (м³/ч).

$$Q_{\text{тех}} = [pic],$$

где V_c – вместимость скрепера, м³; k_c – коэффициент заполнения скрепера (для крупнокусовой горной массы $k_c = 0,5 \text{ч} 0,7$; для среднекусовой = 0,7 ч 0,8 и мелкокусовой $k_c = 0,9 \text{ч} 1$); L – длина скреперования, м.; $v_{гр}$ и $v_{пор}$ – скорости движения соответственно груженого и порожнего скрепера ($v_{гр} = 1,1 \text{ч} 1,7$ м/с и $v_{пор} = 1,5 \text{ч} 2,3$ м/с; устанавливаются по технической характеристики скреперной лебедки); $t = 15 \text{ч} 20$ с – время, затрачиваемое на загрузку и разгрузку скрепера.

Эксплуатационная часовая производительность скреперной установки (м³/ч)

$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{тех}} k_i$$

где k_i – коэффициент использования скреперной установки во время уборки породы, принимается равным 0,4 – 0,6.

При погрузке в вагонетки или другие транспортные емкости (скипы, бадьи) производительность скреперной установки зависит от времени загрузки одной вагонетки и состава, а также времени, затрачиваемое на замену груженого состава на порожний.

Эксплуатационная производительность (м³/ч) при погрузке в вагонетки может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{э}} = [pic]$$

где k_z и k_c – коэффициенты наполнения соответственно вагонетки и скрепера (см. выше); Z – число вагонеток в составе; V_c – вместимость скрепера, м³; t_1 – время на замену состава груженого на порожний, с.

Время на замену состава t_1 (с) можно рассчитать по формуле

$$t_1 = 2L_{оп}/v_c$$

где $L_{оп}$ – расстояние до пункта обмена вагонеток, м.; $vс$ – средняя скорость откатки вагонеток или составов с учетом маневров, перецепки вагонетки и т.д., принимается равной 0,6 м/с.

Снижение затрат времени на погрузку и увеличение производительности погрузочного оборудования могут быть достигнуты за счет сокращения времени на обменные операции путем использования перегружателей, вагоноперестановщиков, вагонеток повышенной (до 1,4 м³ и более) вместимости; улучшение качества буровзрывных работ, обеспечивающих необходимую степень дробления, компактную форму развала и высокие значения коэффициента использования шпуров; применение эффективных опрокидных устройств для глухих вагонеток, мощных современных электровозов; внедрения мероприятий по сокращению продолжительности подготовительно-заключительных операций и улучшение внутрисменного использования машин.

Производительность погрузки породы пневматическими грейферными машинами в вертикальных выработках в общем случае выражается формулой

$$Q_{п} = V_{кр} / T_{п}$$

где V – объем взорванной породы, м³; $k_{р}$ – коэффициент разрыхления породы; $T_{п}$ – время погрузки всей породы в первой и второй фазе (без учета времени на подготовительно-заключительные операции).

Время погрузки $T_{п}$ складывается из времени собственно погрузки породы в первой фазе машиной, времени технологических простоев в связи с необходимостью замены груженых бадей на порожние и времени погрузки породы с применением ручного труда во второй фазе. С учетом этого среднюю производительность погрузки по разрыхленной породе (м³/ч.) можно рассчитать по формуле

$$Q_{п} = [pic],$$

где α – коэффициент, учитывающий неравномерность работы, регламентированный отдых, простои по организационным причинам и т.д., равный 1,15 и 1,2; β – доля породы в первой фазе уборки; n – число погрузочных машин; $Q_{тех}$ – техническая производительность машины; $k_{о}$ – коэффициент одновременности работы машин, равный 1 при $n = 1$ и 0,75 – 0,8 при $n = 2$; $k_{п}$ – коэффициент, учитывающий просыпание породы при погрузке грейфера в бадью [$k_{п} = (d_{б}/0,8d_{г})^2$, где $d_{б}$ и $d_{г}$ – диаметр соответственно бадьи и грейфера с раскрытыми челюстями, м]; $t_{п}$ – время простоя погрузочной машины, ч; $V_{б}$ – вместимость бадьи, м³; $k_{з} = 0,9$ – коэффициент заполнения бадьи; $n_{р}$ – число рабочих, занятых на погрузке породы во второй фазе; $Q_{у}$ – производительность погрузки породы во второй фазе одним рабочим (по породам с $f = 12$ и 16 $Q_{у} = 0,5$ и 1 м³/ч).

Значение $t_{п}$ зависит от типа и числа подъемов и соотношения между временем погрузки бадьи $t_{пб}$ и временем цикла $T_{цп}$ подъема. Например, если подъем осуществляется без перецепки бадей, то для одноконцевого подъема $t_{п} = T_{цп}$, для двух одноконцевых и при $t_{пб} < T_{цп}$ $t_{п} = 0$.

Основными направлениями сокращения продолжительности погрузки в вертикальных выработках и увеличение производительности труда являются:

применение высокопроизводительных погрузочных машин с механизированным вождением грейфера и дистанционным управлением погрузкой;

совершенствование буровзрывных работ с целью обеспечения равномерного дробления породы, уменьшения переборов сечения и увеличение коэффициента использования шпуров;

обеспечение четко согласованной работы погрузочной машины с подъемом и сокращение до минимума простоев из-за маневров бадей у забоя;

механизация работ по погрузке работ во второй фазе.

Требование правил безопасности при погрузке породы.

Машины для погрузки породы работают в специфических условиях, в связи с чем при их эксплуатации предъявляются повышенные требования к соблюдению правил безопасности.

К управлению погрузочными, погрузочно-транспортными машинами и скреперными установками допускаются только лица, имеющие специальные удостоверения и прошедшие специальный инструктаж по безопасному применению оборудования с дизельным двигателями, если такое оборудование применяется в подземных условиях.

Перед началом работы погрузочной работы необходимо осмотреть крепь выработки и, если требуется, исправить ее. Приступать к работе можно только

после приведения забоя в безопасное состояние, т.е. после удаления с боков и кровли выработки нависающих кусков породы. Необходимо проверить состояние рельсового пути и маневровых устройств.

Во время работы машины с пневмоприводом необходимо тщательно следить за креплением воздухоподводящего шланга на машине и магистральном трубопроводе, а на машинах с электроприводом – за состоянием заземления машины. Работающие на машине обязаны следить за тем, чтобы воздухоподводящий шланг или силовой кабель не попал под ходовую часть машины или другого оборудования.

В процессе работы машины не разрешается находиться впереди погрузочной машины в радиусе черпания ковша и стоять вблизи ковша в момент разгрузки, производить прицепку или отцепку вагонеток, ремонт, осмотр или очистку машины, работать под поднятым ковшом или освобождать руками куски породы из-под ковша погрузочной машины или скрепера.

Скреперную лебедку перед началом эксплуатации необходимо расположить под прямым углом к сои выработки и надежно закрепить анкерными болтами. Поддерживающие блоки для хвостового каната располагаются через 15-20 метров. Все вращающиеся детали лебедки должны быть ограждены, а на случай обрыва каната перед лебедкой устанавливаются предохранительные щитки. Корпус лебедки надежно заземляется.

Скреперование должно вестись при хорошем освещении скреперной дорожки и рабочего места у лебедки.

При работе скреперной установки запрещается производить смазку блоков и лебедки, братья руками за канат и другие подвижные детали установки, выходить на скреперную дорожку.

Во время уборки породы пневматическими грейферными грузчиками запрещается: производить осмотр и ремонт грейфера при наличии сжатого воздуха в пневмокоммуникации грейфера;

стоять вблизи бадьи в момент разгрузки грейфера;

производить уборку породы в местах забоя, где остались невзорвавшиеся шпуровые заряды;

использовать грейфер для выдергивания заклинившихся в шпурах буров и для перемещения бадей по забою ствола.

Во избежание падения кусков породы из бадей при подъеме они должны недогружаться на 100 мм. до верхней кромки борта. Запрещается использование бадей, на борту которых отсутствуют предохранительные кулачки (по два с каждой стороны) для поддержания опущенной дужки на высоте не менее 40 мм. от борта бадьи.

Нельзя оставлять бадью в подвешенном состоянии, ее необходимо выдать на поверхность или оставить в забое.

Оборудование электровозной откатки

Электровозы. Из всех рудничных локомотивов (электровозы, дизелевозы, гировозы – инерционные локомотивы и воздуховозы – работающие на энергии сжатого воздуха) на геологоразведочных работах применяются только электровозы. Электровозы подразделяются на аккумуляторные – с автономным источником питания – и контактные (контактно-кабельные, контактно-аккумуляторные) – с питанием двигателей по контактному кабелю или проводу. Наиболее целесообразным при разведки месторождений оказалось применение аккумуляторных электровозов. Их достоинствами являются взрывобезопасность, автономность питания, низкий электротравматизм. Их можно эксплуатировать в выработках меньшей высоты, а значит, и меньшей площади сечения. При этом надо иметь в виду, что аккумуляторные электровозы уступают контактному в мощности, скорости движения, они сложнее по конструкции, дороже и менее удобней в эксплуатации.

Важнейшим параметром электровоза является сцепной вес. Под ним понимают ту часть собственного веса электровоза, которая приходится на ведущие оси. У рудничных электровозов все оси ведущие, поэтому их сцепной вес равен полному конструктивному весу.

По сцепному весу электровозы подразделяют на легкие (до 50 кН), средние – от 50 до 140 кН и тяжелые – более 140 кН.

Из выпускаемых отечественной промышленностью на геологоразведочных работах применяют легкие электровозы АК-2У; 4,5АРП2М и 5АРВ-2 (АРВ – аккумуляторный, рудничный, взрывобезопасный; АРП – то же, повышенной

надежности). Их сцепной вес составляет соответственно 20, 45 и 50 кН. Жесткой базой называется расстояние между центрами передней и задней осей (для двухосных электровозов) или между центрами осей тележки (для четырехосных электровозов). Этот параметр задается из условия устойчивости электровоза и свободного его прохода по криволинейным участкам рельсового пути с малыми радиусами закруглений. Чем больше жесткая база, тем устойчивее электровоз и тем труднее он проходит по закруглениям.

К электрическому оборудованию аккумуляторного электровоза относятся: тяговые двигатели, аппаратура управления работой двигателей, аппаратура защиты силовых цепей и освещения, тяговые батареи и штепсельные соединения.

Основные параметры тягового двигателя можно определить по его электромеханической характеристике, представляющей собой зависимость силы тяги на ободу ведущих колес F , скорости движения электровоза v и КПД η от силы тока двигателя.

Номинальным режимом работы тяговых двигателей является часовой, при котором допускаемая температура обмоток двигателя достигается через один час его работы. В характеристике двигателя указывается часовая сила тяги $F_{ч}$, часовая скорость $v_{ч}$ и часовой ток $I_{ч}$. Длительному режиму соответствует такой ток $I_{дл}$, при котором допускаемая температура обмоток достигается за неограниченно длительное время. Отношение $I_{дл}/I_{ч} = 0,4ч0,45$.

Техническая характеристика электровозов

Электровоз	АК-2У	4,5АРП2М	5АРВ2М
Сцепной вес, кН	20	45	50
Скорость при часовом режиме работы, км/ч	3,95	6,66	6,66
Тяговое усилие при часовом режиме, кН	3,3	7	7
Жесткая база, мм.	650	900	900
Клиренс, мм	35	85	85
Тип аккумуляторной батареи 300П	36ТЖН-300	66ТЖН-300	66ТЖНШ-
Тяговые электродвигатели:			
тип	МТ-2	ЭДР-6	ЭДР-6
число	1	2	2
мощность, кВт	4,3	6	6
Габариты, мм:			
длина по буферам	2015	3300	3480
ширина по раме	900	1000	1000
высота от головки рельса	1210	1300	1385

Для аккумуляторных электровозов применяют батареи тяговых щелочных никель-железных аккумуляторов серии ТЖН. Щелочные аккумуляторы по сравнению с кислотными свинцовыми обладают большим сроком службы и большей механической прочностью и выносливостью в работе, простотой в обслуживании и способностью находиться длительное время в разряженном состоянии. Однако напряжение одного элемента у них более низкое, поэтому батареи щелочных аккумуляторов громоздки.

Цифры, стоящие перед буквами в обозначении типа аккумуляторной батареи,

обозначают число отдельных элементов, соединенных в батареи последовательно, а цифры справа – номинальную емкость в ампер – часах. Батареи располагают в батарейных ящиках и присоединяют к цепи электровоза с помощью штепсельных разъемов во взрывобезопасном исполнении.

Осмотр и ремонт электровозов производится в гаражах, расположенных в обособленных выработках. В зависимости от числа обслуживания электровозов гараж может иметь один или несколько заездов и не менее двух выходов. Гараж для аккумуляторных электровозов имеет отделения для стоянки, осмотра и ремонта и зарядное отделение, в котором расположены специальные столы для зарядки батарей. Гараж должен хорошо освещаться и проветриваться.

В камере, примыкающей к гаражу, размещается зарядная подстанция. Зарядку аккумуляторных батарей производят зарядными устройствами на кремниевых выпрямителях.

Вагонетки. Транспортирование грузов по рельсовым путям осуществляют в вагонетках. В зависимости от назначения они подразделяются на грузовые, пассажирские и специальные – для перевозки оборудования, материалов и т.д. Грузовые вагонетки предназначены для перевозки сыпучих грузов. По конструкции и способу разгрузки грузовые вагонетки делятся на следующие группы:

с глухим, жестко соединенным с рамой кузовом – типа ВГ; разгрузка производится в устройствах, называемых опрокидывателями;

с глухим опрокидным кузовом – тип ВО; разгрузка производится путем опрокидывания кузова;

с кузовом, шарнирно закрепленным на раме, и поднимающимся откидным бортом – тип ВВ; разгрузка производится при наклоне кузова и открыванию борта;

с кузовом, дно которого состоит из нескольких вращающихся секций, – тип ВД; разгрузка осуществляется через дно;

с кузовом, жестко соединенным с рамой, и донным скребковым конвейером, – тип ВК; разгрузка производится донным конвейером.

В геологоразведочной практике нашли применение только вагонетки первых двух типов.

Вместимость, м ³	Грузоподъемнос ть, т	Габариты, мм			Жесткая я база, мм.	Ширина колеи, мм.	Диаметр колеса, мм.	Масса , кг.
		высота	Ширина	толщина шейки				
		подошвы	головки					
Р18	90	80	40	10	18,80	23,07	8	
Р24	107	92	51	10,5	24,14	32,7	8	
Р33	128	110	60	12	33,48	42,76	12,5	

Для соединения рельсов друг с другом применяют накладки с болтами или сварку. Последнюю применяют на рельсовых путях со сроком службы не менее 5 лет. Зазор между концами рельсов на стыке должен быть не более 5 мм. Стык для обеспечения условий безударного перехода колеса с одного рельса на другой располагают между сближенными шпалами. Расстояние от стыка до оси стыковой шпалы должно быть не более 200 мм. Это требование необходимо выполнять при откатки вагонетками грузоподъемностью более 1,2 тонны. При использовании вагонеток меньшей грузоподъемности допускается располагать стык на шпале.

Рельсы укладывают на шпалы через подкладки, что обеспечивает увеличение опорной поверхности рельсов.

В горноразведочных выработках применяют деревянные, а иногда металлические шпалы. Деревянные шпалы, обычно сосновые, обладают достаточной механической прочностью, эластичностью, хорошим сцеплением с балластом. Но их недостатком является небольшой (до 3 лет) срок службы в подземных условиях. Пропитка шпал антисептиками (фтористым натрием, хлористым цинком, креозотовым маслом) увеличивает срок их службы до 10 лет и повышает прочность.

Расстояние между осями шпал должно быть не более одного метра при ручной откатке и не более 0,7 метра – при электровозной и канатной.

Для укладки стрелочных переводов применяют не шпалы, а брусья, имеющие

различную длину. Для рельсовой колеи 600 мм. длина шпал равна 1200 мм., а длина брусьев – от 1300 до 3000 мм.

Крепление рельсов к шпалам и брусьям производят костылями.

Накладки, болты, подкладки и костыли должны соответствовать типу применяемых рельсов.

Балластный слой обеспечивает равномерную передачу давления на нижнее основание, сглаживает неровности почвы выработки, динамические нагрузки на колеса и рельсы. Балласт должен быть прочным, упругим, невлагоемким, несслеживающимся, хорошо дренировать воду и обеспечивать пропуск ее в водоотводную канавку.

Материалом для балласта может служить щебень крепких и средних крепости пород с крупностью кусков 20–70мм. или галька крупностью 20–40мм. Толщина балластного слоя под шпалой – не менее 100 мм. Пространство между шпалами засыпают балластом на 2/3 толщины шпалы.

Рельсовые пути соединяют между собой стрелочными переводами и съездами. Переводы делятся на односторонние (правые и левые) и симметричные, а съезды – на односторонние (правые и левые) и перекрестные.

Основным параметром стрелочного перевода является угол пересечения осей соединяемых путей. Угол перевода α определяет марку крестовины стрелочного перевода.

$$M = 2tg[\alpha]$$

В шахтных условиях применяют стрелочные переводы и съезды с маркой крестовины 1/2, 1/3, 1/4, 1/5. Чем больше марка крестовины, тем меньше длина стрелочного перевода и тем труднее вписывание подвижного состава.

Каждый тип стрелочного перевода или съезда имеет условное обозначение. Например, односторонний перевод для рельсовой колеи 600 мм. и рельсов Р24 с крестовиной марки 1/2 и радиусом переводной кривой 4 м. имеет обозначение П0624-1/2-4.

При движении составов или отдельных вагонеток по криволинейным участкам возникает центробежная сила, которая прижимает реборды колес к наружному рельсу. Это способствует повышенному износу рельсов и колесных реборд, а также уменьшает устойчивость подвижного состава. Для исключения вредного влияния центробежной силы при настилке рельсового пути наружный рельс укладывается с превышением над внутренним путем увеличения толщины балластного слоя со стороны наружного рельса. Величина превышения устанавливается расчетом, а его минимальное значение для колеи 600 мм. составляет 10 мм.

Во избежание зажатия реборд между головками рельсов и значительного увеличения сопротивления движению, а также износа рельсовая колея уширяется в зависимости от величины жесткой базы подвижного состава на 5–20 мм. Уширение достигается передвижкой внутреннего рельса к центру кривой.

Параметры электровозной откатки

Максимальная сила тяги электровоза не может быть больше силы сцепления ведущих колес с рельсами (H):

$$F = 1000P_{сц} \cdot \mu = Mg$$

где $P_{сц}$ – сцепной вес электровоза, кН; M – масса электровоза, приходящаяся на ведущие оси, кг.; g – ускорение свободного падения, м/с²; μ – коэффициент сцепления колес с рельсами.

Допустимый вес груженого состава определяется из условия сцепления колес с рельсами, по нагреванию двигателей, по условию торможения на среднем уровне. По наименьшему из трех получаемых значений рассчитывают число вагонеток в составе.

Вес груженого состава из условия сцепления колес с рельсами (кН)

$$Q_{гн} = H + n G_{гн} = H + n (G + G_0) = 1000P_{сц} \cdot \mu / (110a + \mu_{гр} + i_{с})$$

где P – вес электровоза, H; n – число вагонеток; G – вес груза в вагонетке, H; G₀ – вес порожней вагонетки; a – ускорение при трогании ($a_{min} = 0,03$ м/с²); $\mu_{гр}$ – удельное сопротивление движению, H/кН.

Сопротивление движению за счет уклона $i_{с}$ численно равно уклону в промилле.

Если уклон равен 3%, то $i_{с} = 3H/кН$.

Вес груженого состава (кН), исходя из условия нагревания двигателей (по длительной силе тяги),

$$Q_{гр} = P + nG_{гр} = [pic],$$

где $F_{дл}$ - сила тяги электровоза при длительном режиме работы, H [находится на электромеханической характеристике двигателя электровоза и силе тока при длительном режиме ($I_{дл} = 0,4I_{ч}$)] ; α - коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателя при выполнении маневров, равный 1,4 при длине откатки от 1 до 1,5 км. и 1,1 при длине откатки более 2 км.; α - относительная продолжительность движения:

$$\alpha = T_{дв} / (T_{дв} + T_{ман})$$

продолжительность движения (мин)

$$T_{дв} = 2L / (60 * 0,75v_{дл})$$

где L - расстояние откатки, м; 0,75 - коэффициент, учитывающий уменьшение скорости на закруглениях пути, при трогании, торможении и т.д.; $v_{дл}$ - скорость при длительном режиме работы электровоза, м/с, определяется по $I_{дл}$ и электромеханическая характеристика двигателей электровоза.

Состояние поверхностей	Коэффициент сцепления α	
рельсов	без подсыпки песка	с подсыпкой песка
	0,18	0,24
Чистые сухие	0,12 - 0,17	0,17 - 0,2
Чистые влажные	0,09 - 0,12	0,12 - 0,16
Мокрые, покрытые грязью		

Грузоподъемность $Q_{гр}$, Н/кН*

в вагонетки, т

места	При движении вагонетки		При трогании вагонетки с	
	груженой	порожней	груженой	порожней
1	7	9	9	12
2	6	8	8	10
3	5	7	7	9

*Для засоренных и плохо уложенных путей приведенные значения удельных сопротивлений в расчетах следует увеличить в 1,5 раза

Продолжительность маневров электровозов у мест погрузки и разгрузки вагонеток $T_{ман}$ зависит от числа вагонеток в составе и способов погрузки и разгрузки; определяется экспериментально или принимается приближенно равной 15 - 20 мин на один рейс.

Вес груженого состава по условию торможения на среднем уклоне (кН)

$$Q_{гр} = P + nG_{гр} = 1000P_{т} / (110a_{т} - \alpha_{гр} + ic)$$

где $P_{т}$ - тормозной вес электровоза, принимается равным сцепному весу, кН; $a_{т}$ - замедление при торможении, м/с².

В соответствии с Правилами безопасности тормозной путь на преобладающем уклоне при перевозке грузов $l_{т} = 40$ м. (Преобладающим уклоном считается наибольший по величине уклон протяженностью более 200 м., но не менее длины состава плюс длина тормозного пути, установленная ПБ). Поэтому

$$a_{т} = v_{т}^2 / (2l_{т}),$$

где $v_{т}$ - скорость поезда в момент торможения, принимается равной $v_{дл}$.

Коэффициент сцепления α в данном случае принимается равным 0,12 - без подсыпки песка - и 0,17 - при торможении с подсыпкой песка.

По весу груженого состава определяется число вагонеток:

$$n = (Q_{гр} - P) / (G + G_0)$$

Вес породы в вагонетке G (кН) определяется по формуле

$$G = 10^{-3} k_n \gamma_n V$$

где k_n - коэффициент наполнения вагонеток, равный 0,9; γ_n - насыпная плотность содержимого вагонетки ($\gamma_n = \gamma / k_p$), кг/м³; V - вместимость

вагонетки.

Число рейсов электровоза, необходимая для откатки всей породы в одном цикле проходки выработки,

$$n_p = 10 - 3 S_{лц} \eta_{г?в} / (nG) = \eta_{вкр} S_{лц} / (kHVn)$$

где $\eta_{в}$ – коэффициент использования сечения выработки.

Сила тяги в период установившегося движения (Н):

для груженого состава

$$F_{гр} = (P + nG_{гр}) (\eta_{гр} + i_c);$$

для порожнего состава

$$F_{пор} = (P + nG_0) (\eta_{пор} + i_c)$$

Сила тяги, приходящаяся на один двигатель:

$$F_{1гр} = F_{гр} / n_{дв};$$

$$F_{1пор} = F_{пор} / n_{дв}$$

где $n_{дв}$ – число двигателей на электровозе.

Токи тяговых двигателей $I_{гр}$, $I_{пор}$ и действительные скорости движения $v_{гр}$ и $v_{пор}$ определяются по найденным значениям $F_{гр}$ и $F_{пор}$ и электромеханической характеристике двигателя электровоза.

Время движения груженого и порожнего составов (мин):

$$T_{дв.гр} = L / (60 * 0,75 v_{гр})$$

$$T_{дв.пор} = L / (60 * 0,75 v_{пор})$$

Продолжительность рейса

$$T_r = T_{гр} + T_{пор} + T_{ман}$$

Эффективный ток двигателя (А)

$$I_{эф} = \eta [i_c],$$

где $\eta = 1,15 \text{ч} 1,4$ – коэффициент, учитывающий ухудшение охлаждения двигателей во время маневров.

Для нормальной работы электровоза необходимо, чтобы

$I_{эф}$