

Расчеты элементов проходческих работ

Цель работы: Ознакомление с принципами подбора бурильных машин и расчета их производительности, погрузки отбитой руды, ее откатки из пространства забоя, а также освоение навыков по подбору и расчету системы вентиляции забоя.

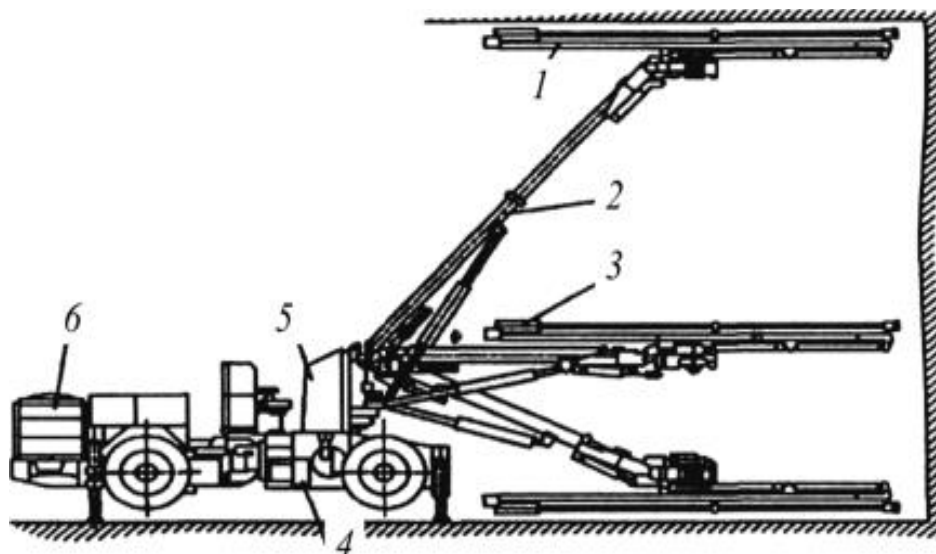
Краткие теоретические сведения

1. Бурение шпуров в забое

Проходческий цикл начинается, как правило, с разметки в забое мест расположения шпуров, выполняемой в соответствии со схемой в паспорте буровзрывных работ.

До начала разметки и бурения шпуров забой подземной выработки осматривают и приводят в безопасное состояние путем тщательной оборки и простукивания при помощи специального оборника (длинного лома). Породу, издающую при простукивании характерный глухой звук, и породу, имеющую видимые заколы, отбивают и удаляют. Удаляют также куски породы, нависшие или заброшенные взрывом на обделку или проходческое оборудование.

В качестве проходческого оборудования могут использоваться шахтные бурильные установки (рис. 7.1), предназначенные для бурения шпуров в породах различной крепости при проведении горных выработок, строительстве тоннелей, а также при ведении очистных работ в рудниках. Шпуры бурят вдоль оси выработки, в кровлю, бока и почву выработки. В качестве бурильных машин используют различные типы перфораторов, буровые головки вращательно-ударного действия (реже вращательного и ударно-вращательного действия).



1 - подачник; 2 - манипулятор; 3 - бурильная головка; 4 - рама с ходовой частью; 5 - пульт и система управления; 6- привод.

Рисунок 7.1 – Шахтная бурильная установка

Расчет производительности бурильных машин

Техническая производительность бурильной машины:

$$P_6^T = V_M \cdot k_d \cdot k_{\text{зам}} \cdot k_{\text{всп}}, \text{ м/мин}, \quad (7.1)$$

где V_M - механическая скорость бурения, определяют для машины типа БГА-1 по табл. 7.2;

k_d - коэффициент учета диаметра шпура d (мм), $k_d = 30/d$;

$k_{\text{зам}}$ - коэффициент учета потерь времени на замену бурового инструмента, принимают $k_{\text{зам}} = 0,6 \div 0,8$;

$k_{\text{всп}}$ - коэффициент учета потерь времени на вспомогательные операции при перемещении машины от шпура к шпуру, включая забуривание, принимают $k_{\text{всп}} = 0,8 \div 0,9$.

Таблица 7.2 – Зависимость V_M от $f_{\text{кр}}$

$f_{\text{кр}}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_M, \text{ м/мин}$	2,20	2,00	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00

Эксплуатационная производительность бурильной установки:

$$P_6^Э = 60 P_6^T \cdot k_{\text{од}} \cdot k_{\text{над}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot m_6, \text{ м/ч}, \quad (7.2)$$

где $k_{\text{од}}$ - коэффициент одновременности работы бурильных машин, принимают $k_{\text{од}} = 0,7 \div 0,8$ при 2-3 машинах и $k_{\text{од}} = 0,5 \div 0,6$ при 4-6 машинах;

$k_{\text{над}}$ - коэффициент надежности бурильных машин, принимают $k_{\text{над}} = 0,8 \div 0,9$;

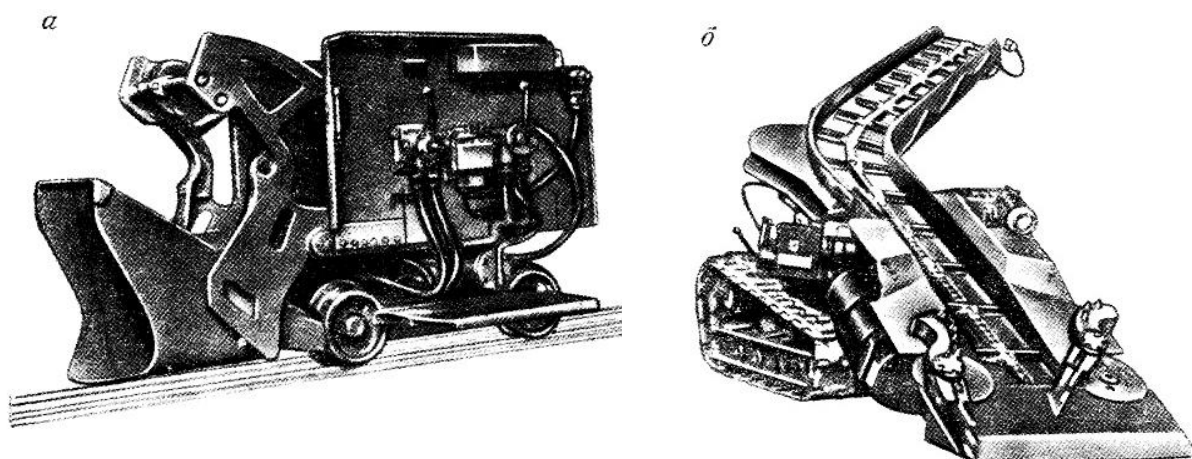
$k_{\text{пр}}$ - коэффициент потерь времени по организационно-техническим причинам, принимают $k_{\text{пр}} = 0,75 \div 0,9$;

m_6 - количество бурильных машин на установке (агрегате).

2. Погрузка породы в забое

При проведении выработок буровзрывным способом возникает необходимость погрузки отбитой руды и породы в транспортные средства. Это один из наиболее трудоемких и продолжительных рабочих процессов проходческого цикла. Этот процесс механизирован с помощью различных погрузочных машин и скреперных комплексов.

По принципу работы **погрузочные машины** для горизонтальных выработок подразделяются на машины **непрерывного и периодического действия**. Общие виды погрузочных машин периодического и непрерывного действия приведены на рисунке 7.2.



а - погрузочная машина периодического действия ППН-1С; б - погрузочная машина непрерывного действия ПНБ-3

Рисунок 7.2 - Общие виды погрузочных машин периодического и непрерывного действия

Классификация погрузочных машин приведена на рисунке 7.3.

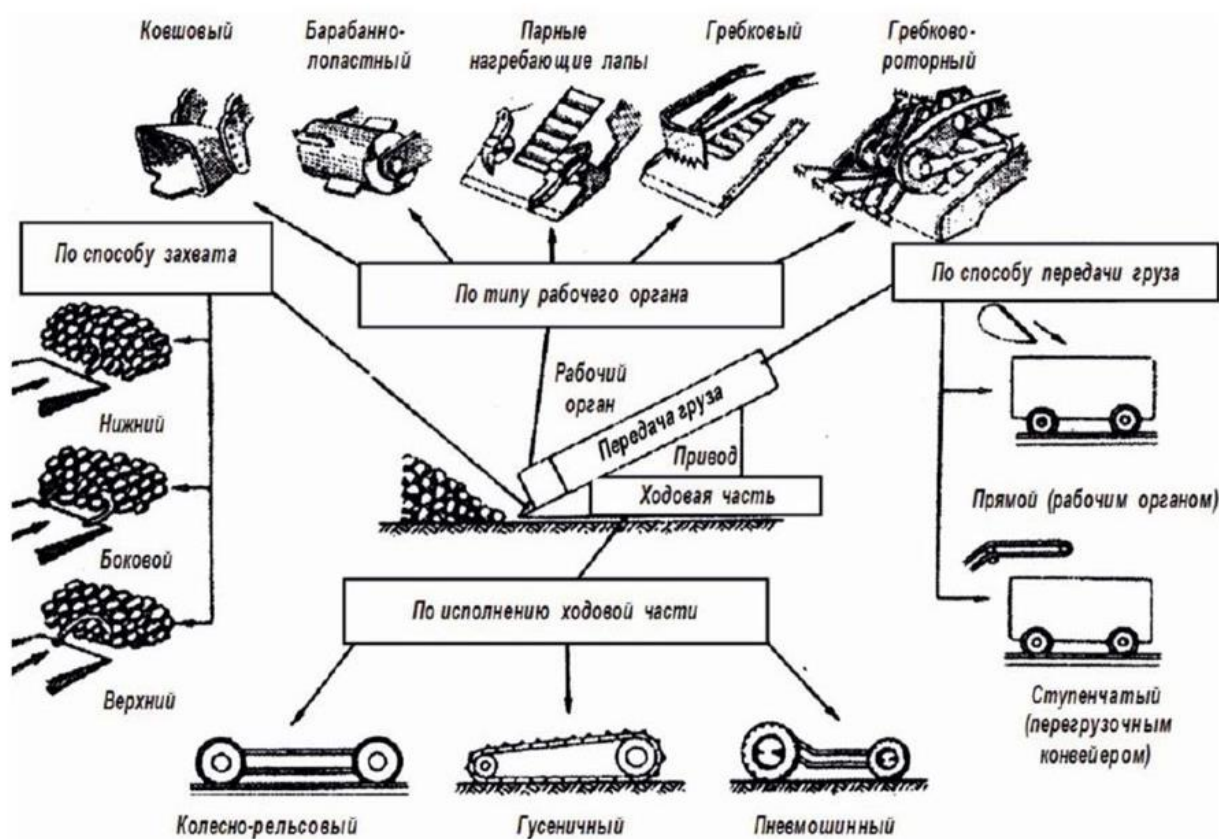
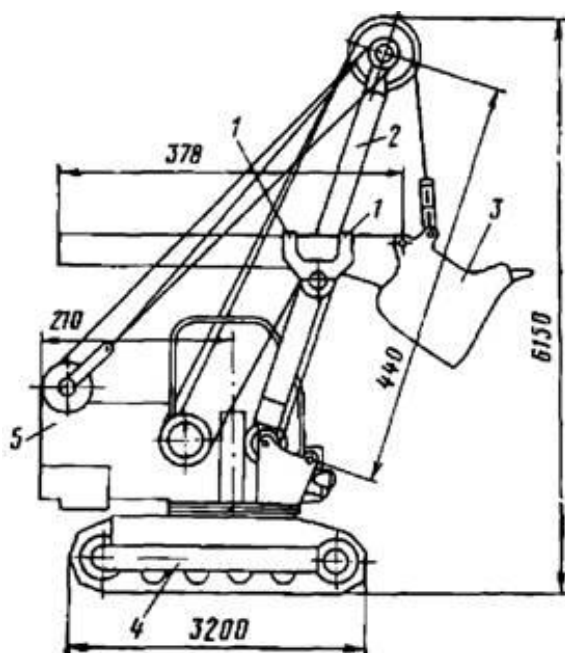


Рисунок 7.3 – Классификация погрузочных машин

Тоннельные экскаваторы. В выработках большого поперечного сечения для догрузки породы можно применять полноповоротные одноковшовые экскаваторы на гусеничном ходу. Габариты и конструкция

таких экскаваторов приспособлены для работы в подземной выработке. Для этого укорачивают стрелу, которой иногда придают изогнутую Г-образную форму, уменьшают длину корпуса машины и увеличивают противовес.

Примером специального тоннельного экскаватора является экскаватор Э-7515 (рис. 7.4), который предназначен для погрузки породы крупностью до 650 мм при проходке выработок сечением более 40 м² и шириной не менее 5,5 м.



1 – напорный механизм; 2 – стрела прямой лопаты; 3 – ковш с рукоятью; 4 – ходовая тележка; 5 – корпус.

Рисунок 7.4 – Тоннельный экскаватор Э-7515

В выработках высотой не менее 5 м и шириной не менее 10 м можно применять экскаватор ЭП-1, созданный для погрузки скальной породы крупностью до 900 мм на подземных работах в горной промышленности.

Основные характеристики экскаваторов Э-7515 и ЭП-1 приведены ниже в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Основные характеристики экскаваторов

Показатель	Э-7515	ЭП-1
Емкость ковша, м ³	0,75	1,0
Число циклов в минуту	2	3
Наибольший радиус черпания, м	5,5	8,5
Наибольший радиус разгрузки, м	4,5	7,2
Наибольшая высота разгрузки, м	4,7	5,1
Масса, т	17,0	35,6
Теоретическая производительность, м ³ /ч	90	180

Расчет производительности погрузочных машин

Техническая производительность погрузочных машин P_n^T типа ПНБ и ППН принимается по характеристикам конкретных машин, которые представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Характеристики погрузочных машин типа ПНБ и ППН

Параметры	Машины периодического действия					Машины непрерывного действия ступенчатой погрузки для горизонтальных выработок			
	Прямой погрузки для горизонтальных выработок				Ступенчатой погрузки для наклонных выработок	ПНБ-2	2ПНБ-2	ПНБ-3Д	ПНБ-4
	ППН-1С	ППН-2Г	ППН-3	1ППН-5	ППМ-4У				
Производительность техническая, м ³ /мин	0,8	1,0	1,25	1,25	1,25	2,2	2,5	4	6
Установленная мощность, кВт (л.с.)	(24)	(50)	(52)	21,5	21,5	31	70	114	142
Емкость ковша, м ³	0,2	0,32	0,5	0,32	0,32	-	-	-	-
Наибольший размер погружаемого куска, мм	200	400	600	400	400	400	500	600	800
Высота разгрузки, мм	1300	1500	1650	1450	1450	Не ограничена			
Фронт погрузки, мм	2200	-	3200	4000	4000	Не ограничен			
Габаритные размеры, мм:									
длина	2250	2600	-	7435	8200	7800	7800	9000	10000
ширина	1250	1450	1500	1400	1800	1600	1800	2700	2700
высота									
транспортная	1500	1750	1800	1725	1725	1250	1450	1900	2000
высота									
максимальная	2250	2250	2800	2250	2250	2300	2600	3400	3900
Масса, т	3,5	5	6,8	9,23	10	7	11,8	26	34

Техническую производительность подземных (тоннельных) экскаваторов P_n^T определяют по формуле:

$$P_n^T = 60q_{\text{э}} \cdot \frac{k_{\text{н}}}{t_{\text{ц}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{мин}}, \quad (7.3)$$

где $q_{\text{э}}$ - вместимость ковша экскаватора, м^3 ;

$k_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения ковша, принимают:

$k_{\text{н}} = 0,95 \div 1,00$ для пород мелкой фракции;

$k_{\text{н}} = 0,75 \div 0,80$ для пород крупной фракции;

$t_{\text{ц}}$ - время цикла черпания, равное $30 \div 45$ с.

Эксплуатационная производительность погрузочной машины:

$$P_n^{\text{э}} = \frac{60q_{\text{в}}}{\frac{q_{\text{в}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{р}}}{P_n^T \cdot k_{\text{нр}} \cdot k_{\text{н}}} + \frac{2l_0}{V_0} + t_{\text{сц}} + \frac{t_{\text{под}}}{m_{\text{с}}}}, \text{м}^3/\text{ч}, \quad (7.4)$$

где $q_{\text{в}}$ - емкость кузова вагона (самосвала), м^3 ;

P_n^T - техническая производительность погрузочной машины, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$k_{\text{р}}$ - коэффициент разрыхления зависит от крепости породы, принимают по табл. 7.5;

$k_{\text{м}}$ - коэффициент учета времени на маневры и остановки во время работы, принимают $k_{\text{м}} = 1,1 \div 1,2$;

$k_{\text{нр}}$ - коэффициент неравномерности разброса породы при взрыве, принимают $k_{\text{нр}} = 0,85 \div 0,90$;

$k_{\text{н}}$ - коэффициент надежности погрузочной машины, принимают $k_{\text{н}} = 0,65 \div 0,85$;

l_0 - расстояние откатки от погрузочной машины до пункта обмена вагонов (разминовки), обычно принимают $l_0 = 50 \div 100$ м;

V_0 - средняя скорость движения транспорта у забоя, обычно принимают $V_0 = 80 \div 100$ м/мин;

$t_{\text{сц}}$ - время на прицепку и расцепку вагонов с погрузочной машиной (для машин типа ППН), обычно принимают $t_{\text{сц}} = 1 \div 2$ мин;

$t_{\text{под}}$ - время, затрачиваемое на смену составов вагонов, обычно принимают $t_{\text{под}} = 5 \div 10$ мин;

$m_{\text{с}}$ - количество вагонов в составе, принимают из расчета максимального веса груза, возможного для откатки.

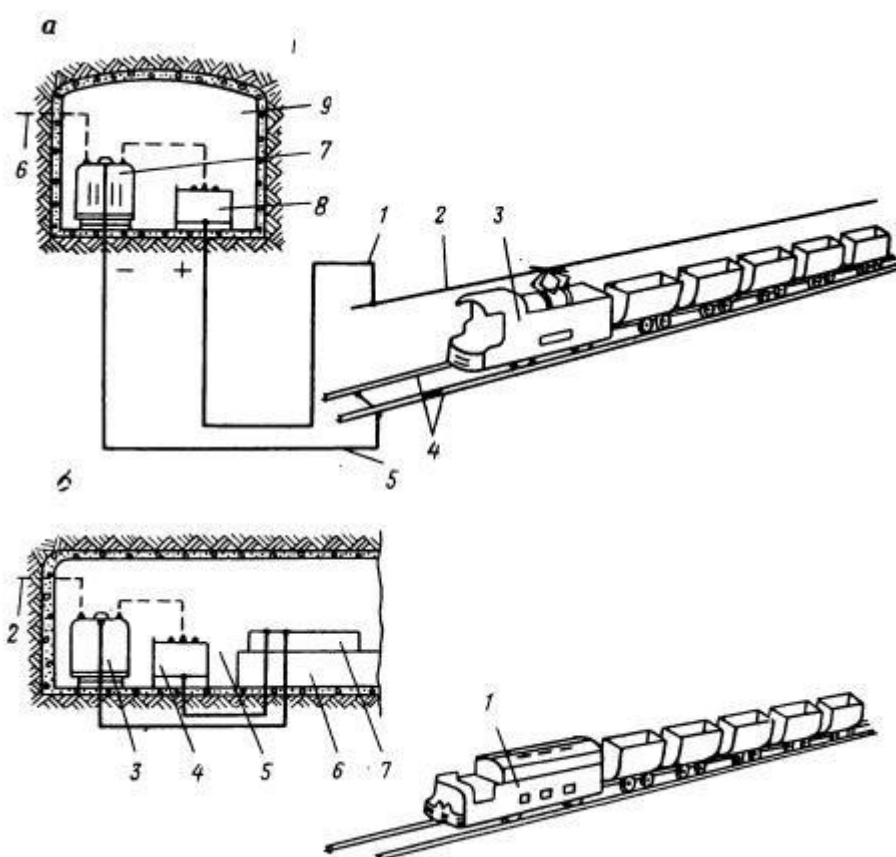
При погрузке в один вагон или самосвал выражение $\frac{2l_0}{V_0} + t_{\text{сц}} = 0$; в автосамосвал выражение $\frac{t_{\text{под}}}{m_c} = 2 \div 4$ мин, в состав вагонов типа ВПК $(2 \div 4) \cdot m_c$, мин.

Таблица 7.5 – Зависимость k_p от $f_{\text{кр}}$

$f_{\text{кр}}$	1...2	2...3	4...6	7...9	10...14	15...20
k_p	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2

3. Откатка руды из забоя

Доставка электровозами. Наиболее распространенным видом локомотивов являются электровозы. По способу питания (рис. 7.5) их делят на контактные (КР, К) и аккумуляторные (АРП, АРВ). Контактные электровозы получают ток от контактного (троллейного) провода и рельсовых путей, а аккумуляторные питаются от аккумуляторных батарей, располагающихся на самом электровозе или прицепленном к нему тендере.



а – откатка контактным электровозом; 1 – питающий кабель; 2 – контактный провод; 3 – контактный электровоз; 4 – рельсы; 6 – кабель высокого напряжения; 7 – трансформатор; 8 – выпрямитель; 9 – камера подстанции; б – откатка аккумуляторным электровозом; 1 – аккумуляторный электровоз; 2 – кабель высокого напряжения; 3 – трансформатор; 4 – выпрямитель; 5 – зарядная камера; 6 – зарядный стол; 7 – аккумуляторная батарея.

Рисунок 7.5 – Схема электровозной откатки

Таблица 7.6 – Технические характеристики рудничных электровозов

Тип	Масса, т (сцеп- ной вес, кН)	Габариты, мм			Ширина колеи, мм	Часовой/длительный режим			Двигатель	
		дли- на	ши- рина	вы- сота		сила тяги, кН	сила тока, А	ско- рость, км/ч	тип	мощ- ность кВт
Контактный										
4КР	4 (40)	3120	1300	1515	600 (750)	$\frac{8,8}{3,8}$	$\frac{58}{33}$	$\frac{5}{8}$	ДТН12	2х12
7КРМ1	7,9 (79)	4600	1350	1500	600 (750,900)	$\frac{16,8}{4,4}$	$\frac{152}{90}$	$\frac{12,2}{20}$	ДТН33	2х33
К10	10,6 (106)	4920		1650		750 (900)		$\frac{18,5}{9,5}$		
К14М	14 (140)	5210			750 (900)		$\frac{27}{14}$	$\frac{204}{122}$	$\frac{11,2}{13,6}$	ДТН4Б
КТ14		5800	$\frac{11,5}{14}$			ДТН45				
Аккумуляторный										
АРВ7	7 (70)	4200	1350	1450	750 (900)	$\frac{9,5}{1,5}$	$\frac{116}{55}$	$\frac{7,5}{11,4}$	ДРТ12	2х10
АМ8Д	8,7 (87)	4515	1345	1415	600 (750,900)	$\frac{12,1}{2,55}$	$\frac{122}{61}$	$\frac{5,8}{11}$	ДРТВМ	2х13
АРП10Б	10,4 (104)	5500	1060	1500	600	$\frac{12,5}{2,6}$		$\frac{7,2}{13,8}$	ДРТ23,5	2х23,5
АРП14	13,4 (134)	5850	1350	1650	900	$\frac{18,6}{4,6}$	$\frac{152}{61}$	18		

Грузовые вагонетки по своему конструктивному оформлению и способу разгрузки насыпных грузов делятся на следующие типы:

- Вагонетки с глухим кузовом (тип ВГ), у которых кузов жестко прикреплен к раме;

- Вагонетки с донной разгрузкой (ВД, ВДК) имеют более сложную конструкцию, чем вагонетка ВГ, однако она позволяет использовать более совершенный и производительный способ разгрузки.

- Опрокидные вагонетки ВО. У данного типа вагонеток кузов выполнен с консольными осями на торцевых стенках вагонетки, сопряженных подвижно с втулками опорных кронштейнов для кузова. В транспортном положении кузов закрепляется неподвижно.

- Специальные типы вагонеток предназначены для транспортирования, в основном, штучных грузов в виде пакетов и контейнеров с взрывчатыми, длинномерными материалами, большегрузного оборудования, арочного крепления.

- Пассажирские вагонетки предназначены для перевозки рабочего персонала к месту производства работ.

Таблица 7.7 – Технические характеристики грузовых вагонеток

Тип и типоразмер	Вместимость кузова, м ³	Грузоподъемность, т	Колея, мм	Длина по буферам, мм	Ширина кузова, мм	Масса, кг
С глухим кузовом						
ВГ0.7	0,7	1,8	600	1250	850	550
ВГ1.2	1,2	2,5	600 (750)	1850	1000	807
ВГ2.0	2,0	5,0	750 (900)	3070	1250	1510
ВГ2.2	2,2	5,5	600 (750)	2950	1200	1450
ВГ4.5А	4,5	13,5	750 (900)	4100	1350	4200
ВГ9А	9,0	27,0		8000		8900
ВГ10А	10,0	30,0		7300	1800	9500
С откидным ботом						
ВБ1.6	1,6	5	600 (750)	2950	1300	2030
ВБ4.0А	4,0	12	750	4740	1350	4700
С глухим опрокидным кузовом						
ВО-0.4	0,4	1	600	1300	870	490
ВО-0.8	0,8	2	600 (750)	1900	1000	650

Вид транспорта для откатки породы из забоя принимают исходя из размеров и уклона выработки, производительности проходческого оборудования, длины откатки и принятой технологии работ. При длине тоннеля свыше 2 км и уклоне до 20 ‰ целесообразен рельсовый транспорт. В более коротких тоннелях и при уклонах свыше 20 ‰ используют безрельсовый транспорт.

Если транспорт составлен из вагонов, собранных в состав, то необходимо рассчитать вес состава вагонов, возможный для отвозки электровозами.

Расчет необходимого количества единиц техники и числа их рейсов

Максимальный вес груженого состава:

- по условию сцепления колес электровоза с рельсами при трогании с места:

$$G'_{гр} = [1000\psi' \cdot G_c / (\omega'_{гр} + i + 110a)] - G_c, \text{ кН}; \quad (7.5)$$

- по условию торможения груженого состава на среднем уклоне:

$$G''_{гр} = [1000\psi'' \cdot G_c / (-\omega''_{гр} + i + 110a_T)] - G_c, \text{ кН}, \quad (7.6)$$

где G_c - сцепной вес электровоза, кН;

ψ' - коэффициент сцепления колес с рельсами при трогании, принимают равным 0,25;

ψ'' - то же при движении, принимают равным 0,17;

$\omega'_{гр}$ - удельное сопротивление груженой вагонетки при трогании, принимают равным $(1,5 \div 2) \cdot \omega''_{гр}$;

$\omega''_{гр}$ - то же при движении, принимают равным $(5 \div 8)$ Н/кН;

i – средний уклон тоннеля, ‰;

a - пусковое ускорение, принимают равным $(0,03 \div 0,05)$, м/с²;

a_T - тормозное замедление, м/с², определяемое в зависимости от скорости транспорта в начале торможения V_T , которая не должна превышать 2...3 м/с и длины пути торможения l_T , которая при движении на руководящем спуске не должна быть более 10 м:

$$a_T = \frac{0,5V_T^2}{l_T} \approx 0,45 \text{ м}^2/\text{с}. \quad (7.7)$$

Для расчета принимают минимальное значение $G_{гр}$, полученное из двух условий движения.

Максимально возможное число вагонов, отвозимых электровозом:

$$m_c = \frac{G_{гр}}{q_{г} + q_{т}}, \text{ ед}, \quad (7.8)$$

где $q_{г}$ - вес груза в вагоне, кН;

$q_{т}$ - вес вагона (тары), кН.

Общая продолжительность рейса транспорта при откатке породы в отвал из забоя:

$$T_p = t_n + t_{дв} + t_p + t_m, \text{ мин}, \quad (7.9)$$

где t_n - полное время погрузки состава вагонов (самосвала), мин:

$$t_n = 60q_v \cdot \eta \cdot \frac{m_c}{P_n^{\text{э}}}; \quad (7.10)$$

η - коэффициент наполнения кузова, $\eta = 0,9 \div 0,95$;

$t_{дв}$ - время движения от забоя до отвала и обратно, мин:

$$t_{дв} = 2l_0/V_{ср}; \quad (7.11)$$

l_0 - среднее расстояние от забоя до отвала, м;

$V_{ср}$ - средняя скорость движения транспорта, обычно принимают $V_{ср} = 150 \div 250$ м/мин;

t_p - время разгрузки для состава вагонов (самосвала), мин:

$$t_p = (2 \div 3) \cdot m_c; \quad (7.12)$$

t_m - время на маневры и остановки в течение рейса, для самосвалов $t_m = 2 \div 4$ мин, для состава вагонов $t_m = 5 \div 10$ мин.

Количество составов вагонов (самосвалов), необходимых для обеспечения непрерывной работы погрузочных машин:

$$m_T = T_p \cdot m_n / t_n, \text{ ед.} \quad (7.13)$$

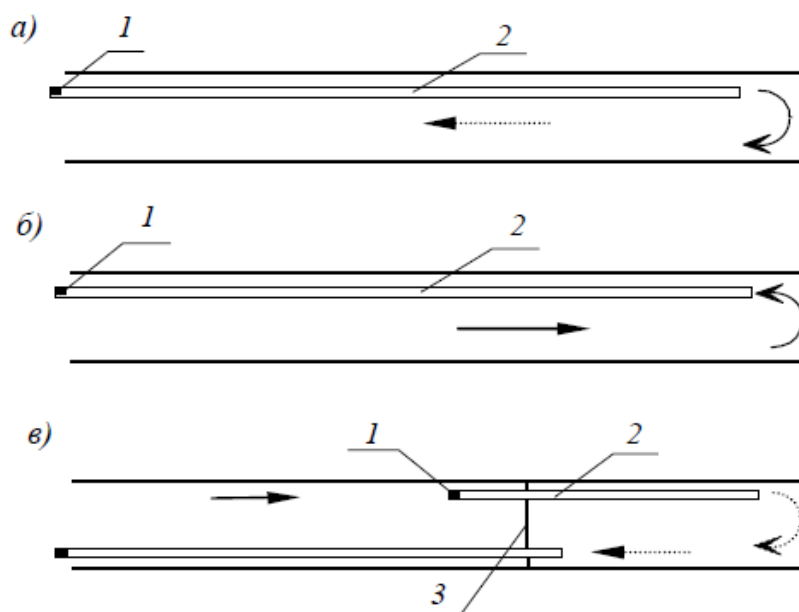
где m_n - число погрузочных машин в забое.

Потребное число рейсов для вывозки породы за цикл:

$$z_n = \frac{S \cdot l_{\text{захода}} \cdot k_p}{q_B \cdot m_c}, \text{ ед.} \quad (7.14)$$

4. Проветривание забоя при проходке

Для выбора схемы вентиляции при проходке тоннеля учитывают способ разработки породы в забое и вид применяемого транспорта (рис. 7.6).



а – приточная, б – вытяжная, в – комбинированная.

1 – вентиляторы, 2 – трубопровод, 3 – перемычка.

Рисунок 7.6 – Схема вентиляции при проходке тоннеля

При буровзрывных работах, применении тоннелепроходческих машин и рельсового транспорта используют вытяжную схему, при буровзрывных работах и автотранспорте - комбинированную (при взрыве - вытяжную, при погрузке породы - приточную), при тоннелепроходческих машинах и автотранспорте - тоже комбинированную (у забоя - вытяжную, по тоннелю - приточную).

Необходимое количество воздуха для проветривания должно определяться с учетом следующих факторов:

- по наибольшему числу людей, находящихся одновременно в тоннеле;
- минимальной скорости движения воздуха в тоннеле;
- количеству ядовитых газов, образующихся при производстве взрывных работ;
- количеству вредных газов, образующихся при работе двигателей внутреннего сгорания и при производстве электросварочных работ.
-

Расчет системы вентиляции забоя

Необходимое количество воздуха для проветривания:

- при взрывных работах у забоя:

$$Q_v = 4,715 \left(l_c \cdot \frac{S}{t} \right) \cdot \lg \left(a \cdot l_{ш} \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} \right), \frac{м^3}{с}, \quad (7.15)$$

где l_c - максимально допустимое расстояние от конца вентиляционной трубы до забоя, определяется по формуле

$$l_c = 18,7\sqrt{S} \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega}{S}}, м, \quad (7.16)$$

S - площадь сечения выработки, $м^2$;

ω - площадь сечения вентиляционной трубы, $м^2$;

t - время проветривания, с;

a - коэффициент, равен 48 для $S = 41 \div 95 м^2$ и 26 для $S = 12 \div 40 м^2$;

$l_{ш}$ - глубина шпура, м;

ρ - плотность породы, $т/м^3$;

- при движении автомобилей по тоннелю:

$$Q_t = 0,625k_{нк} \cdot \left[1,2m_a + 2,24 \left(\frac{L}{t_n \cdot V_a} + 0,25 \right) \right], м^3/с, \quad (7.17)$$

где $k_{нк}$ - коэффициент неравномерной концентрации вредных газов, принимают $k_{нк} = 1,3$ при $L \geq 2$ км и $k_{нк} = 1,7$ при $L < 2$ км;

m_a - число машин, находящихся в забое, ед;

L - длина тоннеля, м;

t_n - продолжительность погрузки, принимают по формуле (7.10), с;

V_a - скорость движения машин, $м/с$;

- по наибольшему количеству людей, одновременно находящихся в забое:

$$Q_{\text{л}} = 0,1n \cdot z, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (7.18)$$

где n - наибольшее число людей в забое, обычно принимают равным удвоенному числу проходчиков в смене;

z - коэффициент запаса воздуха, принимают $z = 1,2 \div 1,5$;

- по минимальной скорости движения воздуха в тоннеле:

$$Q_{\text{с}} = (0,10 \div 0,15) \cdot S, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (7.19)$$

Затем сравнивают полученные объемы воздуха по этим формулам и наибольший объем принимают за расчетный $Q_{\text{р}}$.

Для подачи воздуха применяют вентиляторы местного проветривания типа ВМ и СВМ, металлические, прорезиненные или полимерные трубы диаметром 0,4 – 1,0 м. Подбор вентиляторов осуществляют в зависимости от необходимой производительности и напора вентилятора. Производительность принимают с учетом 5 – 10% запаса от требуемого объема воздуха.

Требуемый напор, создаваемый вентилятором:

$$h = 65\alpha \cdot l \cdot Q_{\text{р}}^2 \cdot \frac{\varepsilon}{d^5}, \text{ Па}, \quad (7.20)$$

где l - длина воздуховода между смежными вентиляторами, обычно составляет 50 ÷ 100 м;

ε - коэффициент местных сопротивлений в тройниках, отводах, коленах и т. п., принимают в пределах 1,1 ÷ 1,3;

d - диаметр воздуховода, м;

α - коэффициент трения в трубах, принимают по табл. 7.8.

Таблица 7.8 – Зависимость α от диаметра трубы воздуховода

$d, \text{ м}$	0,4	0,5	0,6	0,7
α	0,00030	0,00025	0,00022	0,00020

Расчет компрессорной установки и требуемой мощности электростанции или трансформаторной подстанции следует производить по методике, изложенной в работе [1, с. 282].

Пример решения

Данные для расчета представлены в таблице 7.9.

Таблица 7.9 – Исходные данные для расчета

Величина	Значение
Коэффициент крепости породы f	7
Диаметр шпура, мм	43
Глубина бурения шпура, мм	2500
Тип бурильной установки	БУР2Б (УБШ 302)
Тип погрузочной машины	ППН-3
Тип доставочной машины	Рудничный электровоз КТ14 Вагонетка ВГ4.5
Средний уклон тоннеля, ‰	12
Плотность горной массы, т/м ³	1,9
Среднее расстояние от забоя до отвала, м	3100
Площадь сечения выработки, м ²	30
Время проветривания, с	2400
Число проходчиков в смене, чел	3
Диаметр сечения вентиляционной трубы, м	0,7

1. Расчет производительности бурильных машин

Определим техническую производительность бурильной машины, используя формулу (7.1).

Для этого найдем коэффициент учета диаметра шпура d (мм):

$$k_d = \frac{30}{d} = \frac{30}{43} = 0,7,$$

$$\text{тогда } P_6^T = V_M \cdot k_d \cdot k_{\text{зам}} \cdot k_{\text{всп}} = 1,35 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 0,56 \text{ м/мин.}$$

Эксплуатационную производительность бурильной установки рассчитаем по формуле (7.2):

$$P_6^3 = 60P_6^T \cdot k_{\text{од}} \cdot k_{\text{над}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot m_6 = 60 \cdot 0,56 \cdot 0,72 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 2 = 32,9 \text{ м/ч.}$$

2. Погрузка породы в забое

Техническую производительность погрузочной машины типа ППН-3 определим по таблице 7.3:

$$P_n^T = 1,25 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Эксплуатационную производительность погрузочной машины определим по формуле (7.4). Для этого произведем расчет необходимого количества единиц техники и числа их рейсов.

Максимальный вес груженого состава вычислим по формуле (7.5) и (7.6):

- по условию сцепления колес электровоза с рельсами при трогании с места:

$$G'_{гр} = [1000\psi' \cdot G_c / (\omega'_{гр} + i + 110a)] - G_c = \\ = [1000 \cdot 0,25 \cdot 140 / (12 + 12 + 110 \cdot 0,04)] - 140 = 1092,4 \text{ кН};$$

- по условию торможения груженого состава на среднем уклоне:

$$G''_{гр} = [1000\psi'' \cdot G_c / (-\omega''_{гр} + i + 110a_T)] - G_c = \\ = [1000 \cdot 0,17 \cdot 140 / (-7 + 12 + 110 \cdot 0,45)] - 106 = 296,7 \text{ кН}.$$

Для дальнейшего расчета примем минимальное значение $G_{гр}$, полученное из двух условий движения, а именно $G_{гр} = 296,7 \text{ кН}$.

Максимально возможное число вагонов, отвозимых электровозом, определим по формуле (7.8). Вес груза и тары (вагонетки) рассчитаем исходя из плотности породы и данных таблицы (7.7):

$$m_c = \frac{G_{гр}}{q_{г} + q_{т}} = \frac{296,7}{85,5 + 42} = 2,32 \approx 2 \text{ ед},$$

и, следовательно,

$$P_n^э = \frac{60q_{в}}{\frac{q_{в} \cdot k_{м} \cdot k_{р}}{P_n^T \cdot k_{нр} \cdot k_{н}} + \frac{2l_0}{V_0} + t_{сц} + \frac{t_{под}}{m_c}} = \\ = \frac{60 \cdot 4,5}{\frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 2}{1,25 \cdot 0,87 \cdot 0,75} + \frac{2 \cdot 75}{90} + 1,5 + \frac{7,5}{2}} = 13,82 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общую продолжительность рейса транспорта при откатке породы в отвал из забоя найдем по формуле (7.9). Для этого произведем расчет полного времени погрузки состава вагонов по формуле (7.10), а также времени движения от забоя до отвала и обратно и времени разгрузки для состава вагонов по формулам (7.11) и (7.12) соответственно:

- полное время погрузки состава вагонов:

$$t_n = 60q_{в} \cdot \eta \cdot \frac{m_c}{P_n^э} = 60 \cdot 4,5 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{13,82} = 35,2 \text{ мин};$$

- время движения от забоя до отвала и обратно:

$$t_{дв} = 2l_0/V_{ср} = 2 \cdot 3100/200 = 31 \text{ мин};$$

- время разгрузки для состава вагонов:

$$t_p = (2 \div 3) \cdot m_c = 2 \cdot 2 = 4 \text{ мин},$$

и, следовательно,

$$T_p = t_n + t_{дв} + t_p + t_m = 35,2 + 31 + 4 + 7 = 77,2 \text{ мин.}$$

Количество составов вагонов (самосвалов), необходимых для обеспечения непрерывной работы погрузочных машин определим по формуле (7.13):

$$m_T = T_p \cdot m_n / t_n = 77,2 \cdot 1 / 35,2 = 2,19 \approx 2 \text{ ед.}$$

Потребное число рейсов для вывозки породы за цикл определим по формуле (7.14). Длину захода примем как ориентировочно равную глубине шпуров:

$$z_n = \frac{S \cdot l_{\text{захода}} \cdot k_p}{q_v \cdot m_c} = \frac{30 \cdot 2,5 \cdot 2}{4,5 \cdot 2} = 17 \text{ ед.}$$

Расчет системы вентиляции забоя

Необходимое количество воздуха для проветривания:

- **при взрывных работах у забоя** определим по формуле (7.15). Для этого произведем расчет максимально допустимого расстояния от конца вентиляционной трубы до забоя по формуле (7.16):

$$l_c = 18,7\sqrt{S} \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega}{S}} = 18,7 \cdot \sqrt{30} \cdot \sqrt[3]{\frac{0,39}{30}} = 0,23 \cdot 5,48 = 23,57 \text{ м,}$$

и, следовательно

$$\begin{aligned} Q_v &= 4,715 \left(l_c \cdot \frac{S}{t} \right) \cdot \lg \left(a \cdot l_{\text{ш}} \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} \right) = \\ &= 4,715 \cdot \left(23,57 \cdot \frac{30}{2400} \right) \cdot \lg \left(26 \cdot 2,5 \cdot \frac{1,9}{\sqrt{30}} \right) = 1,85 \text{ м}^3/\text{с}; \end{aligned}$$

- **при движении автомобилей по тоннелю** определим по формуле (7.17):

$$\begin{aligned} Q_T &= 0,625 k_{\text{НК}} \cdot \left[1,2 m_a + 2,24 \left(\frac{L}{t_n \cdot V_a} + 0,25 \right) \right] = \\ &= 0,625 \cdot 1,3 \cdot \left[1,2 \cdot 3 + 2,24 \cdot \left(\frac{3100}{2112 \cdot 3} + 0,25 \right) \right] = 4,26 \text{ м}^3/\text{с} \end{aligned}$$

- **по наибольшему количеству людей, одновременно находящихся в забое** определим по формуле (7.18):

$$Q_{\text{л}} = 0,1 n \cdot z = 0,1 \cdot 6 \cdot 1,35 = 0,81 \text{ м}^3/\text{с}$$

- **по минимальной скорости движения воздуха в тоннеле** определим по формуле (7.19):

$$Q_c = (0,10 \div 0,15) \cdot S = 0,10 \cdot 30 = 3 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Примем наибольшее необходимое количество воздуха для проветривания для проведения дальнейших расчетов $Q_t = Q_p = 4,26 \text{ м}^3/\text{с}$.

Требуемый напор воздуха, создаваемый вентилятором, рассчитаем по формуле (7.20):

$$h = 65\alpha \cdot l \cdot Q_p^2 \cdot \frac{\varepsilon}{d^5} = 65 \cdot 0,00020 \cdot 75 \cdot 4,26^2 \cdot \frac{1,2}{0,7^5} = 126,4 \text{ Па}.$$

Вывод: В ходе выполнения работы ознакомились с принципами подбора бурильных машин и расчета их производительности, погрузки отбитой руды, ее откатки из пространства забоя, а также освоили необходимые навыки по подбору и расчету системы вентиляции забоя.

Исходные данные вариантов для выполнения практической работы представлены в таблице 7.10.

Таблица 7.10 – Исходные данные

№ варианта	Коэф. крепости породы f	Плотность горной массы, т/м ³	Фракция пород	Средний уклон тоннеля, ‰	Площадь сечения выработки, м ²	Тип бурильной установки	Глубина бурения шпура, мм	Диаметр шпура, мм	Тип погружной машины	Тип доставочной машины (электровоз/вагонетка)	Расстояние от забоя до отвала, м	Диаметр сечения вентиляционной трубы, м	Время проветривания, с	Число проходчиков в смене, чел
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	12	1,9	Мелкая	5	24	БУ-1Б (УБШ 202)	2,4	46	ППН-2Г	$\frac{АРП14}{ВГ2.0}$	2100	0,5	2400	2
2	7	2,0	Крупная	0	30	БУР2Б (УБШ 302)	2,3	52	2ПНБ-2	$\frac{АРП14}{ВГ2.0}$	2350	0,7	3600	3
3	10	1,8	Крупная	6	28	БКГ-2 (УБШ 309)	2,5	52	ПНБ-2	$\frac{К10}{ВГ2.0}$	2200	0,7	3000	3
4	14	1,7	Мелкая	3	22	СБКН2М (УБШ 207)	2,0	55	ППН-2Г	$\frac{К10}{ВГ1.2}$	2740	0,5	2400	2
5	15	2,5	Мелкая	0	24	БУ-1Б (УБШ 202)	2,1	60	1ППН-5	$\frac{К14М}{ВГ2.2}$	2900	0,5	2400	2
6	8	2,1	Крупная	4	27	БКГ-2 (УБШ 309)	2,4	43	ППН-3	$\frac{КТ14}{ВГ4.5А}$	2150	0,6	3000	3
7	11	2,0	Крупная	10	25	БУ-1Б (УБШ 202)	2,5	46	1ППН-5	$\frac{АРП14}{ВГ2.0}$	3050	0,6	2400	2
8	16	2,2	Мелкая	0	24	СБКН2М (УБШ 207)	2,2	55	ППН-5	$\frac{К14М}{ВГ2.2}$	2350	0,5	2400	2
9	9	1,8	Крупная	9	30	БУР2Б (УБШ 302)	2,5	52	ПНБ-2	$\frac{АРП10Б}{ВГ2.2}$	2400	0,7	3600	3

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
10	12	2,1	Мелкая	4	22	СБКН2М (УБШ 207)	2,1	46	ППН-2Г	$\frac{K14M}{BГ2.0}$	3100	0,5	2400	2
11	13	2,1	Мелкая	5	25	БУ-1Б (УБШ 202)	2,0	52	ППН-3	$\frac{K14M}{BГ2.2}$	2400	0,6	2400	2
12	8	1,8	Крупная	7	32	БУР2Б (УБШ 302)	2,5	43	ПНБ-2	$\frac{K10}{BГ2.2}$	2600	0,7	3600	3
13	10	1,9	Мелкая	9	21	СБКН2М (УБШ 207)	2,5	46	ППН-2Г	$\frac{AP114}{BГ2.0}$	3150	0,5	2400	2
14	7	1,8	Крупная	3	30	БУР2Б (УБШ 302)	2,4	40	ПНБ-2	$\frac{AP10Б}{BГ2.2}$	2440	0,7	3600	3
15	14	2,0	Крупная	5	26	БУ-1Б (УБШ 202)	2,2	52	ППН-5	$\frac{KT14}{BГ2.2}$	2150	0,6	3000	3
16	12	2,1	Мелкая	7	28	БКГ-2 (УБШ 309)	2,1	46	ППН-3	$\frac{K14M}{BГ4.5A}$	2350	0,7	3000	3
17	9	1,9	Мелкая	12	27	БКГ-2 (УБШ 309)	2,3	43	1ППН-5	$\frac{AP114}{BГ2.0}$	2200	0,6	3000	3
18	11	1,7	Крупная	2	31	БУР2Б (УБШ 302)	2,1	52	2ПНБ-2	$\frac{K10}{BГ2.2}$	2740	0,7	3600	3
19	10	1,6	Крупная	4	30	БУР2Б (УБШ 302)	2,5	46	2ПНБ-2	$\frac{AP10Б}{BГ2.2}$	2900	0,7	3600	3
20	12	2,0	Мелкая	0	26	БУ-1Б (УБШ 202)	2,4	43	ППН-3	$\frac{KT14}{BГ2.2}$	2150	0,6	2400	2