

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Горный институт

Кафедра строительства подземных сооружений и шахт

**В.В. Першин, М.Д. Войтов, А.Б. Сабанцев,
П.М. Будников**

**ВЫБОР СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ В
ОДНОРОДНОЙ КРЕПКОЙ ПОРОДЕ**

Методические указания к расчетно-графической работе №3

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 130400.65 «Горное дело»
в качестве электронного издания
для самостоятельной работы

КЕМЕРОВО 2013

Рецензенты:

Копытов А. И. – д.т.н., профессор кафедры строительства подземных сооружений и шахт.

Дементьев А. В. – к.т.н., доцент кафедры строительства подземных сооружений и шахт.

Першин В. В. – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 130400.65 «Горное дело», специализации 130405.65 «Шахтное и подземное строительство»

Першин Владимир Викторович. Выбор средств механизации для строительства горизонтальной выработки в однородной крепкой породе. [Электронный ресурс]: методические указания к расчетно-графической работе №3 по дисциплине «Основы горного дела (строительная геотехнология)» для студентов специальности 130400.65 «Горное дело», специализаций 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130404.65 «Маркшейдерское дело», 130405 «Шахтное и подземное строительство», 130412.65 «Технологическая безопасность и горноспасательное-дело» очной формы обучения / В. В. Першин, М. Д. Войтов, А. Б. Сабанцев, П. М. Будников. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2013. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 32 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Включает краткое ознакомление с выбором средств механизации для строительства горизонтальной выработки в однородной крепкой породе, рассмотрен пример выбора средств механизации при строительстве горизонтальной выработки в однородной крепкой породе, а также список учебной литературы.

© КузГТУ
© Першин В. В.
© Войтов М. Д.
© Сабанцев А. Б.
© Будников М. П.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Основы горного дела (строительная геотехнология)» относится к базовой части профессионального цикла и опирается на знания геологии, начертательной геометрии, инженерной графики, физики, математики.

Целями изучения дисциплины «Основы горного дела (строительная геотехнология)» являются формирование у студентов представления о будущей профессии и получении базовых знаний об основных принципах строительства горных выработок, а также горнотехнических зданий и сооружений.

Дисциплина «Основы горного дела (строительная геотехнология)» формирует теоретические знания, практические навыки, вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности: производственно-технологическую; проектную; научно-исследовательскую; организационно-управленческую.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

✓ использование нормативных и инструктивных документов в своей деятельности, а именно: знать отраслевые нормативные и инструктивные документы; уметь: ориентироваться в научно-технической литературе освещающей вопросы строительной геотехнологии; владеть: отраслевыми правилами безопасности (ПБ), сводами правил (СП), строительными нормами и правилами (СНиП), а также техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений;

✓ владение основными принципами проектирования производства и организации процессов строительной геотехнологии, а именно: знать классификацию способов и схем строительства горных выработок; процессы и технологии горнопроходческих работ; здания и сооружения на поверхности шахт; уметь выбирать и рассчитывать основные параметры процессов строительной геотехнологии; владеть основными принципами технологии строительства и эксплуатации подземных и наземных объектов.

1. ГОРНОПРОХОДЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОХОДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

Проходка наклонных выработок в большинстве случаев осуществляется обычным способом с отбойкой породы взрывом, а в зоне выветривания и в рыхлых отложениях - на отбойный молоток.

В зависимости от площади поперечного сечения выработки, ее угла наклона и крепости пород применяют различное буропогрузочное и подъемно-транспортное оборудование.

1.1 Оборудование для бурения шпуров

Специального оборудования для бурения шпуров при проходке наклонных выработок промышленность не выпускает, поэтому используется бурильное оборудование, предназначенное для проходки горизонтальных выработок.

Бурение шпуров осуществляется вращательным, ударно-поворотным и вращательно-ударным способами. Вращательный способ бурения применяется при проходке горных выработок по породам с коэффициентом крепости $f < 8$, ударно-поворотным способом по породам с $f = 10-20$ и вращательно-ударным по породам с $f = 6-14$.

Скорость бурения зависит от крепости пород, частоты вращения шпинделя и осевого усилия на резец и для вращательного бурения приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Оптимальные режимы вращательного бурения

Породы	Коэффициент крепости f	Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	Осевое усилие на резец, Н	Ожидаемая скорость бурения, мм/мин
Каменный уголь и антрацит	1,5–2	600–1500	400–1200	200–600
Глинистый сланец	3–4	600–400	1500–4500	200–450
Песчаник средней крепости	6	450–300	6000–8000	100
Песчаник крепкий	8–10	350–200	9000–11000	30–50

При небольших объемах работ, малой площади поперечного сечения и больших углах наклона выработок применяют бурение

ручными пневматическими перфораторами и пневмосверлами, пневмогидравлическими, электрогидравлическими и электрическими сверлами. В слабых породах отбойку породы производят отбойными молотками. В протяженных наклонных выработках применяют механизированные бурильные установки и буровые каретки.

Технические характеристики ручных пневматических перфораторов приведены в таблице 1.2. Технические характеристики электросверл, предназначенных для бурения шнуров диаметром 43 мм по углю различной крепости и породам в шахтах, опасных по газу и пыли, приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.2 – Техническая характеристика ручных пневматических перфораторов

Показатели	Тип перфоратора							
	ПП36В	ПП54В	ПП54ВБ	ПП63В	ПП63ВБ	ПП63П	ПП63С	ПП63СВП
Диаметр шнуров, мм	32–40	40–46	40–46	40–46	40–46	40–46	до 52	до 46
Глубина бурения, м	2	4	4	5	5	5	5	5
Число ударов в мин.	2300	2300	2300	1800	1800	1800	1800	1800
Энергия удара, Дж	36	54	54	63; 74	63; 74	63; 74	63; 74	63; 74
Крутящий момент, Н·м	20	29,43	29,43	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	2,7	3,3	4,1	3,3	3,8	3,8	3,8	3,8
Масса, кг	24	31,5	31,5	33	33	33	33	33

Ручные пневматические сверла предназначены для бурения по углю скважин диаметром до 250 мм и длиной до 10 м, а также диаметром 50 мм по углю и породам с $f < 4$ в шахтах, опасных по газу и пыли (таблица 1.4).

Таблица 1.3 – Техническая характеристика ручных горных электросверл

Показатели	Тип электросверл		
	ЭР14Д-2М	ЭР18Д-2М	ЭРП18Д-2М
Эффективная мощность электродвигателя, кВт	1,0	1,4	1,4
Напряжение, В	127	127	127
Частота вращения шпинделя, с ⁻¹	14,3	10,7	5
Номинальный крутящий момент шпинделя, Н·м	10,82	20,21	40,82
Масса, кг	16,5	18,0	24,5

Таблица 1.4 – Технические характеристики горных пневматических сверл

Показатели	Тип пневмосверл	
	СР-3	СР-3М
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,4	0,4
Номинальная мощность на шпинделе, кВт	2,6	2,6
Частота вращения шпинделя, с ⁻¹	6,1	6,1
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	13	13,2
Масса сверла без инструмента, шлангов и вспомогательных устройств, кг	13,0	13,2

Рекордные показатели на проходке горизонтальных выработок были достигнуты при использовании для бурения шпуров ручных пневматических перфораторов. Так, на руднике Миргалимсай при проходке полевой выработки по породам с коэффициентом крепости $f = 10-14$ и площадью поперечного сечения выработки 10 м^2 (крепление отсутствует или крепили анкерами) при обурировании забоя десятью перфораторами была достигнута скорость $1237,6 \text{ м/мес.}$ С использованием механизированных бурильных установок и буровых кареток таких скоростей проходки не было достигнуто. Это связано с тем, что при ручном бурении в одновременной работе находится большее число перфораторов (4–12 перфораторов), тогда как при механизированном бурении их значительно меньше (1–2 перфоратора). Кроме того, при механизированном бурении значительно увеличивается продолжительность подготовительно-заключительных операций.

При проходке протяженных наклонных выработок для бурения шпуров используются механизированные пневматические, пневмогидравлические, электрические и электрогидравлические бурильные установки на колесном или гусеничном ходу с одним или двумя ма-

нипуляторами. На большинстве бурильных установок в зависимости от крепости бурильных пород возможно использование одного или двух типов бурильных машин, обеспечивающих лучшие показатели по бурению пород различной крепости.

В настоящее время в России пневматические, пневмогидравлические и электрические бурильные установки вращательно-ударного действия на колесном и гусеничном ходу выпускает Кузнецкий машиностроительный завод, а электрические вращательного действия – Копейский машзавод. Бурильные установки вращательного действия выпускает также Новгорловский машзавод (Украина). Технические характеристики установок приведены в таблице 1.5.

В рудной промышленности для бурения шпуров используются буровые каретки СБКНС-2, оснащенные перфораторами ПК-60. Они предназначена для бурения шпуров глубиной до 2,5 м в породах с коэффициентом крепости $f < 20$. Расход сжатого воздуха 0,42 м³/с. Кареткой обуривают забой шириной 4 м и высотой 3,2 м. Масса каретки 5,7 т.

Для спуска в забой и подъема из забоя бурильных установок используют проходческие лебедки.

Важным фактором, сдерживаемым применение в наклонных стволах бурильных установок, является сложность маневровых работ по замене в забое погрузочной машины на бурильную установку и наоборот. А так как наиболее трудоемкой операцией проходческого цикла является погрузка породы, то при оснащении забоя предпочтение отдается погрузочной машине, а не бурильной установке.

1.2 Погрузочное оборудование для проходки горизонтальных и наклонных выработок

Для погрузки горной массы при проходке наклонных выработок сверху вниз используются ковшовые погрузочные машины циклического действия, погрузочные машины с нагребными лапами непрерывного действия, скреперные комплексы, проходческие агрегаты и проходческие комбайны.

Из ковшовых погрузочных машин на проходке наклонных выработок используются машины ППН-7, ППМ-4У и МПК-3 ППБ-1 (таблица 1.6).

Таблица 1.5 – Технические характеристики бурильного оборудования

Показатели	УБШ-215 (БУ-1)	УБШ-214 (БУ-1Б)		УБШ-214У (БУ-1Б)		УБШ-254	УБШ-308А (1СБУ-2Б)		УБШ-308У (1СБУ-2Б)		УБШ-222
Вид энергии	электрогидравлическая	пневматическая		пневматическая		пневматическая	пневогидравлическая		пневогидравлическая		электрогидравлическая
Площадь сечения выработки, м ²	4,2–12,0	4,2–10,0		4,2–12		12	18–20		18–20		
Коэффициент крепости пород по Протодяконову, <i>f</i>	4–16	8–14		8–14		8–14	8–14		8–14		
Способ бурения	Вращатель- но-ударный	Вращатель- но-ударный		Вращатель- но-ударный		Вращатель- но-ударный	Вращатель- но-ударный		Вращатель- но-ударный		
Число бурильных машин и перфораторов	1	1		1		1	2		2		1
Тип перфоратора	1ГП (норит 101)	М-2	БГА-2М	М-2	БГА-2М	Норит 101	М-2	БГА-2М	М-2	БГА-2М	
Энергия удара, Дж	120-34	132	83,3	132	83,3	120-34	132	83,3	132	83,3	
Число ударов, с ⁻¹	3200; 6000	42	43	42	43	3200; 6000	42	43	42	43	
Крутящий момент, Н·м	340	294	218	294	218	340	294	218	294	218	
Частота вращения, мин ⁻¹	0; 375	80	120	80	120	0; 375	80	120	80	120	
Ход подачи перфоратора	2,4; 2,8	2,4; 2,8	2,75	2,4; 2,8	2,8; 3,2	2,8; 3,2					
Усилие подачи, Н	20000	20000		12000		20000	12000		12000; 20000		

Продолжение таблицы 1.5

Габариты транспортном положении: ширина, высота, длина, м	1,15×1,65×7,1	1,0×1,5×6,0	1,129×1,5×7,60	1,2×1,8×7,2	1,6×1,8×7,2	1,6×1,7×7,8	1,4×1,5×6,4
Масса установки, кг	5000	4000	3300	7200	8700	8600	7360
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин		10–12	10–12	10–12	20–25	20–25	
Завод-изготовитель	Кузнецкий машиностроительный завод						

Таблица 1.6 – Технические характеристики ковшовых погрузочных машин

Показатели	ППМ-4У	ППН-7	МПК-3	ППБ-1
Техническая производительность, м ³ /мин	1,25	0,8	2,4	0,6
Угол наклона выработки, град	до 18	до 25	до 10	18–45
Вместимость ковша (грейфера), м ³	0,25/0,32	0,28	1,0	0,4
Фронт погрузки, м	4,0	4,8	–	5,5
Суммарная установленная мощность, кВт	21,5	40	55	30
Основные размеры: м				
ширина	1,8	1,4	1,42	1,96
высота	2,35	1,85	2,15	2,45
длина	8,2	9,45	5,2	15,0
Масса, т	10	14,4	9,4	10

Для спуска в забой и подъема погрузочной машины ППМ-4У в выработке устанавливают лебедку. На погрузочной машине ППН-7 лебедка является составной частью машины, а канат крепится специальным устройством к рельсовому пути. По мере проходки устройство для крепления каната переносят ближе к забою.

Достоинство ковшовых погрузочных машин заключается в том, что на их производительность меньше влияет присутствие воды в забое, чем на производительность машин с нагребными лапами. Ковшовые машины при погрузке меньше создают пульпы, поэтому для подъема горной массы возможно использование конвейерного транспорта.

Погрузочные машины непрерывного действия обладают большой производительностью, но в обводненных забоях со слабыми размокаемыми породами резко снижается их производительность. На абразивных породах у них малый ресурс, и машины имеют высокую стоимость. Погрузочные машины 1ПНБ-2 и 2ПНБ-2 могут работать при угле наклона выработки до 80, а машины 1ПНБ-2У с предохранительными лебедками 1ЛП -до 180.

В шахтах, не опасных по газу и пыли, применяют усиленные и более производительные погрузочные машины непрерывного действия ПНБ-3Д-2 и ПНБ-4 (таблице 1.7).

Для погрузки породы при проходке протяженных выработок ВНИИОМШСом разработаны несколько типов скреперных комплексов. В комплект скреперного комплекса входят: скреперная ле-

Таблица 1.7 – Технические характеристики погрузочных машин непрерывного действия

Показатели	1ПНБ-2	2ПНБ-2	1ПНБ-2У	ПНБ-3Д2	ПНБ-4	2ПНБ-2у
Техническая производительность, м ³ /мин	2,2	2,5	2,5	4,5	6	2,5
Допустимый угол наклона выработки, град	8	8	до 18	до 18	8	до 18
Крепость пород, f	до 6	до 6	до 6	до 16	до 16	до 12
Установленная мощность, кВт	31	70	31	142	142	70
Масса, т	7	11,8	10,63	28,1	34	12

Примечание: при угле наклона до 15° машина 1ПНБ-2У может работать без предохранительной лебедки 1ЛП, а машина 2ПНБ-2у до 14°.

бедка, скрепер, скреперный полок с погрузочным устройством, блок с анкерами. Конструкции всех типов скреперных комплексов аналогичны. Различаются они между собой только вместимостью скрепера, мощностью скреперной лебедки и размерами скреперного полка. Технические характеристики некоторых типов скреперных комплексов приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики скреперных комплексов

Показатели	СКУ-1	СКМ-600	СКБ-1	МПДК-3
Производительность, м ³ /мин:				
при длине скреперования:				
15 м	0,75	0,75	0,75	0,75
30 м	0,41	0,41	0,41	0,41
Вместимость скрепера, м ³	0,5	0,45	0,3	0,45
Установленная мощность, кВт	20	17	40	49
Минимальная площадь сечения выработки, м ² /свету	8,5	5,9	4,5	5,8
Угол наклона выработки, град	до –35	до –35	до ±35	до 18
Масса, т	4,7	4,3	4,5	7,4

1.2.1 Буропогрузочные машины

Для механизации бурения и погрузки породы в наклонных выработках с углом падения до 8° применяются буропогрузочные ма-

шины непрерывного действия, техническая характеристика которых приведена в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технические характеристики буропогрузочных машин

Параметры	1ПНБ-2Б	2ПНБ-2Б
Минимальная площадь сечения выработки в свету, м ²	6,4	6,8
Высота обуриваемого забоя, м	3,5	4,0
Ширина обуриваемого забоя, м	3,8	3,8
Глубина шпуров, м	2,5	2,75
Техническая производительность погрузки, м ³ /мин	2,2	2,5
Допустимые углы наклона выработки без дополнительных приспособлений, град	8	8

Применение буропогрузочных машин значительно сокращает продолжительность подготовительно-заключительных операций, позволяет механизировать две наиболее трудоемкие операции - бурение шпуров и уборку породы. К недостаткам буропогрузочных машин относятся возможность работать только при малых углах наклона выработки (до 80) и невозможность их применения в обводненных забоях и породах, склонных к размоканию и образованию пульпы.

1.2.2 Проходческие комплексы и агрегаты

Большие затраты времени на замену бурильного и погрузочного оборудования при проходке наклонных выработок обусловило необходимость создания проходческих комплексов и агрегатов. Агрегирование заключается в том, что на общей раме монтируют оборудование по бурению шпуров, погрузке горной массы и креплению горной выработки. В современных агрегатах операции проходческого цикла выполняются последовательно, т.е. при бурении шпуров невозможно выполнять работы по погрузке горной массы или креплению; при погрузке невозможно осуществлять бурение шпуров; аналогично при креплении невозможно бурить или грузить. Но агрегированный комплекс выполняет основные операции проходческого цикла с одной стоянки, что значительно сокращает удельный вес затрат на подготовительно-заключительные операции проходческого цикла. В состав комплекса входит водоотливная установка с винтовыми насосами 1В-20. К недостаткам агрегированных комплексов относятся сложность и недостаток незанятого в проходческом цикле времени на профилактические и ремонтные работы агрегата.

Агрегированные комплексы для проходки протяженных наклонных выработок разработаны институтами «Кузниишахтострой» («Сибирь», несколько модификаций) и «ЦНИИподземмаш» («Титан IV»), технические характеристики которых приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Технические характеристики проходческих комплексов и агрегатов

Показатели	«Сибирь-1/М»		«Сибирь-2/М»			«Титан-IV»
	исполнение					
	с гидравлической	с электробедкой	01	02	03	
Площадь сечения выработки в свету, м ²	9–13,9	9–13,9	15–22	15–22	16,2–22	14–22
Угол наклона выработки, град	до 30	до 30	до 25	до 25	до 25	до 30
Коэффициент крепости пород f, не более	16	16	16	16	16	16
Вместимость ковша, м ³	0,69–0,9	0,69–0,9	0,5	0,5	0,5	–
Количество ковшей, шт.	1	1	2	2	2	–
Фронт погрузки, м	4,3	4,3	6	6	6	–
Производительность погрузки, м ³ /мин	–	–	1,7–2,4	1,7–2,4	1,7–2,4	–
Количество бурильных машин, шт.	1	1	2	2	3	–
Грузоподъемность при сложенной стреле, Н	450	450	4500 (СБР)	10000	4500 (СБР)	–
при максимальном вылете стрелы	–	–	–	6000	–	–
Мощность электродвигателей суммарная, кВт	30	32	174	174	174	–
Подача водоотливной установки, м ³ /ч	–	–	16	16	16	–
Габариты, мм:						
длина	10200	10650	18000	18000	16400	15000
ширина	1644	1644	4030	4030	4030	3500
высота	1800	1800	2800	2800	3000	2500
Масса, кг	18960	21130	34500	34500	38000	38000

Примечание: СБР – стрела буровой установки

1.2.3 Проходческие комбайны

Наиболее совершенным способом сооружения протяженных горизонтальных и наклонных выработок является способ с применением проходческих комбайнов. При проходке комбайном одновременно можно выполнять несколько проходческих операций: например, разрушение пород забоя и погрузку горной массы. При этом исключаются такие работы, как бурение шпуров, их зарядание и взрывание. Исключается образование трещин в породах законтурного массива, что создает более благоприятные условия работы постоянной крепи.

Выпускаемые нашей промышленностью проходческие комбайны предназначены для работы по породам с коэффициентом крепости не более 4, абразивностью – не более 50 мг и углом наклона выработки не более 120. Подавление пыли, образующейся во время работы комбайна, недостаточно эффективно. Очень низкий коэффициент использования комбайна во времени.

Технические характеристики некоторых комбайнов, пригодных для проходки наклонных выработок, приведены в таблице 1.11.

Проходческий комбайн П-110 превосходит зарубежные аналоги *RH-22* и *МК-2В* (Великобритания), *АМ-65* (Австрия), *ЕТ-110* (ФРГ).

Комбайны П110 в горизонтальной выработке в породах с коэффициентом крепости $f = 6-8$ достигнуты темпы проходки 180–220 м/мес.

В развитых горнодобывающих странах создаются проходческие комбайны для проходки по породам с коэффициентом крепости $f > 8$. Некоторые комбайны показали удовлетворительные результаты.

1.3 Крепь и оборудование для ее возведения

Крепь горных выработок предназначена для следующих целей:

- ✓ воспринимать давление окружающих выработку пород и охранять ее от обвалов и вывалов;
- ✓ предохранять горные породы от выветривания;
- ✓ сохранять проектные размеры поперечного сечения выработки на весь срок ее эксплуатации;
- ✓ снижать шероховатости поверхности для уменьшения сопротивления воздушной струи.

В наклонных стволах и уклонах применяют различные виды

Таблица 1.11 – Техническая характеристика комбайнов

Показатели	П-110	П-120	КП-25	КП-25-01	КП-25-02	4ПП-5	4ПП-2Щ	1ГПКС	1ГПКСП	1ГПКСН
Техническая производительность по выемке*:										
по углю, т/мин			2,4	2,4	2,4		-	2,0	2,0	1,8
по породам, м ³ /мин:	1,75		–	–	–		–	–	–	–
с $\sigma_{сж} \leq 35$ МПа										
с $\sigma_{сж} \leq 60$ МПа	0,5		–	–	–	0,6	–	0,05	0,65	0,45
с $\sigma_{сж} \geq 60$ МПа	–		–	–	–	–	0,25	–	–	–
с $\sigma_{сж} < 85$ МПа	–		0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3	–	–	–	–	–
с $\sigma_{сж} \leq 100$ МПа	0,25	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–
Абразивность разрушаемых пород, мг	15	15	15	15	15	–	–	–	–	–
Площадь сечения выработки в свету, м ²	7–22	9–30	7–30	7–30	7–30	14–30	10,7–18	6–17	6–17	6–17
Угол наклона выработки, град	±12	±12	±12	±12	±12	±10	±12	±10	±10	-25
Мощность двигателей суммарная, кВт	188	305	195	217	195	400	239,2	99	99	99
Масса, т	36	48	49	52	55	75	41	20	22,2	22

*Техническая производительность комбайнов приведена при присечке породы до 75 % от площади забоя

крепи. Вид крепи зависит от срока службы выработки, угла ее наклона, назначения, горно-геологических условий и расположения в ней оборудования. Для уменьшения затрат на поддержание крепь должна быть безремонтной или с малыми затратами на ремонт на протяжении всего срока ее эксплуатации.

В настоящее время для протяженных наклонных выработок с длительным сроком эксплуатации наиболее распространенной является крепь из металлических арок или рам, выполненных из спецпрофиля типа СВП. Перетяжка кровли и бортов между арками или рамами выполняется железобетонной затяжкой.

В наклонных выработках с большим сроком службы, пройденным по породам, применяется монолитный бетон или железобетон, а в монолитных прочных породах – анкерная крепь с набрызгбетоном.

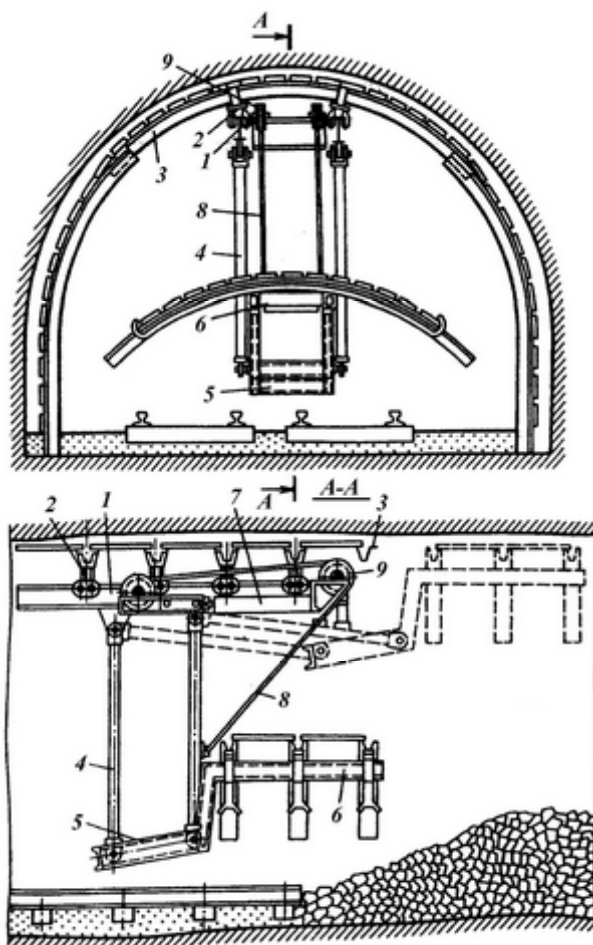
Деревянная крепь находит крайне ограниченное применение в выработках с малым сроком службы, пройденных по углю.

Металлическая крепь из спецпрофиля применяется в различных горно-геологических условиях. Она обеспечивает податливый режим работы, возможность повторного использования, может переносить значительные пластические деформации без потери несущей способности. Изготовление ее может производиться на рудо-ремонтных заводах, а перевозка и доставка к месту установки не представляет трудностей.

К недостаткам металлической крепи относятся: высокое аэродинамическое сопротивление; подверженность коррозии от воздействия агрессивных вод, что значительно сокращает срок ее службы; сложность механизации процесса установки крепи и особенно перетяжки кровли и бортов железобетонной затяжкой.

Исследованиями ИГД им. А. А. Скочинского установлено, что различные средства механизации целесообразно применять только тогда, когда они не мешают работе горнопроходческого оборудования, а удельный вес механизированных операций по затратам труда составит не менее 70 %. Существующие средства механизации крепления выработок металлической крепью обеспечивают степень механизации только на 20–25 %, поэтому не находят практического применения.

Одна из удачных конструкций крепеукладчика для установки металлической крепи разработана ВНИИОМШСом (рисунок 1.1). Рама крепеукладчика специальными подвесками крепится к верхнякам ранее установленной крепи, что позволяет крепеукладчику свободно перемещаться вдоль выработки на роликах. Крепеукладчик



1 – рама; 2 – подвески; 3 – постоянная крепь; 4 – тяж; 5 – подвижный элемент; 6 – опорная площадка; 7 – коромысла; 8 – упоры; 9 – силовые цилиндры

Рисунок 1.1 – Подвесной крепеукладчик конструкции ВНИИОМШСа

позволяет за один раз поднять несколько верхняков с уложенной на них затяжкой, что на время уборки породы, подведения стоек под верхняки и перетяжки бортов выполняет роль временной крепи. Во время укладки верхняков на коромысла опорной площадки и затяжки на верхняки крепеукладчик перекрывает площадь сечения выработки, что приводит к простоя горнопроходческого оборудования.

Если породы кровли представлены достаточно прочными слоистыми структурами, то их подрывка для придания выработке арочной формы является нецелесообразной. В таком случае применяется трапециевидная крепь. Рамы крепи готовят из двутавра № 14–30 или спецпрофиля СВП-27 (рисунок 1.2).

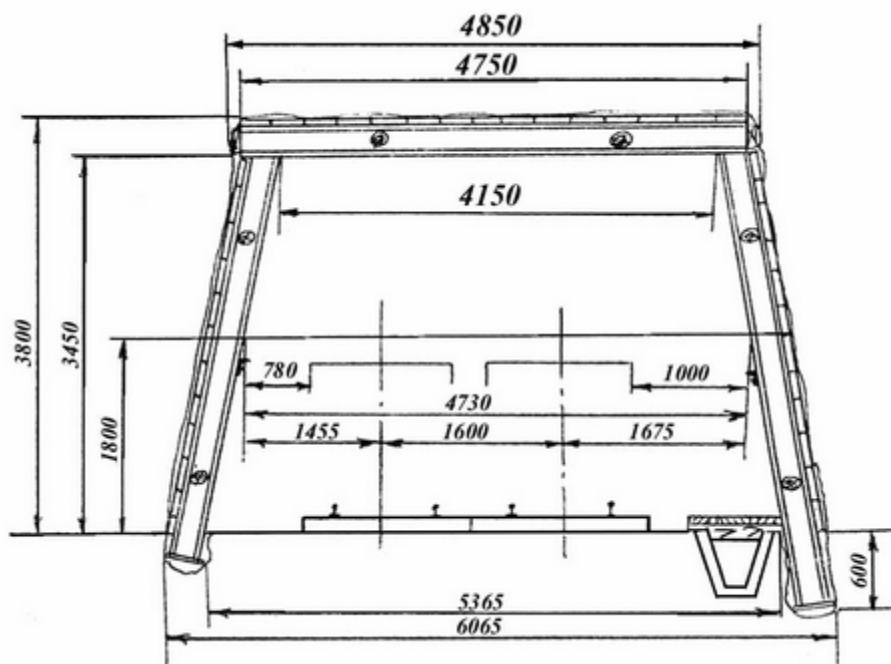


Рисунок 1.2 – Трапециевидная металлическая крепь из двутавра и примеры соединения металлических стоек рам с верхняком

Областью эффективного применения бетонной крепи являются выработки с относительно небольшими смещениями контура до 5–7 см. При больших смещениях она разрушается. Но даже при смещении контура на 5–7 см в бетонной крепи могут появиться трещины. Появление микротрещин в бетоне не означает, что несущая способность бетонной крепи исчерпана, а служит лишь признаком перераспределения изгибающих моментов и образовании нового шарнира в конструкции.

Бетонная крепь нашла широкое применение при проходке наклонных стволов на строительстве новых и реконструкции дейст-

вующих шахт и рудников. Форма и размеры поперечного сечения выработок, закрепленных монолитной бетонной крепью, в угольной и горнорудной промышленности выполняются по чертежам, разработанным Южгипрошахтом и Центрогипрошахтом (рисунок 1.3).

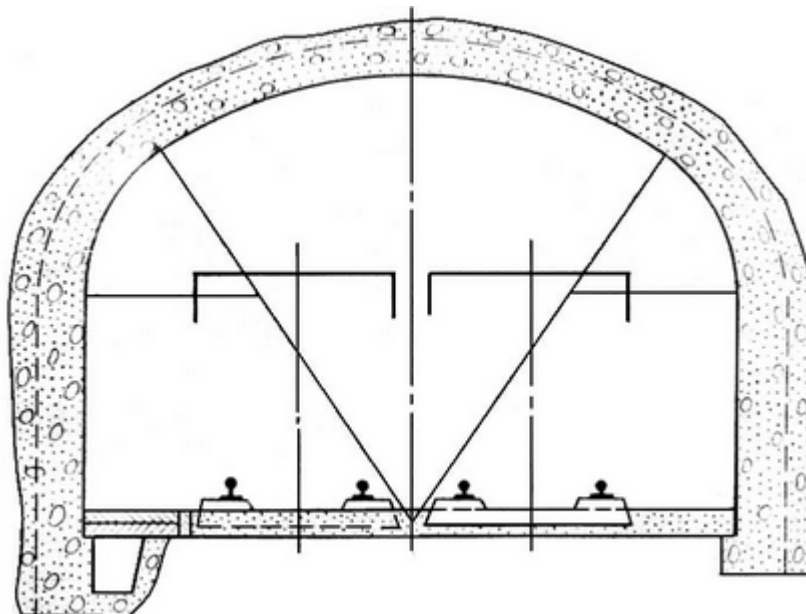


Рисунок 1.3 – Монолитная бетонная крепь конструкции Южгипрошахта и Центрогипрошахта.

В сложных горно-геологических условиях или в выработках, где наблюдается процесс пучения пород, применяют крепь замкнутых конструкций (рисунок 1.4).

Формы поперечного сечения наклонных стволов в Криворожском бассейне в зависимости от горно-геологических условий приведены на рисунке 1.5.

Механизированная укладка бетонного раствора за опалубку производится пневмобетонукладчиками и бетононасосами различных конструкций. Принцип действия всех бетоноукладчиков одинаков. В герметично закрытый сосуд, наполненный бетонным раствором, подается сжатый воздух, скоростным напором которого бетонный раствор выталкивается из сосуда и по трубопроводу подается за опалубку.

К качеству бетонного раствора, транспортируемой по трубам, предъявляются следующие требования:

- ✓ водоцементное отношение должно быть не более 0,6;
- ✓ допустимая осадка конуса в момент загрузки смеси в тру-

бопровод должна находиться в пределах 8–11 см.

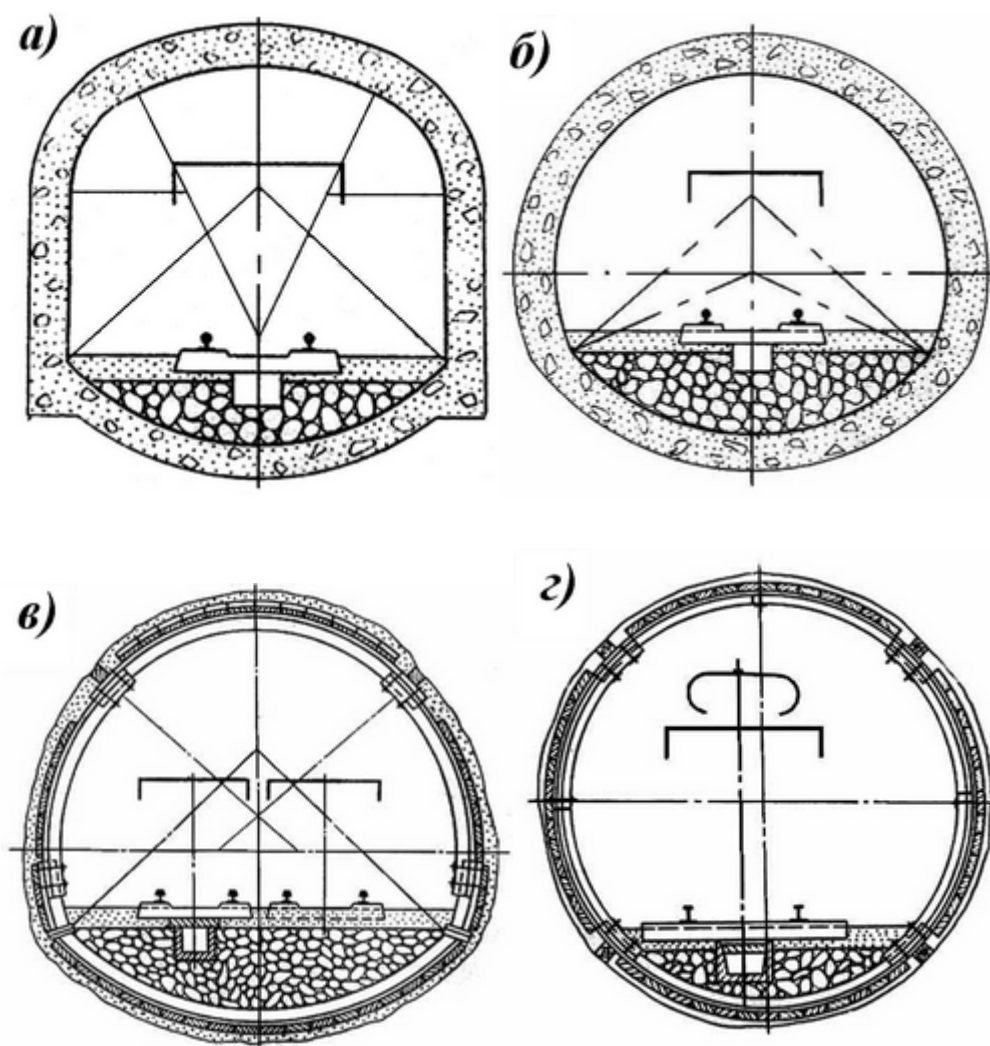


Рисунок 1.4 – Крепи замкнутых конструкций

Для меньшего расслаивания раствора по выходе из трубопровода, особенно при его большой длине, целесообразно применять щебень с небольшим объемным весом, но достаточно прочный.

Перед началом работы по транспортированию бетонного раствора по бетоноводу необходимо сначала пропустить 100–200 л песчано-цементного раствора, а первые $1,5 \text{ м}^3$ раствора должны быть с повышенным расходом цемента. После окончания работы по бетонированию для очистки стенок трубопровода необходимо пропустить 20–30 кг щебня и 20–30 л воды.

Из пневмобетонотракторных, работающих на готовом бетонном растворе, подаваемой за опалубку, наибольшее распространение получил БУК-3 конструкции ВНИИОМШСа, техническая характеристика которого представлена в таблице 1.12.

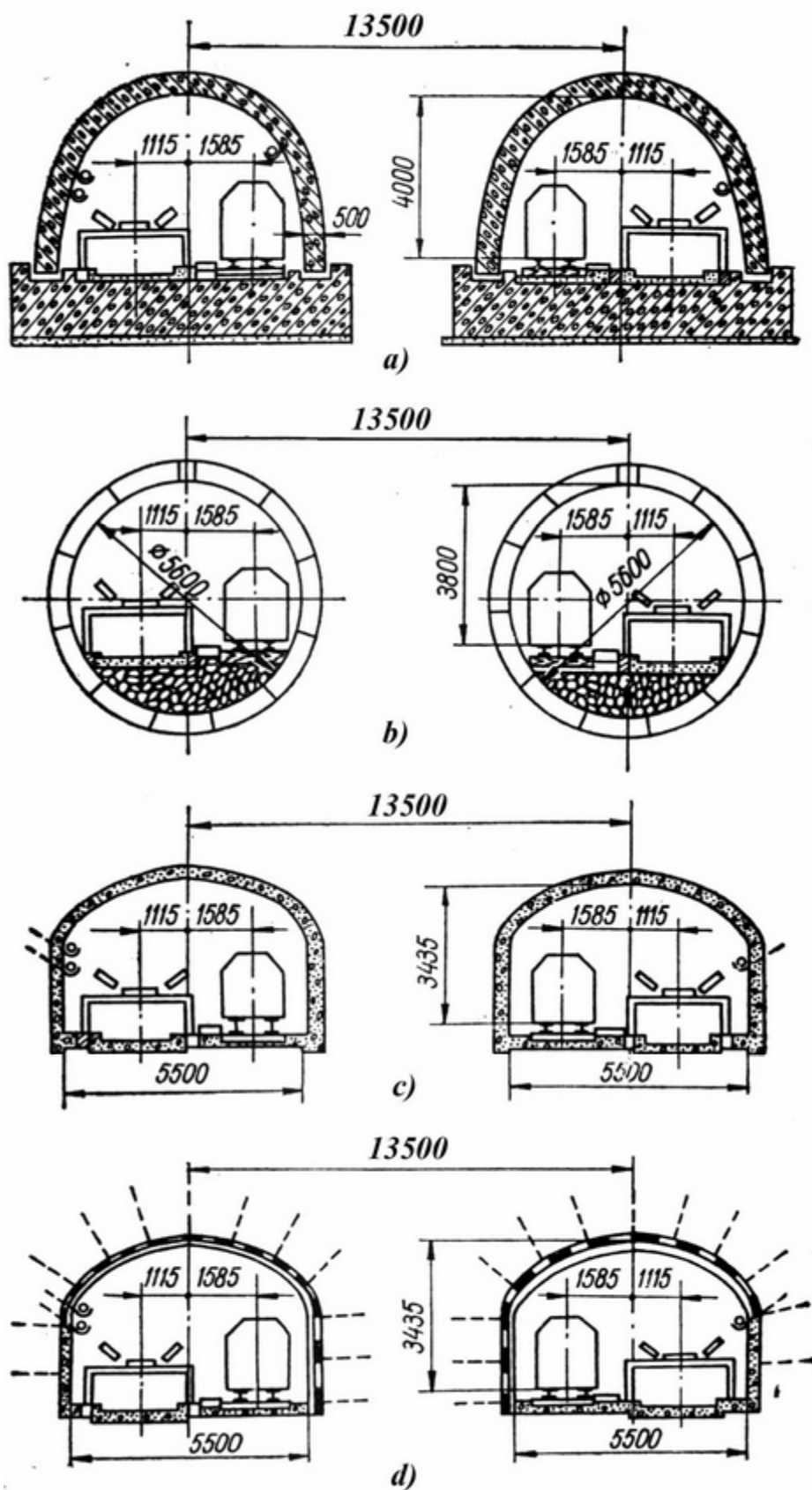


Рисунок 1.5 – Формы поперечного сечения наклонных стволов в Криворожском бассейне в зависимости от горно-геологических условий

Таблица 1.12 – Техническая характеристика пневмобетонукладчика БУК-3

Наименование	Значение
Подача, м ³ /ч	5
Дальность подачи смеси, м	
по горизонтали	300
по вертикали	30
Расход сжатого воздуха на 1 м ³ бетонного раствора, м ³ /мин	18–20
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5–0,6
Максимальная крупность заполнителя, мм	50
Мощность пневмодвигателя, кВт	11
Масса, кг	2340

На БУК-3 смонтирован грейфер, которым бетонная смесь из вагонетки загружается в резервуар пневмобетоннагнетателя. Для БУК-1 и БУК-2 требуется специальная бетоновозка, из которой бетонная смесь загружается в скип и скипом подается к резервуару пневмобетонукладчика. Соединение труб бетоновода производится с помощью быстроразъемных соединений.

Ранее выпускаемые пневмобетонукладчики ПБУ-1, ПБУ-2, ПБУ-3, ПБУ-5 и ПБУ конструкции ВНИИОМШСа и ДонУГИ имели подачу от 5 до 16 м³/ч, работали при давлении сжатого воздуха 0,5–0,8 МПа при максимальной крупности заполнителя 45–80 мм и максимальной дальности транспортирования смеси 100–300 м.

Разработанный ЦНИИподземмашем пневмобетонукладочный комплекс «Монолит-2» работает на сухих смесях. Дозировка составляющих компонентов смеси производится на комплексе, а затворение водой – в сопле шланга. На комплексе имеется манипулятор, который служит для механизированного перемещения магистрального трубопровода с гасителем скорости.

В пневматическую установку УПБ-5 для транспортирования и укладки бетонного раствора за опалубку загрузка готовой бетонной смеси из вагонетки производится грейфером. Во время работы УПБ-5 имеет возможность постоянно перемешивать смесь или даже ее готовить.

ЦНИИподземмаш разработал конструкции бетононасосов УБМЗ-5 и БН-1 для механизации укладки готовой бетонного раствора.

Во время загрузки бетонной смесью бункера 5 затвор 4 бетононасоса открыт, а поршень 6 рабочего цилиндра 7 перемещается

домкратом 8 в крайнее правое положение. Происходит всасывание бетонной смеси в рабочий цилиндр. В это время в гидроцилиндр 1 управления затвором поступает жидкость, которая передвигает поршень и поворачивает шестерню 2, сидящую на валу 3 затвора. Вращаясь на оси затвор перекрывает доступ бетонного раствора из бункера в рабочий цилиндр. Затем срабатывает домкрат и передвигает поршень в крайнее левое положение и происходит нагнетание бетонного раствора в бетонопровод.

Технические характеристики бетоноукладочных комплексов и бетононасосов приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Технические характеристики бетоноукладчиков и бетононасосов

Показатели	Бетоноукладчики		Бетононасосы	
	Монолит-2	УПБ-5	УБМЗ-5	БН-1
Подача, м ³ /ч	7	5	5	5-20
Дальность подачи смеси, м				
по горизонтали	300	100	100	300
по вертикали	30	30	10	60
Расход воздуха на подачу 1 м ³ бетонного раствора, м ³ /мин	до 18	до 18	до 18	до 18
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5	0,4		
Давление в гидросистеме, МПа	3,0	–	3,0	4,5
Максимальная крупность заполнителя, мм	40	40	40	35
Мощность, кВт				
электродвигателя	12,7	24	11	
пневмодвигателя				
Масса, кг	7200	6000	850	

В Кузбассе при бетонировании горизонтальных и наклонных выработок широкое применение нашла переставная металлическая опалубка ОМП конструкции Кузниишахтостроя. В других районах применяется опалубка ОБЗ и передвижная опалубка конструкции Днепрошахтостроя.

1.4 Транспорт при проходке горизонтальных и наклонных выработок

Техническая скорость проходки наклонных стволов и уклонов в значительной степени зависит от организации подъема горной

массы из забоя. В современных условиях подъем горной массы из забоя наклонных выработок в основном производится колесно-рельсовым и конвейерным транспортом. В практике шахтного строительства пока не нашли широкого применения самоходные вагоны, серийно выпускаемые Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования, хотя используя их, можно проходить выработки с углами наклона $11-15^\circ$ и длиной рейса на кабеле до 360–400 м.

Проходческий подъем при сооружении наклонных выработок служит для подъема горной массы из забоя на поверхность или рабочий горизонт в вагонетках или скипах, для спуска крепежных материалов и оборудования, спуска-подъема людей.

Довольно часто проходческий подъем одновременно выполняет несколько функций. При подъеме горной массы в скипах или вагонетках для спуска крепежных материалов и оборудования используют эти же подъемные сосуды. По отдельным мероприятиям, согласованным с органами Госгортехнадзора, в этих подъемных сосудах производится спуск и подъем людей. При сооружении двух и более параллельных наклонных выработок на одной из них может быть оборудован специальный людской подъем. При выдаче горной массы конвейерами проходческий подъем служит для спуска-подъема людей и спуска крепежных материалов и оборудования.

На проходческих подъемах обычно используются однобарабанные подъемные машины с диаметром барабана не более 3 м. Это объясняется как протяженностью наклонной выработки, так и вместимостью подъемного сосуда.

Если проектом предусмотрено на наклонной выработке иметь постоянную подъемную машину или лебедку, то проходку выработки целесообразно производить с использованием постоянной машины. Если постоянной машины на наклонной выработке не предусматривается, то следует использовать передвижную проходческую подъемную машину.

1.4.1 Колесно-рельсовый транспорт

Проходка наклонных стволов и уклонов по породе обычно производится с использованием колесно-рельсового транспорта. К его достоинствам относятся следующие:

- ✓ обеспечение выдачи всей погруженной в сосуд горной

массы без просыпи;

- ✓ снижение затрат на монтаж конвейера за счет использования колесно-рельсового транспорта по подготовке основания под конвейер и доставке деталей конвейера к месту монтажа;

- ✓ исключение необходимости второго вида транспорта;

- ✓ снижение трудозатрат по очистке выработки от просыпи.

К недостаткам колесно-транспортного транспорта относятся следующие:

- ✓ уменьшение подачи подъема с увеличением длины выработки;

- ✓ запрещение всех видов работ, кроме забойных, в выработке во время движения подъемного сосуда на протяжении всего пути движения;

- ✓ невозможность самокатного движения сосуда в забой при малых углах и с переменным углом наклона выработки.

При колесно-рельсовом транспорте возможно использование вагонетки с глухим кузовом и вагонетки с донной разгрузкой, а также скипа. Для разгрузки горной массы из глухой вагонетки требуется установка кругового, бокового или башенного опрокидывателя, а для вагонетки с донной разгрузкой – разгрузочная яма с кривыми для открывания и закрывания днища; для скипа требуются разгрузочные кривые и бункер.

Если при разгрузке и маневровых работах требуется перецепка вагонеток, то согласно правилам техники безопасности в них запрещается производить спуск-подъем людей. Скип имеет постоянную запасовку, поэтому при согласовании мероприятий по спуску-подъему людей с органами Госгортехнадзора в нем разрешается перевозка людей. Следовательно, в ряде случаев скип предпочтительнее вагонетки.

Использование двух барабанных подъемных машин для проходки протяженных наклонных выработок не нашло применения по следующим причинам:

- ✓ отброс породы при производстве взрывных работ на значительное расстояние требует частой «перепряжки» канатов;

- ✓ сложность в согласовании операций по разгрузке скипа или вагонеток на поверхности и загрузке подъемного сосуда в забое.

Эти обстоятельства практически исключают преимущества двухконцевого подъема при проходке наклонных выработок. Поэтому используются однобарабанные подъемные машины, технические

характеристики которых представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Технические характеристики подъемных машин

Показатели	Стационарные					Передвижные		
	Ц1,2×1	Ц1,6×1,2	Ц2×1,5	Ц2,5×2	Ц3×2,2	МПП-6,3	МПП-9	МПП-17,5
Диаметр барабана, мм	1200	1600	2000	2500	3000	2000	2500	2850
Ширина барабана, мм	1000	1200	1500	2000	2200	1500	1350	1500
Наибольшее статистическое натяжение каната, кН	25	40	63	90	140	61,7	88,3	171,1
Допустимая скорость подъема, м/с	3,0	4,0	5,0	7,0	8,0	5,0	7,0	8,0
Маховый момент машины без редуктора электродвигателя, кН · м ²	35	80	220	550	1500	113	440	705

При проходке наклонных стволов и уклонов протяженностью более 1000 м с использованием колесно-рельсовой откатки возникает ряд трудностей. Рассмотрим основные.

При большой длине и малом угле наклона горной выработки порожний подъемный сосуд не в состоянии тянуть канат из-за большого сопротивления между канатом и почвой, поэтому он не спускается до забоя.

С увеличением длины наклонной выработки увеличивается продолжительность цикла подъема груза. Расчеты показывают, что при скорости движения каната $v = 4$ м/с и длине откатки 1000 м суммарное время продолжительности цикла подъема породы почти в два раза превышает продолжительность собственно погрузки. Стремление увеличить объем выдаваемой за цикл породы составом из нескольких вагонеток практически не решает проблемы, так как для их загрузки в забое требуется дополнительно установка перегружателя, который нужно убирать на время производства взрывных работ, а на поверхности для разгрузки вагонеток необходима их расцепка со снятием «шлей», а затем подготовка состава, что увеличивает время цикла. Увеличение вместимости скипа влечет за собой применение подъемной машины с большим диаметром барабана, следовательно, и с большим объемом камеры или здания подъемной

машины, что увеличивает продолжительность подготовительного периода и снижает календарную скорость проходки.

Скипы для наклонных выработок вместимостью более 4 м^3 , изготавливаемые по чертежам оргтехстроев или конструкторских групп, имеют серьезные недостатки: они не имеют амортизирующих устройств, поэтому оси скипа имеют малый ресурс.

Увеличение вместимости скипа приводит к увеличению диаметра каната, а это уменьшает канатоемкость барабана подъемной машины. В результате в верхней части наклонной выработки мощность подъемной машины и грузонесущая способность каната используются недостаточно.

С целью более рационального использования мощности подъемной машины и грузонесущей способности каната институтом «Кузниишахтострой» разработана конструкция скипа переменной вместимости на $4,0$ – $3,5$ – $3,0$ и $2,5 \text{ м}^3$. Унифицированный скип имеет одну раму, возможность разгружаться в одних разгрузочных кривых, позволяет легко и быстро изменять вместимость за счет изменения высоты бортов. Меры защиты останова скипа в случае обрыва каната: улавливающая кошка; ловитель; сигнальное устройство.

Техническая характеристика унифицированного скипа переменной вместимости и вагонеток вместимостью $2,5$ и $3,3 \text{ м}^3$ приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Технические характеристики унифицированного скипа переменной вместимости и вагонетки вместимостью $2,5$ и $3,3 \text{ м}^3$

Показатели	Скипы				Вагонетки	
	2,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,3
Вместимость сосуда, м^3	2,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,3
Длина, мм	3170	3170	3170	3170	2800	3450
Высота от головки рельса, мм	1545	1545	1545	1545	–	–
Высота кузова, мм	1050	1200	1350	1500	1300	1300
Ширина, мм	1154	1154	1154	1154	1240	1320
База, мм	1600	1600	1600	1600	800	1100
Колея пути, мм	900	900	900	900	900	900
Масса, кг	3060	3160	3320	3580	1140	1270
Способ разгрузки	в разгрузочных кривых				в опрокидывателях	

1.4.2 Конвейерный транспорт

К достоинствам конвейерного подъема горной массы относятся следующие: высокая подача, непрерывность погрузки; возмож-

ность транспортировки людей из забоя ленточными конвейерами.

К недостаткам относятся следующие:

- ✓ невозможность применения ленточных конвейеров при угле подъема выработки более 18° ;
- ✓ невозможность использования конвейеров при проходке по обводненным породам и углю, склонным к размоканию, намоканию и образованию пульпы;
- ✓ невозможность применения в обводненных породах высокопроизводительных погрузочных машин с нагребными лапами (типа ПНБ), так как они способствуют образованию пульпы;
- ✓ резкое уменьшение длины става конвейера с увеличением угла подъема выработки, что при большой протяженности горной выработки требует установки нескольких конвейеров;
- ✓ просыпание горной массы в местах перегрузки ее с конвейера на конвейер, что затрудняет доставку в забой крепежных материалов и требует дополнительных затрат труда по зачистке выработки от просыпи;
- ✓ скатывание (перемещение) в забой обводненной горной массы, лежащей на конвейере, при его остановке;
- ✓ снижение технической скорости проходки из-за затрат времени на наращивание ленточного конвейера;
- ✓ необходимость иметь второй вид транспорта для доставки в забой крепи и других материалов.

1.4.3 Скребковые конвейеры

Горномашиностроительная промышленность выпускает много различных типов скребковых конвейеров, но большинство из них предназначены для транспортировки полезного ископаемого из очистных забоев, поэтому имеют большую подачу и мощность, которые не требуются при проходческих работах.

По сравнению с ленточными конвейерами скребковые имеют ряд преимуществ:

- ✓ сравнительно легко производится их наращивание по мере подвигания забоя без остановки проходки;
- ✓ время наращивания конвейера сравнительно легко вписывается в проходческий цикл;
- ✓ дополнительно не требуется остановки забоя для перестановки приводной головки и монтажа скребкового конвейера, так как

это производится во время наращивания ленточного конвейера, когда забой остановлен.

При сооружении наклонных выработок скребковые конвейеры применяются:

✓ когда длина наклонной выработки небольшая и для ее проходки в конвейерной цепочке требуется не более трех конвейеров;

✓ когда из параллельной наклонной выработки на ленточный конвейер через сбойку требуется передать горную массу; в этом случае, как правило, уборка горной массы из забоя параллельной наклонной выработки также производится на скребковый конвейер;

✓ для проходки участка наклонной выработки ниже хвостовой головки ленточного конвейера, что уменьшает число остановок забоя для наращивания ленточного конвейера.

Наиболее широко при проходке наклонных выработок используются конвейеры, характеристики которых приведены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Техническая характеристика скребковых конвейеров

Показатели	СР-72				2СР-70М		1С-50	
	база	01	02	03	01	05	база	01
Длина конвейера, м	100	150	500	200	100; 150	200	120	120
Угол наклона конвейера, град	18	18	18	18	15	15	15	15
Подача, т/ч	до 600	до 600	до 600	до 600	700× 520	350× 240	180	180
Скорость движения тягового органа, м/с	0,95	0,95	0,95	0,95	1,0 0,7	1,0 0,7		
Установленная мощность, кВт	2×55	2×55	4×55	4×55	2×55	55	55	55
Размеры рештака, мм:								
длина	1300	1300	1300	1300	1536	1536	2500	2500
ширина	623	623	623	623	595	460	500	500
масса, кг	92	92	92	92	86,4	71,5	50,8	50,8
Завод – изготовитель	Машзавод «Свет шахтера», Харьков				Машзавод «Анжеромаш», Анжеро-Судженск			

Приложение: × – в числителе подача при скорости тягового органа $v = 1$ м/с; в знаменателе – при $v = 0,7$ м/с.

1.4.4 Ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры служат для транспортировки массовых сыпучих грузов: полезного ископаемого, породы и угля от проходки горных выработок. Они обладают высокой производительностью, надежны в работе, нетрудоемки в обслуживании, имеют низкий уровень травматизма по сравнению с другими видами подземного транспорта.

Недостатки ленточных конвейеров: высокая стоимость и высокие эксплуатационные затраты. При использовании ленточных конвейеров для проходки наклонных выработок требуется второй вид транспорта для доставки крепежных материалов и оборудования. Ограниченность в использовании конвейеров по углу наклона выработки: от -16° до $+18^\circ$, а в случае принятия специальных мер – до $+25^\circ$.

Для подземных условий выпускаются модели типажных конвейеров со следующими обозначениями:

Л – конвейер для слабонаклонных и горизонтальных выработок;

ЛУ – для уклонов;

ЛБ – для бремсбергов;

ЛН – для выработок с углом наклона до $\pm 25^\circ$;

ЛЛ – для транспортирования груза и людей;

ЛТ – телескопический удлиняющийся;

ЛТП – телескопический укорачивающийся.

Цифры справа от основного буквенного обозначения означают ширину ленты в сантиметрах, цифры слева – типоразмер приводной станции; последние числа после дефиса – модификацию.

Конвейеры для подземных работ выпускают с шириной ленты $B = 800; 1000; 1200$ и в отдельных случаях – 1400 и 1600 мм.

При проходке протяженных наклонных выработок требуется перестановка хвостовой головки, поэтому используются полустационарные конвейеры, не требующие устройства бетонных фундаментов.

В последние годы многие шахты с подъема угля на поверхность скипами по вертикальным стволам переходят на выдачу его конвейерами по наклонным стволам и уклонам, поэтому угол наклона этих выработок обычно составляет $\beta = 11-18^\circ$. Для этих целей выпускаются конвейеры типов 2Л80У; 2ЛТ-80У; 2Л80-У-02; 2Л80У-03 и 2ЛТ80-02. Для выработок с меньшими углами наклона можно при-

менять другие конвейеры. Техническая характеристика ленточных конвейеров с шириной ленты 800 мм приведена в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Технические характеристики ленточных конвейеров

Конвейер	Скорость ленты, м/с	Применная способность, м ³ /мин	Максимальная подача, т/ч	Максимальная длина конвейера, м	Суммарная мощность привода, кВт	Условия применения
1Л80 1Л80-01	1,6 2,0	6,5 8,15	330 420	600 600	40	От – 3° до + 6°
1Л80-02	1,6 2,0	6,5 8,15	330 420	500 500	40	От – 10° до + 10°
1ЛБ-80	1,6 2,0	6,5 8,15	330 420	1000 (500)	55 (40)	От – 16° до – 3°
1Л80У	2,0	8,15	420	500	40 (45)	От – 10° до + 10°
1Л80У-02	2 1,6	8,15 6,5	420 330	500 1000	40 (45) 110	От – 3° до + 6° то же
2Л80	2,0	8,15	420	1000	110	От – 16° до + 18°
2Л80У	2,0 2,5	8,15 10,2	420 540	1000 1000	110 110	От – 16° до + 18°
2Л80У-01	2,0	8,15	420	1000	110	От – 10° до + 10°
2Л80У-02	2,0 2,5	8,15 10,2	420 540	1500 1500	165 165	От – 3° до + 18°
2Л80У-03	2,0	8,15	420	1500	165	От – 3° до + 18°
1ЛТ-80	1,6 2,0	6,5 8,15	330 420	600 600	40	От – 3° до + 6°
1ЛТ-80У	2,0 2,5	8,15	420	1000	110	От – 3° до + 10°, телескоп. 45 м.
2ЛТ-80	2,0	8,15	420	500	40 (45)	От – 3° до + 6°
2ЛТ-80У	1,6 2,0	8,15	420	1000	110	От – 3° до + 6°, телескоп. 45 м
2ЛТ-80У-02	2,0	8,15	420	1500	165	От – 3° до + 10°, телескоп. 45 м.

1.4.5 Выбор типа конвейера

Если горно-геологические условия позволяют использовать при проходке наклонных стволов и уклонов конвейерный транспорт для подъема горной массы, то есть приток воды в выработку незначительный, породы не склонны к размоканию, налипанию и образованию пульпы при погрузке и транспортировке, то для выбора типа конвейера необходимо иметь следующие данные:

- ✓ длину и угол наклона выработки;
- ✓ наличие или отсутствие дополнительных грузопотоков на конвейер;
- ✓ при наличии грузопотоков – расстояние от промежуточных грузопотоков до разгрузочного конца выработки;
- ✓ конвейер должен быть полустационарным, так как иметь бетонный фундамент хвостовой головки, которая по мере проходки выработки переносится ближе к забою при удлинении конвейера, невозможно.

Основные технические параметрами, по которым выбирается конвейер:

- ✓ угол наклона конвейера по паспорту, при котором может работать конвейер, должен быть больше или равен углу наклона выработки;
- ✓ длина конвейера должна обеспечивать проходку выработки на всю длину. При невыполнении этого условия в конвейерной цепочке желательно иметь не более трех конвейеров;
- ✓ минутная приемная способность конвейера ($Q_{к.пр}$) должна быть не меньше суммарной приемной способности ($\sum Q_{к.пр}$) основного и промежуточного грузопотоков;
- ✓ ширина ленты (B) должна обеспечивать подъем горной массы предполагаемой кусковатости.

Ширина ленты конвейера зависит от размера кусков породы или угля, типа ленты и принимается по таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Выбор типа ленты для конвейера

Ширина ленты (В), мм	Тип ленты		Примечание
	2Ш, ПВХ, 2РТЛО	2РШ	
700–800	300/150	300/300	В числителе указаны размеры куска угля, в знаменателе – породы, мм
900	400/150	400/300	
1000	500/300	500/400	
1200 и более	600/300	500/500	

Ширину ленты, выбранную по таблицы 1.18, и скорость движения ленты конвейера сравнивают с допустимой скоростью и размером куска по таблицы 1.19. Если скорость движения ленты конвейера больше допустимой, то нужно принять конвейер с лентой большей ширины или добиться более мелкого дробления породы.

Таблица 1.19 – Допустимая скорость движения ленты конвейера

Вид груза	Допустимая скорость движения ленты ($v_{дп}$), м/с при ее ширине (В), м				
	0,5–0,65	0,8	1,0	1,2–1,4	1,6
Скальные породы, руды с размером куска, мм:					
менее 160	1,6	2,0	2,5	2,5	3,1
более 160	–	1,6	2,0	2,0	2,5
Уголь рядовой	2,0	2,5	3,15	3,15	4,0

Практически все ленточные конвейеры предназначены для транспортировки горной массы из очистного забоя и поэтому имеют высокую подачу. При использовании ленточных конвейеров для проходки протяженных наклонных выработок первостепенное значение имеет длина конвейера, так как ввиду относительно небольшой площади поперечного сечения выработки снижение подачи конвейера незначительно увеличит продолжительность уборки горной массы из забоя.

1.4.6 Новые виды транспорта при проходке горизонтальных и наклонных выработок

В последние годы за рубежом и в России при проходке горизонтальных и наклонных выработок с выдачей горной массы конвейерами для перевозки людей и спуска материалов все шире стали применять напочвенные, монорельсовые и канатно-кресельные дороги.

Преимущество напочвенных дорог по сравнению с колесно-рельсовым транспортом состоит в том, что при их использовании не требуется обеспечения самокатного движения подъемного сосуда, так как они нормально работают в выработках со сложным знакопеременным профилем почвы. Площадь поперечного сечения выработки должна обеспечить размещение напочвенной дороги с соблюдением всех зазоров в соответствии с правилами безопасности.

Принцип работы напочвенной канатной дороги заключается в

следующем. Лебедкой со шкивом трения перемещается замкнутый тяговый канат с буксировочной тележкой, оборудованной кабиной для сопровождающего груз лица, барабаном для намотки запаса тягового каната, расходуемого по мере проходки выработки, и тормозной системой, срабатывающей при превышении скорости движения тягового каната выше номинальной на 25–30 %.

Вагонетки для перевозки людей или вагонетки и платформы для перевозки груза соединяются с буксировочной тележкой специальными сцепками, при этом их размещают так, чтобы буксировочная тележка тянула груз, а не толкала.

Принципиальная схема легкой напочвенной дороги ДКНЛ показана на рисунке 1.6, а техническая характеристика приведена в таблице 1.20.

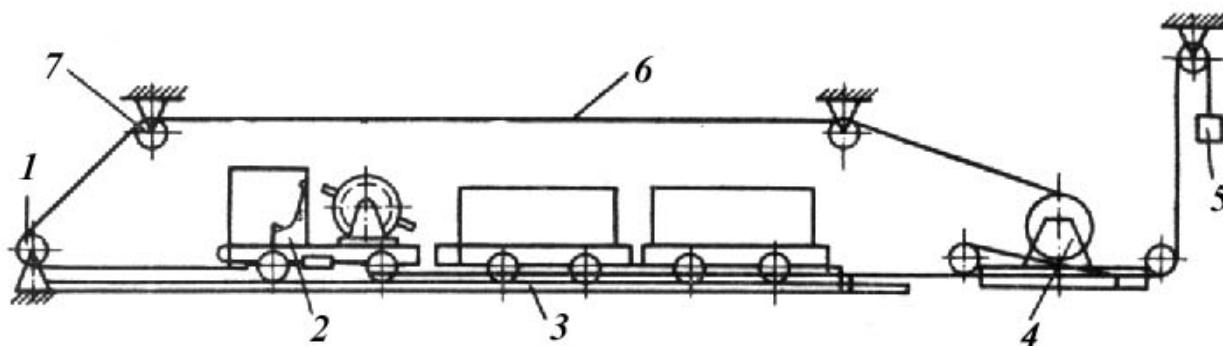


Рисунок 1.6 – Принципиальная схема легкой напочвенной дороги ДКНЛ: 1 – концевая станция; 2 – буксировочная тележка; 3 – рельсовый путь; 4 – привод; 5 – грузовое натяжное устройство; 6 – тяговый канат; 7 – блоки

Подвесные дороги предназначены для транспортировки материалов, оборудования и людей по безрельсовым и конвейеризованным выработкам. Подвесные дороги делятся на монорельсовые, одноканатные и двухканатные.

Монорельсовые дороги выпускаются с канатной и локомотивной тягой. Монорельс представляет собой двутавровые балки, соединенные между собой и подвешенные к кровле выработки. Приводная тележка, подвешенная к монорельсу, замкнутым тяговым канатом лебедки со шкивом трения перемещается по монорельсу с тележками грузовых и пассажирских вагонеток. По длине выработки тяговый канат поддерживается специальными устройствами. Монорельсовые дороги с тяговым канатом не могут работать в разветвленных сетях горных выработок.

Таблица 1.20 – Техническая характеристика напочвенных канатных дорог

Параметры	ДКН	ДКН1	ДКН2	ДКНЛ	ДКНЛ1	ДКНЛ2	ДНЛ9,1	ДНГ	НТУ	НТУР
Наибольшая длина транспортирования, м	1500	2000	2000	1000	1000	2000	1000	2500	1000	1000
Угол наклона выработки, град	±6	±6	±20	±10	±15	±15	±15	±10	±15	±16
Площадь сечения выработки в свету, м ²	7	7	6,67	6,67	6	6	–	6,4	–	5,5; 6,9
Скорость движения, м/с	0,5–1,26	до 2	до 2	0,85	1	1	1	1,2	1,5	1,5
Тяговое усилие, кН	32	30	35	12,5	25	38	20	25	–	–
Диаметр тягового каната, мм	15	15	16,5	15	15	18	15	16,5	15	17,5
Мощность привода, кВт	45	90	90	13	30	45	22	32	32	45
Масса оборудования, т	18,6	28	25,7	8,3	12	12	9	17	8	–

Примечание: наибольшая масса транспортируемого груза напочвенными канатными дорогами в зависимости от угла наклона выработки составляет от 5 до 27 т

В монорельсовых дорогах с локомотивным приводом перемещение тележек производится дизельным локомотивом. Выхлопные газы дизельного локомотива должны качественно очищаться и охлаждаться. Грузовая тележка, прицепленная к локомотиву, имеет два гидротельфера, которые работают от гидросистемы локомотива.

Моноканатная дорога представляет собой бесконечный тяговый канат с подвесками, на которых смонтированы кресла. Посадка людей в кресла производится в специально оборудованных и освещенных местах без остановки движения кресел. Бесконечный тяговый канат, огибая приводной и натяжной шкивы, перемещает подвески с креслами. Моноканатная дорога позволяет транспортировать груз массой 200 кг, при этом кресла снимаются.

Двухканатные дороги имеют несущий канат, закрепленный на концах к балкам и натянутый с помощью полиспаста. По нему двумя лебедками типа ЛВД тяговым канатом перемещаются две тележки с червячными лебедками для подъема груза. Одна лебедка тянет канат в одну сторону, а со второй лебедки канат сматывается, затем наоборот. Это наиболее простая схема доставки материалов в забой.

Технические характеристики монорельсовых дорог приведены в таблице 1.21.

Таблица 1.21 – Технические характеристики монорельсовых и канатных дорог

Параметры	Монорельсовые дороги					
	ДМ-1	6РМКУ	ДМКМ	ДМКУ	8МКД-414А	28МД
Тип дороги						
Наибольшая длина транспортирования, м	450	2000	2000	2000	12000	Неограничена
Максимальный угол наклона выработки, град	± 14	± 18	± 35	± 25	± 6	8(20)
Скорость движения, м/с	0,57–0,84	0,25; 0,45; 0,8; 1,26	регулируемая	0,3–2	0,85	до 4

Продолжение таблицы 1.21

Параметры	Монорельсовые дороги					
	Тяговое усилие, кН	16	27,6	34,2	34,2	9,55
Диаметр тягового каната, мм	5,3	15,0	16,5	16,5	12,5	–
Мощность привода, кВт	22	45	90	90	10	23,5
Масса, дороги, т	5,3	77,2	97,8	96,4	8,8	–

Большое распространение в странах Европы получили монорельсовые и моноканатные дороги, изготавливаемые немецкой фирмой Scharf. Технические характеристики некоторых монорельсовых дорог этой фирмы приведены в таблице 1.22.

Таблица 1.22 – Технические характеристики монорельсовых дорог фирмы Scharf

Параметры	Монорельсовые дороги					
	DZ66-2	DZ66-3,1	DZ66-2+2	DZ66-2+2Z	DZ44-2	DZ44-3,1
Тяговое усилие, кН	40	60	72	100	40	60
Скорость движения, м/с	2	2	1,5	1,5	2	2
Мощность привода, кВт	66	66	66	66	44	44
Количество цилиндров четырехтактного дизельного мотора	6	6	6	6	4	4
Грузоподъемность	20	20	20	30	20	20
Радиус поворота, м						
горизонтальный	4	4	4	4	4	4
вертикальный	10	10	10	10	10	10
Спецпрофиль	I 140E	I 140E	I 140E	I 140E 250	I 140E	I 140E
Количество приводов	2	3	4	4	2	3
Количество тормозов	3	4	7	11	3	4
Масса без дополнительного оборудования, кг	5600	6500	7400	8300	5400	6100

На рудных шахтах для перевозки полезного ископаемого большое распространение получил самоходный пневмоколесный

транспорт. Приводом самоходного транспорта могут служить дизельный двигатель или электроэнергия, подаваемая по кабелю на расстояние до 400 м. Радиус поворота у самоходного транспорта составляет 7,7–15 м, что значительно меньше, чем у вагонеток колесно-рельсового транспорта.

Промышленность выпускает самоходные вагоны со скоростью движения до 18–20 км/ч типа ПДЗ, ПД5, ПД8, ПД-12 с погрузочно-транспортным ковшем вместимостью, соответственно, 1,5; 2,5; 4,0 и 6,0 м³, который во время перевозки выполняет роль кузова. Выпускаются также машины типа ПТУ и ПТ-6 со скоростью движения 0–5 км/ч с погрузочным ковшем вместимостью, соответственно, 0,2 и 0,5 м³ и транспортным кузовом вместимостью 1,5 и 2,5 м³. Разгрузка кузова осуществляется опрокидыванием.

Воронежский завод горно-обогачительного оборудования выпускает самоходные машины на пневмоходу, работающие на электрическом токе, грузоподъемностью в 10, 15 и 20 т и вместимостью кузова 7,8; 8,9; 9,0; 10,0 и 12,4 м³. Электрическое исполнение РВ. Разгрузка самоходных вагонов осуществляется скребковым конвейером, расположенным на днище вагонетки. Время разгрузки – 55–100 с.

При проходке наклонных стволов с устойчивой почвой пневмоколесные самоходные вагонетки целесообразно применять для погрузки и транспортировки горной массы из забоя до ленточного конвейера с конвейерной выдачей горной массы на поверхность или горизонт, или до места перегрузки горной массы из самоходной вагонетки в шахтовые или в скип для последующей их выдачи. Подобная технология сократит трудозатраты на монтаж и демонтаж скребкового конвейера и увеличит скорость проходки наклонной выработки.

2. ТИПОВАЯ ЗАДАЧА С РЕШЕНИЕМ

Исходные данные.

Производится строительство конвейерного уклона по угольному пласту мощностью 1,5 м с присечкой пород кровли до 40 %, площадью поперечного сечения в проходке 13,8 м², угол наклона выработки – 11°. Коэффициент крепости пород 7, угля – 1,7. Дли-

на выработки составляет 1500 м.

Решение:

Выбор крепи

Породы кровли представлены достаточно прочными слоистыми структурами, то их подрывка для придания выработке арочной формы является нецелесообразной. В этом случае применяется трапецевидная крепь. Рамы крепи изготавливают из спецпрофиля СВП-22 (рисунок 2.1).

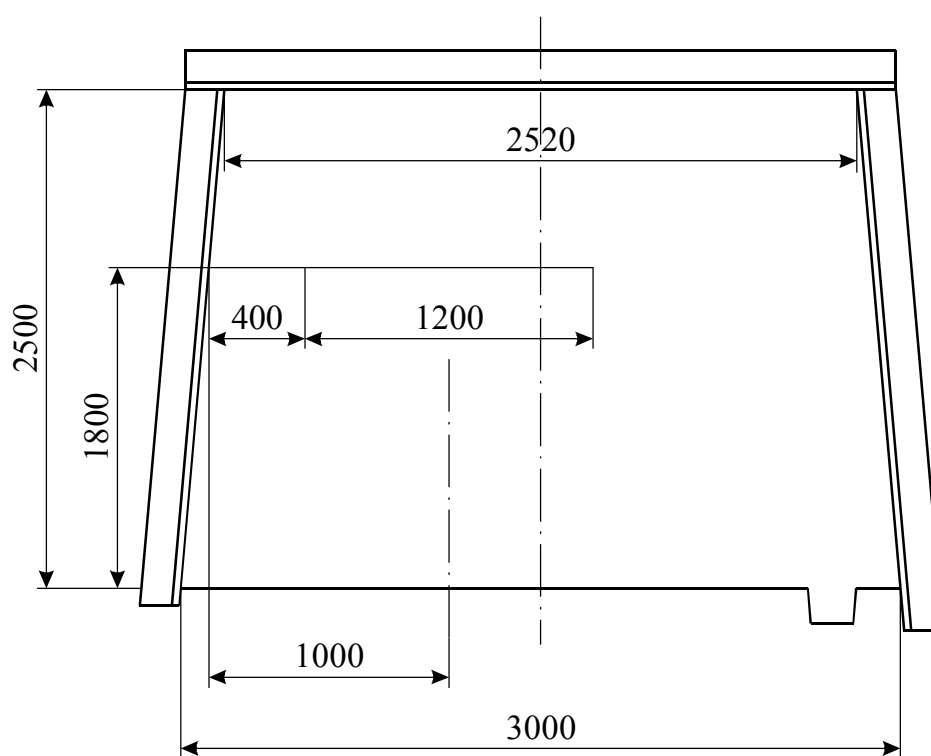


Рисунок 2.1 – Трапецевидная металлическая крепь из спецпрофиля СВП-22

Выбор проходческого комбайна

Наиболее совершенным способом сооружения протяженных наклонных выработок является способ с применением проходческих комбайнов. При проходке комбайном одновременно можно выполнять несколько проходческих операций: например, разрушение пород забоя и погрузку горной массы. При этом исключается

ются такие работы, как бурение шпуров, их зарядание и взрывание. Исключается образование трещин в породах законтурного массива, что создает более благоприятные условия работы постоянной крепи. Техническая характеристика принятого комбайна представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика комбайна КП-25

Показатели	КП-25
Техническая производительность по выемке*:	
по углю, т/мин	2,4
по породам, м ³ /мин:	0,2–0,3
Абразивность разрушаемых пород, мг	15
Площадь сечения выработки в свету, м ²	7–30
Угол наклона выработки, град	±12
Мощность двигателей суммарная, кВт	195
Масса, т	49

Выбор конвейерного транспорта

При эксплуатации конвейерного уклона для транспортирования горной массы до конвейерного штрека предусматривается ленточный конвейер 2Л80У, техническая характеристика которого представлена в 2.2, но при проходке уклона погрузка горной массы с проходческого комбайна на ленточный конвейер невозможна, поэтому необходимо предусмотреть скребковый конвейер либо перегружатель. Техническая характеристика скребкового конвейера представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.2 – Технические характеристики ленточного конвейера 2Л80У

Показатели	2Л80У
Скорость ленты, м/с	2,0; 2,5
Приемная способность, м ³ /мин	8,15; 10,2
Максимальная подача, т/ч	420; 540
Максимальная длина конвейера, м	1000; 1000
Суммарная мощность привода, кВт	110; 110
Условия применения	От – 16° до + 18°

Таблица 2.3 – Техническая характеристика скребкового конвейера 2СР-70М-05

Показатели	2СР-70М-05
	05
Длина конвейера, м	200
Угол наклона конвейера, град	15
Подача, т/ч	350
Скорость движения тягового органа, м/с	1,0
Установленная мощность, кВт	55
Размеры рештака, мм:	
длина	1536
ширина	460
масса, кг	71,5

Выбор доставочного транспорта

При проходке конвейерного уклона предусматривается монорельсовая дорога для перевозки людей и спуска материалов. Техническая характеристика монорельсовой дороги представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Техническая характеристика монорельсовой дороги 6РМКУ

Параметры	6РМКУ
Наибольшая длина транспортирования, м	2000
Максимальный угол наклона выработки, град	± 18
Скорость движения, м/с	0,25; 0,45; 0,8; 1,26
Тяговое усилие, кН	27,6
Диаметр тягового каната, мм	15,0
Мощность привода, кВт	45
Масса, дороги, т	77,2

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1 – Задание на выполнение расчетно-графической работы №3

Вариант	Назначение выработки	Площадь поперечного сечения выработки в свету, м ²	Длина выработки, м	Мощность угольного пласта, м	Коэффициент крепости		Коэффициент присечки
					угля	породы	
1.	Основной штрек	13,8	480	1,0	1,5	6	0,3
2.	Откаточный штрек	12,4	560	0,9	1,4	5	0,7
3.	Панельный бремсберг	10,8	710	2,0	1,6	4	0,4
4.	Однопутевой штрек	13,3	450	1,9	1,8	6	0,3
5.	Конвейерный бремсберг	14,3	530	1,7	1,6	8	0,7
6.	Полевой штрек	8,5	490	–	–	16	–
7.	Конвейерный бремсберг	9,6	650	1,5	1,9	6	0,1
8.	Двухпутевой штрек	13,0	390	–	–	7	–
9.	Однопутевой штрек	10,6	490	–	1,7	9	0,4
10.	Однопутевой квершлаг	15,8	550	–	–	12	–
11.	Основной штрек	9,3	670	2,0	1,4	5	0,3
12.	Откаточный штрек	9,8	640	0,9	1,6	4	0,4
13.	Панельный бремсберг	16,3	430	1,0	1,5	6	0,3
14.	Конвейерный бремсберг	14,4	720	1,5	1,6	8	0,5
15.	Двухпутевой штрек	8,6	630	1,5	1,9	5	0,3
16.	Конвейерный уклон	8,9	570	2,0	1,6	4	0,6
17.	Полевой штрек	13,5	360	–	–	12	–
18.	Ходок	7,7	630	1,9	1,8	7	0,7
19.	Двухпутевой квершлаг	15,3	650	–	–	6	–

Вариант	Назначение выработки	Площадь поперечного сечения выработки в свету, м ²	Длина выработки, м	Мощность угольного пласта, м	Коэффициент крепости		Коэффициент присечки
					угля	породы	
20.	Полевой уклон	15,7	540	–	–	10	–
21.	Конвейерный штрек	16,4	580	1,7	1,6	6	0,4
22.	Ходок	8,9	430	1,5	1,6	9	0,5
23.	Наклонный ствол	9,6	460	2,0	1,9	7	0,6
24.	Однопутевой штрек	15,7	640	1,9	1,8	6	0,3
25.	Конвейерный бремсберг	8,7	750	1,5	1,9	6	0,1
26.	Основной штрек	15,4	650	1,0	1,5	6	0,3
27.	Ходок	9,8	770	1,9	1,8	7	0,7
28.	Панельный бремсберг	12,5	690	1,0	1,5	6	0,3
29.	Основной штрек	16,5	560	2,0	1,4	5	0,3
30.	Откаточный штрек	13,9	640	0,9	1,4	5	0,7
31.	Полевой уклон	15,4	550	–	–	10	–
32.	Конвейерный уклон	9,9	430	2,0	1,6	4	0,6
33.	Панельный бремсберг	12,9	630	2,0	1,6	4	0,4
34.	Полевой штрек	8,3	650	–	–	16	–
35.	Однопутевой квершлаг	7,1	560	–	–	12	–
36.	Двухпутевой штрек	9,7	540	1,5	1,9	5	0,3
37.	Конвейерный бремсберг	7,8	580	1,7	1,6	8	0,7
38.	Двухпутевой штрек	16,4	430	–	–	7	–
39.	Ходок	9,8	400	1,5	1,6	9	0,5
40.	Конвейерный бремсберг	13,5	750	1,5	1,6	8	0,5
41.	Однопутевой штрек	16,1	650	–	1,7	9	0,4
42.	Наклонный ствол	14,3	770	2,0	1,9	7	0,6
43.	Полевой штрек	8,3	690	–	–	12	–

Вариант	Назначение выработки	Площадь поперечного сечения выработки в свету, м ²	Длина выработки, м	Мощность угольного пласта, м	Коэффициент крепости		Коэффициент присечки
					угля	породы	
44.	Двухпутевой квершлаг	15,7	560	–	–	6	–
45.	Откаточный штрек	12,9	640	0,9	1,6	4	0,4
46.	Конвейерный штрек	15,3	480	1,7	1,6	6	0,4
47.	Однопутевой квершлаг	9,6	560	–	–	12	–
48.	Ходок	12,9	710	1,9	1,8	7	0,7
49.	Наклонный ствол	9,8	450	2,0	1,9	7	0,6
50.	Полевой уклон	7,1	530	–	–	10	–
51.	Конвейерный бремсберг	9,8	490	1,5	1,9	6	0,1
52.	Основной штрек	9,6	650	2,0	1,4	5	0,3
53.	Конвейерный бремсберг	15,7	390	1,7	1,6	8	0,7
54.	Полевой штрек	7,9	490	–	–	12	–
55.	Ходок	12,9	550	1,5	1,6	9	0,5
56.	Панельный бремсберг	8,3	670	1,0	1,5	6	0,3
57.	Конвейерный бремсберг	7,8	430	1,5	1,6	8	0,5
58.	Откаточный штрек	14,1	720	0,9	1,6	4	0,4
59.	Конвейерный уклон	9,8	630	2,0	1,6	4	0,6
60.	Полевой штрек	7,1	570	–	–	16	–

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахтное и подземное строительство : учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и под. : В 2 т. / Б. А. Картозия, Б. И. Федунец, М. Н. Шуплик [и др]. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – Т. 1. – 732 с.

2. Насонов, И. Д. Технология строительства подземных сооружений. Строительство горизонтальных и наклонных горных выработок/ И. Д. Насонов, В. И. Ресин, М. Н. Шуплик, В. А. Федюкин // Учеб. для ВУЗов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АГН, 1998. – 317 с.

3. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений (ПБ 03-428–02). Серия 03. Выпуск 12 / Коллектив авторов. – М. : Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. – 408 с.

4. Справочник инженера-шахтостроителя. В 2-х томах. Т 2. под общей ред. В. В. Белого. – М. : Недра, 1983. – 439 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ГОРНОПРОХОДЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОХОДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК	4
1.1 Оборудование для бурения шпуров	4
1.2 Погрузочное оборудование для проходки горизонтальных и наклонных выработок	7
1.2.1 Буропогрузочные машины	11
1.2.2 Проходческие комплексы и агрегаты	12
1.2.3 Проходческие комбайны	14
1.3 Крепь и оборудование для ее возведения	14
1.4 Транспорт при проходке горизонтальных и наклонных выработок	23
1.4.1 Колесно-рельсовый транспорт	24
1.4.2 Конвейерный транспорт	27
1.4.3 Скребковые конвейеры	28
1.4.4 Ленточные конвейеры	30
1.4.5 Выбор типа конвейера	32
1.4.6 Новые виды транспорта при проходке горизонтальных и наклонных выработок	33
2. ТИПОВАЯ ЗАДАЧА С РЕШЕНИЕМ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ А	42
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	45
СОДЕРЖАНИЕ	46