

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ  
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

*Методические указания к курсовому проектированию  
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра транспортно-технологических процессов и машин

## ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ  
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

*Методические указания к курсовому проектированию  
для студентов специальности 21.05.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021

УДК 622.261.2:622.61.002.5(073)

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ. Проектирование транспортной системы проведения горных выработок и строительных работ:** Методические указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Ю. Контев, М.А. Васильева*. СПб, 2021. 75 с.

Сформирована структура исходных данных, предложены варианты тем курсового проекта в виде формализованных схем часто встречающихся работ в технологии подземного строительства, даны рекомендации к выбору модели и типоразмеров горных машин и оборудования, перечислены задачи и приведены методические указания к выполнению тягово-эксплуатационных расчётов машин, даны рекомендации для расчета машин и параметров обеспечения инфраструктуры, необходимой для работы транспортной системы.

Сформулированы требования к оформлению пояснительной записки и чертежей. Сделаны ссылки на литературу для выбора машин и выполнения расчётов.

Предназначены для студентов специализации «Шахтное и подземное строительство» специальности 21.05.04 «Горное дело».

Научный редактор проф. *В. И. Александров*

Рецензент канд. техн. наук *Л.Н. Пашкин* (АО «Механобр Инжиниринг»)

## Введение

Курсовое проектирование закрепляет знания, полученные студентом при изучении дисциплины «Горные машины и оборудование», развивает навыки самостоятельного решения инженерных задач при выборе и расчете транспортных машин и оборудования для строительства горных предприятий и подземных сооружений.

Сфера применений компетенций горного инженера строителя весьма обширна. Это и строительство подземных выработок для добычи полезных ископаемых (шахты и рудники) и хранения отходов, строительство туннелей гражданского назначения (метро, коллекторы, подземные переходы), строительство зданий и сооружений на поверхности, выработки в карьерном пространстве и много другого.

Основной целью курсового проекта является проектирование транспортной системы, обеспечивающей выполнение строительных работ и обоснование выбранных типоразмеров машин и оборудования по заданным исходным данным, сформулированным в настоящих методических указаниях.

Задачами проектирования являются:

- выбор типоразмеров проходческих и строительных машин и оборудования:

- определение требуемого количества транспортных машин;
- определение эксплуатационных показателей принятых в проекте машин;
- определение оборудования перегрузочных пунктов;
- построения графика проведения работ;
- подготовка расчётных данных для сравнительного анализа и выбора наиболее эффективной схемы по техническим, экономическим, экологическим или другим критериям.

Повышение темпов проведения горных выработок и технико-экономических показателей строительства подземных сооружений и шахт обеспечивается комплексной механизацией основных и вспомогательных проходческих процессов. Основными принципами организации скоростного проведения горных выработок являются:

- максимальное совмещение процессов транспортирования с другими процессами, такими как бурение, зарядание, взрывание, приведение забоя в безопасное состояние, возведение крепи, наращивание трубопроводов, прокладка силовых и световых кабелей, проветривание, водоотлив и др.;

- суммарная вместимость грузонесущих узлов транспортных машин должна равняться объему породы при буровзрывном способе проходки и обеспечивать кратное число транспортных циклов в течение смены;

- непрерывность погрузки горной массы;
- организация многозабойной работы;
- сокращение продолжительности операций по обмену загружаемых транспортных машин (вагонеток) за счет применения перегружателей или максимальное приближение к забою разминочных устройств при загрузке одиночных вагонеток;

- доставка с поверхности в забой материалов и грузов в контейнерах и пакетах и механизация их погрузочно-разгрузочных работ;

- максимальная загрузка применяемого оборудования, закладываемая при проектировании и достигаемая эффективной организацией;

- организация бригадного подряда, совмещение профессий членами бригады.

Решений транспортных задач повышает эффективность ведения строительных работ в горной промышленности и при строительстве подземных сооружений.

## 1. Темы курсового проекта

При выборе списка тем для обобщения изучаемой дисциплины выбраны наиболее характерные и важные операции строительных работ с высоким уровнем механизации из области применений компетенций горного инженера строителя (см. введение).

Студенту предложено спроектировать транспортную систему проведения подземной выработки с применением проходческих комплексов или комплектов оборудования при одном из следующих способов проведения подземных выработок (иллюстрации приведены в Приложениях):

- проходческим комбайном;
- буровзрывным;
- с проходческим щитом;
- при проведении тоннелей с большой площадью поперечного сечения;
- при проходке уклонов и восстающих.

Также темой может быть строительство котлованов для строительства здания или инженерного сооружения, отправных и приёмных котлованов (шахт) для применения проходческих комплексов щита при строительстве транспортных тоннелей (метрополитена) или систем водоотведения.

Тему, цель и исходные данные студент выбирает по рекомендациям настоящих методических указаний и согласовывает с преподавателем.

Рекомендуется выполнять расчет транспортной системы для конкретного предприятия. В этом случае исходные данные по предприятию (существующий проект, транспортная схема, технологическое оборудование, объёмы и режим производства и др.) студент принимает по полученным от предприятия официальным и достоверным данным, например, по результатам прохождения практики и согласовывает с преподавателем. При этом, взамен применяющихся машин, рекомендуется в используемой технологии, принять в проекте более совершенные. Выбор типа и типоразмеров транспортного и горного оборудования, составляющих проходческий или строи-

тельный комплекс, должен быть сделан на основе критического анализа заданных условий и технико-экономических показателей машин, применяемых в настоящее время.

При отсутствии данных по предприятию задание выдаёт преподаватель в виде виртуальной комбинированной системы транспорта с перечисленными выше способами проведения выработок.

Состав исходных данных должен соответствовать перечню (Табл. 1 и 2, раздел 2) со схемами размещения оборудования (Приложения 1 - 6).

Предлагаемые транспортные схемы могут применяться для проходки горизонтальных и наклонных выработок и строительству на земной поверхности (котлованы, отправительные и приемные шахты для механизированных проходческих туннельных (или щитовых) комплексов (МПТК).

Если в задании не указана схема организации проходческих работ, то следует принять непрерывную, при которой имеет место совмещение во времени всех основных процессов и непрерывное отделение и транспортирование горной массы. При проведении выработок по смешанному забою используется схема совместной выемки полезного ископаемого (угля, руды и др.) и породы.

В проектируемых схемах должна применяться максимально возможная механизация на базе эффективного использования проходческого оборудования, а также унификация транспортного оборудования. В разрабатываемую технологическую схему следует включать современные типы транспортного оборудования, использовать прогрессивные проектные решения, новейшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники.

Итогом формирования темы проекта является оформление листа задания на курсовой проект. В отдельных случаях работа может быть выполнена в виде учебно-исследовательской работы студента (УИРС) по одной из тем научных исследований выпускающей или ответственной за проект кафедры. Выбор типа и типоразмеров транспортного и горного оборудования, составляющих проходче-

ский или строительный комплекс, должен быть сделан на основе критического анализа заданных условий и технико-экономических показателей машин, применяемых в настоящее время.

## **2. Подготовка исходных данных**

Для выполнения проекта необходимо определить минимально-необходимый для расчетов и принятия решений объём данных. В разделе должны быть представлено в виде описания назначения, условия проведения работ и принятая технология. Исходные данными для проектирования являются: свойства горных пород, типы и параметры установленного оборудования, показатель напряженности массива, тип крепи, геометрические размеры выработки, технология и возможности систем проветривания и водоотведения, подвода энергии, сжатого воздуха и другие данные, необходимые для обоснования выбора типоразмеров машин и обеспечения выполнения производственного задания.

Например, для схем (Приложения 1-6) типажи и виды проходческого оборудования и технологии отбойки породы, крепления и транспортирования очевиден. Исходные данные для схем проведения выработок сплошным забоем (по породе) приведены в таблице вариантов индивидуальных заданий (Табл. 1).

Для конкретного предприятия рекомендуется сведения о проводимых работах формализовать и привести к виду схем, приведенных в Приложениях, а состав исходных данных должен соответствовать перечню Табл. 1 и 2. Угол наклона проводимой выработки со схемой её проведения (снизу - вверх или сверху- вниз), а также количество одновременно проводимых выработок задаёт преподаватель с учётом особенностей схемы (рис. приложений 1-6), которую выбирает студент.

Продолжительность смены проходческих работ принять 6 часов.

Таблица 1

**Исходные данные для проведения выработок буровзрывным способом с погрузкой горной массы скреперной лебёдкой, погрузочной машиной или ПДМ**

№ п/п	Название параметра	№ Варианта					
		1	2	3	4	5	6
1	Сечение обуриваемого забоя, м <sup>2</sup>	12	9	11	9	12	15
2	Коэффициент крепости породы	6	8	4	16	10	18
3	Категория шахты	1	--	2	1	--	1
6	Плотность в целике т/м <sup>3</sup>	1,5	1,3	2,5	2,3	1,8	2,9
7	Угол наклона выработки, ( $\alpha$ ) град.	0	0	0	0	0	0
8	Показатель напряженности массива	До 2,0	До 4,0	4 и более	До 0,5	До 0,5	До 1,0
9	Ограничения по проветриванию	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
10	Обозначение сечения выработки	Т-5,1	Т-7,0	Т-5,3	Т-4,8	ПС-6,4	ПС-6,8
11	Длина выработки, (L) м	200	280	290	100	220	210
12	Количество горной массы за цикл проходки, м <sup>3</sup>	9	12	13	10	16	14
13	Продолжительность смены, ч	6	6	6	6	6	6
14	Расстояние до околоствольного двора (L <sub>1</sub> ), км	2,5	3,0	3,7	3,8	2,9	4,1
15	Средневзвешенный уклон (i),‰	3,0	3,2	3,5	3,4	3,0	2,9
16	Коэффициент использования погрузочной машины	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7
17	Длина призабойного участка, (L <sub>4</sub> ),м	20	20	20	20	20	20
18	Длина перегрузочной камеры, (L <sub>2</sub> ),м	30	30	30	30	30	30
19	Расстояние до околоствольного двора (L <sub>3</sub> ), м	250	300	370	290	400	410
20	Конвейерный уклон, град	3,0	3,2	3,5	12,0	13,0	9,0

Таблица 2

**Исходные данные для проведения выработки комбайном, проходческим комплексом или щитом**

№ п/п	Название параметра	№ Варианта					
		1	2	3	4	5	6
1	Сечение забоя, м <sup>2</sup>	12	9	15	17	20	25
2	Коэффициент крепости породы	2	3	4	5	1	2
3	Категория шахты	--	1	--	1	--	1
6	Плотность в целике, т/м <sup>3</sup>	1,2	2,3	1,5	1,6	1,4	1,3
8	Показатель напряженности массива	До 2,0	До 4,0	более 4	До 0,5	До 1,0	До 2,0
9	Ограничения по проветриванию	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
11	Длина выработки, (L) м	300	130	100	170	200	150
12	Скорость проведения выработки, м/смену	3	5	6	4	8	5
14	Удельные коэффициент сопротивления движению, (ω)	70	60	50	80	75	65
15	Коэффициент сцепления колес (φ)	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5
16	Длина конвейера (L <sub>1</sub> ), м	150	260	370	180	290	100
17	наклон конвейера, (α <sub>1</sub> ), град	+5	+10	+12	+15	-17	-10
18	Коэффициент использования комбайна	0,7	0,6	0,8	0,9	0,8	0,7
19	Расстояние до околоствольного двора, км	2,0	3,5	3,0	4,0	2,5	5,0
20	Приведенный уклон (до околоствольного двора), (i), ‰	3,7	2,6	3,5	4,0	3,0	3,5

Допускается, что студент может принять самостоятельно дополнительные условия, не противоречащие сформулированным в исходных данных. Например, прогнозировать использование оборудования, применяемого при проведении выработки в будущем, при разработке месторождения, или уточнить назначение проводимой выработки, или принять условия по ее проветриванию, водоотливу, несущей способности почвы и кровли.

Исходные данные приводятся в начале пояснительной записке в отдельном разделе.

### 3. Последовательность выполнения работы

3.1. По заданным исходным данным студент принимает горнотехнические условия, назначение и срок службы выработки, по сечению выработки, крепости пород назначает типоразмеры горных машин (комбайна или бурового станка).

3.2 По показателю напряженности массива назначается тип крепления выработки (Табл.3).

3.3. Производится расчет по определению количества горной массы за цикл проходки, м<sup>3</sup>.

При проведении выработок применяют взрывной способ разрушения горных пород с бурением шпуров перфораторами, бурильными головками и установками и применением взрывчатых веществ (ВВ). При взрывании ВВ и быстротечном процессе детонации освобождающаяся энергия отделяет от массива породу и осуществляет ее дробление.

Проведение подземных горных выработок буровзрывным способом строго регламентируется специально разработанной и утверждённой технической документацией – паспортом БВР и крепления выработки. Паспорт БВР должен включать [10]:

а) схему расположения шпуров, наименования взрывчатых материалов, число шпуров, их глубину и диаметр, массу и конструкцию зарядов и боевиков, последовательность и количество приемов взрывания зарядов, материал забойки и ее длину, схему монтажа электровзрывной сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схему и время проветривания забоев;

б) размер радиуса опасной зоны;

в) схему мест укрытия мастера-взрывника и рабочих на время производства взрывных работ, которые должны располагаться за пределами опасной зоны.

Для шахт, опасных по газу или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли).

В курсовом проекте расчёт БВР производится с целью выбора оборудования и расчёту затрат и времени и трудозатрат на буре-

ние, зарядание, взрывание и крепление приближённо, то для вариантов задания его можно не составлять.

Таблица 3

### Параметры крепления выработок

Категория и состояние устойчивости пород	Типы крепей
$N < 0,5$ I категория - вполне устойчивые	Постоянная крепь не требуется. Набрызговая крепь в местах локального вывалообразования толщиной до 3 см.
$N = 0,5-1,2$ II категория – устойчивые	Железобетонные штанги длиной 1,8 м с расстановкой по сетке 0,9x0,9 м до 1,1x1,1 м
$N = 1,2-2,0$ III категория - средней устойчивости	Железобетонные штанги длиной 1,8 м с расстановкой по сетке от 0,7x0,7 м до 1,0x1,0 м; возможно применение металлической сетки с ячейкой не более 10x10 см, либо набрызг бетона толщиной до 3 см
$N = 2,0-4,0$ IV категория – неустойчивые	Комбинированная анкерная крепь из железобетонных штанг длиной 1,8 м с расстановкой по сетке 0,7x0,7... 0,8x0,8 м, металлическая сетка с ячейкой не более 10x10 см, торкретбетон толщиной не менее 3 см
$N > 4$ V категория – весьма неустойчивые	Металлическая арочная крепь СПВ-22, СПВ-27 со сварной металлической решетчатой затяжкой и забутовкой закреплённого пространства, применение предохранительной крепи. Расстояние между арками 0,5-0,75 м. Межрамные стяжки. Применение опережающей крепи.

### Выбор бурового оборудования

При проведении горизонтальных и наклонных разведочных выработок на одну бурильную машину должен приходиться участок не менее 80-100 см по ширине выработки.

Тип перфоратора выбирают в зависимости от глубины шпура ( $l_{un}$ ), коэффициента крепости пород ( $f$ ) и видом подводимой энергии для работы. Характеристики пневмоподдержек переносных и телескопных перфораторов и распорных колонок принимаются по типу перфоратора.

Для бурения шпуров в мягких и ниже средней крепости породах и выработках небольшого сечения используют ручные электро- и пневмосверла.

Число перфораторов или сверл при проходке выработки зависит от принятой организации работ и размеров поперечного сечения выработки.

В зависимости от глубины шпуров ( $l_{ун}$ ) и крепости проходимых пород ( $f$ ) выбирается тип бурового оборудования (перфораторов или сверл). Глубину шпура принять  $l_{ун} = (0,5 \dots 0,6)B$  м, где  $B$  – ширина выработки по основанию.

Определяется число буровых машин ( $N_{бм}$ )

$$N_{бм} = \frac{B}{800}, \quad (1)$$

где  $B$  – ширина выработки на подошве, мм (Рис. 1, Приложение 7 Табл. 1-3), 800 мм – рекомендуемое расстояние между буровыми машинами. Полученные значения округляются до целого числа в большую сторону.

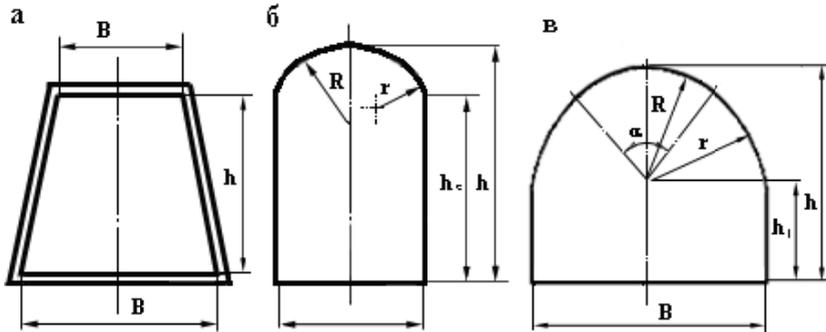


Рис. 1 Типовые сечения подземных выработок: а – трапециевидной, б – прямоугольно-сводчатой, в – арочной

Определяется необходимое число шпуров в одном комплекте ( $N_{ун}$ ) по М.М. Протодьяконову :

$$N_{ун} = 2,7 \sqrt{f \cdot S}, \quad (2)$$

где  $S$  – сечение выработки,  $\text{м}^2$ . Полученные значения округляются до целого числа в большую сторону.

Определяется суммарная длина шпуров на один цикл работ,  $\text{м}$

$$\sum l_{\text{шп.ц}} = l_{\text{шп}} \cdot N_{\text{шп}}, \quad (3)$$

где  $l_{\text{шп}}$  – глубина шпура,  $\text{м}$ .

Определяется общее количество циклов проходческих работ:

$$\sum n_{\text{ц}} = n_{\text{в}} \cdot L_{\text{в}} / l_{\text{шп}}, \quad (4)$$

где  $n_{\text{в}}$  – число проводимых выработок;  $L_{\text{в}}$  – длина выработки,  $\text{м}$ . Полученные значения округляются до в большего целого числа.

Определяется время бурения шпуров за один цикл ( $T_{\text{бур.ц}}$ ), чел.-ч .

$$T_{\text{бур.ц}} = \sum l_{\text{шп}} \cdot t_{\text{н}}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{н}}$  – норма времени на бурение шпуров, час. Для перфораторов и ручных сверл для выработок площадью до  $4,8 \text{ м}^2$  можно использовать данные табл. 4. Определяется время на зарядание и взрывание 1м шпура, чел.-ч

$$T_3 = \sum l_{\text{шп.ц}} \cdot t_3, \quad (6)$$

где  $t_3$  – норма времени на зарядание и взрывание 1 м шпура, чел.-ч., (табл. 5).

Время на проветривание выработки после взрыва ( $t_{\text{пр}}$ ) – ориентировочно можно принять 20 – 30 мин. Удельный расход взрывчатого вещества (ВВ),  $\text{кг}/\text{м}^3$

$$q_{\text{ВВ}} = (\sqrt{f} - a\sqrt{S}) \cdot b^{-1}, \quad (7)$$

где  $a = 0,25 \dots 0,30$ , эмпирический коэффициент,  $b$  – коэффициент, равный 1 для БЖВ; 1,1...1,2 для других ВВ. Общий расход ВВ на всю выработку,  $\text{кг}$

$$q_{\text{ВВ}}^{\text{в}} = S \cdot L_{\text{в}} \cdot q_{\text{ВВ}}. \quad (8)$$

Объем отбитой за цикл горной массы:

$$V_{\text{ог}} = S \cdot l_{\text{шп}} \cdot \kappa_{\text{шп}} \cdot \kappa_{\text{р}}, \text{ м}^3, \quad (9)$$

где  $\kappa_{\text{шш}}$  – коэффициент использования шпура  $\kappa_{\text{шш}} = 0,85 \dots 0,9$ ;  $\kappa_p$  – коэффициент разрыхления породы,  $\kappa_p = 1,1 \dots 1,4$  для мягких пород и угля и  $1,4 \dots 1,8$  для крепких пород;  $S$  – сечение выработки в черне,  $\text{м}^2$ .

Таблица 4

**Нормы времени на бурение шпуров,  $t_{\text{ш}}$ , чел. - ч. на 1 м шпура**

Категория пород,	Тип перфоратора				Ручные сверла
	ПП – 36В	ПП – 50В	ПП – 54ВБ	ПП – 63В	
I-IV	-	-	-	-	0,02
V	0,039	0,037	-	-	0,03
VI	0,044	0,041	-	-	0,04
VII	0,051	0,047	-	-	0,05
VIII	0,060	0,055	-	-	0,06
IX	0,071	0,064	0,056	0,062	0,07
X	0,085	0,076	0,065	0,072	0,09
XI	0,102	0,090	0,076	0,086	0,13
XII	0,124	0,107	0,090	0,101	0,16
XIII	0,150	0,128	0,108	0,121	0,22
XIV	0,181	0,153	0,124	0,143	0,24
XV	0,219	0,183	0,146	0,171	-
XVI	0,238	0,218	0,174	0,202	-
XVII	0,317	0,259	0,201	0,239	-
XVIII	0,380	0,306	0,235	0,282	-
XIX	0,455	0,362	0,274	0,331	-
XX	0,542	0,422	0,319	0,388	-

Таблица 5

**Нормы времени на зарядание и взрывание  
1 м шпуров ( $t_3$ ), чел.-ч.**

Глубина шпуров, м	Число взрываемых шпуров в комплекте		
	до 4	5 – 9	свыше 9
до 1,25	0,264	0,125	0,077
1,26 – 1,75	0,183	0,090	0,058
1,76 – 2,25	0,142	0,073	0,049
2,26 – 2,75	0,120	0,056	0,040
2,76 – 3,25	0,110	0,048	0,036
3,26 – 3,75	0,100	0,040	0,030
3,76 – 4,25	0,080	0,035	0,026
4,26 – 4,75	0,060	0,030	0,020

**Методические рекомендации**

К основным факторам, которые влияют на выбор бурильных машин, относятся:

1. Крепость горных пород в обуриваемом забое.
2. Наибольшая длина буримых шпуров или скважин.
3. Диаметр шпура или скважины.

Выбор бурильной установки производится с учетом следующих требований:

- тип бурильной машины, которая установлена на установке, должен соответствовать коэффициенту крепости пород в обуриваемом забое;

- размеры зоны бурения должны быть больше или равны высоте и ширине обуриваемого забоя;

- наибольшая длина буримых шпуров по технической характеристике бурильной установки должна быть согласована с максимальной длиной шпуров (по паспорту буровзрывных работ);

- ширина бурильной установки не должна быть больше применяемых транспортных средств (вагонеток, электровозов, погрузочных и транспортно-доставочных машин);

- ширина бурильной установки должна быть меньше ширины выработки (не менее 0,7 м с обеих сторон для прохода людей);
- высота бурильной установки должна быть меньше высоты выработки на 0,5...0,6 м.

Определив максимальные габариты установки, зная размеры зоны бурения, наибольшую глубину шпуров и коэффициент крепости пород, тип механизма перемещения выбирают бурильную установку (табл.6).

Таблица 6

**Параметры бурильных шахтных установок**

Типоразмер	Обуриваемая зона, м		Габариты УБШ в транспортном положении с ходовой частью, м			
			колесно-рельсовой		не рельсовой	
Типоразмер	высота	ширина	высота	ширина	высота	ширина
УБШ -1	2,0	2,2	1,1	1,25	1,25	1,6
УБШ -2	2,5	3,3	1,3	1,5	1,5	1,8
УБШ -3	3,6	4,5	1,4	1,6	2,0 -2,2	2,4
УБШ -4	5,0	6,0	1,4	2,0	2,5	2,5/3,3
УБШ -5	7,0	8,4	нет	нет	2,6	2,8/3,4
УБШ -6	10,0	9,5	нет	нет	3,3-3,8	4,5

Примечание: в числителе с пневмоколёсной ходовой часть, в знаменателе – гусеничной.

3.4. По заданному типу сечения (площади) выработки (рис.1 и Прил. 7), рекомендациям Табл. 8, принятому типу крепления и условиям проветривания, принимаются типы погрузочных и транспортных машин. Выбор машин следует произвести по рекомендациям данным ниже, описанным в разделе 4 и можно воспользоваться также справочной литературой.

Применение выбранных машин возможно в случае обеспечения необходимых зазоров между выступающими частями машин и стенками выработки (крепью, проложенными коммуникациями, другим оборудованием) (Рис.2, Табл.7).

Выбор погрузочно-транспортного оборудования следует производить в соответствии с рекомендациями:

1. Фронт погрузки ковшовых машин (Ф) желательнее иметь больший, чем ширина выработки (В). Допускается превышение ширины выработки (В) фронта погрузки (Ф) не более чем на 20%. Для погрузочных машин непрерывного действия не существенно. Для гребковых скреперов скреперных лебедок отношение ширины скрепера к ширине выработки должно быть в пределах 0,4 - 0,6.

2. Зазор между кровлей (верхняка крепи или установленных коммуникаций) не менее 0,05 м.

3. Размеры погрузочных органов машин должны соответствовать крупности загружаемых кусков.

4. Учитываются абразивность и крепость загружаемых пород. Для ковшовых машин, скреперных лебедок – любая, для остальных существуют ограничения.

5. Учитываются типы и требуемая высота загрузки транспортных машин, удельное давление машины на почву, категория шахты (в основном определяет вид энергии), угол наклона и кривизна в плане проходимой выработки.

6. Скреперные установки применяются там, где невозможно или экономически не выгодно использовать погрузочную машину, а также для транспортирования горной массы на расстояния в пределах 10...50 м, а наиболее эффективны при длине 30 ...50 м.

7. Передвижку лебедки (погрузочного полка) машины производят вслед за продвижением забоя через 8 ...10 м при рельсовом транспорте и 15...20 м при конвейерном. При загрузке телескопического ленточного конвейера шаг передвижки принимают равным запасу ленты на телескопическом устройстве.

Далее для выбранных машин и установок выполняется эксплуатационный расчет и определяется время уборки отбитой горной массы.

Таблица 7

**Величины зазоров между транспортным оборудованием в участковых выработках**

Оборудование	№ рис.	Параметры зазоров, м								
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
Рельсовый транспорт в двухпутной выработке	2а)	0,7	0,2	0,2	1,8	1,8	0,3-0,4	0,4	0,3	---
Рельсовый транспорт и ленточный конвейер	2б)	0,25	0,4	0,75	1,8	1,8	1,8	0,2	---	---
Рельсовый транспорт и скребковый конвейер	2в)	0,25	0,25	0,75	1,8	1,8	---	---	---	---
Конвейерный транспорт	2г)	0,7	0,4	1,8	1,8	---	---	---	---	---
Монорельсовые и канатные дороги	2д)	0,25	0,75	0,45	0,4	1,8	0,4	0,6	1,0	---
Самоходные подземные машины	2е)	---	1,2	---	0,35-0,4	0,5	0,4	1,8	0,2	0,7-0,8
Самоходные машины и конвейерный транспорт	2ж)	---	0,4	---	1,8	0,4	0,3-0,4	0,75	---	---
Самоходные машины в двухпутной выработке	2з)	---	0,4	---	0,4	1,4	1,8	1,2	---	---

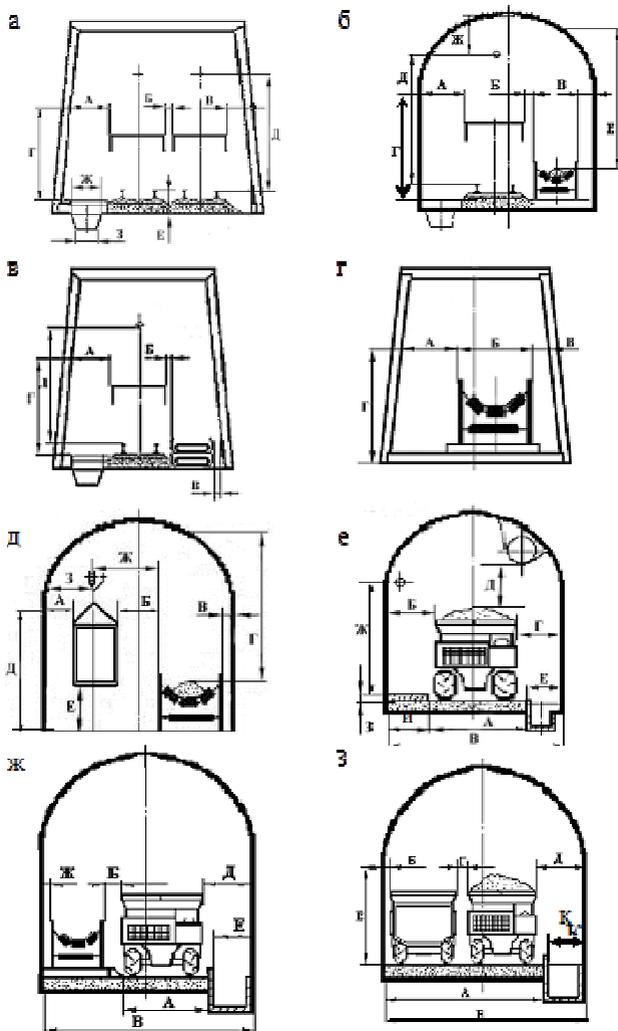


Рис.2. Зазоры между оборудованием, установленным в выработке (см. табл.7.)

Таблица 8

## Рекомендуемые средства механизации для проведения выработок

Тип и назначение выработки	Длина выработки, м	Обозначение и площадь сечения выработки, м <sup>2</sup>	Машины для погрузки и транспортирования горной массы
1	2	3	4
Штольни, расщетки, орты	до 50	ПС – 2,0; Т – 2,0; Т - 3,0	Скреперная от забоя до устья
Штольни, расщетки	до 100	ПС – 2,7; Т – 4,8	Скреперная от забоя до устья
Штольни, квершлагги, штреки, расщетки	до 150	ПС – 6,4; ПС - 6,8; Т – 5,3; Т - 6,1	Погрузочно-транспортные машины типа ПТ с ковшом до 2,5 м <sup>3</sup>
Штольни, квершлагги, штреки	до 250	ПС – 8,3; ПС - 8,7	Погрузочно-транспортные машины типа ПТ с ковшом до 4 м <sup>3</sup> или погрузочная машина и самоходный вагон
Штольни, квершлагги, штреки	до 500	ПС – 4,2; ПС - 4,5; Т – 5,3; Т - 6,1	Скреперная или малогабаритная погрузочная машина, откатка электровозом в вагонетках вместимостью до 1,0 м <sup>3</sup> .
Штольни, квершлагги, штреки, разминовки	любая	ПС – 6,4; Т – 7,0	Скреперным грузчиком или малогабаритной погрузочной машиной, электровозная откатка в вагонетках вместимостью до 1,0 м <sup>3</sup> .
Разминовки или двухпутные выработки	любая	ПС – 8,3 Т – 9,8; Т - 11,0	Погрузочная машина, электровозная откатка в вагонетках вместимостью до 1,1 м <sup>3</sup> .
Разминовки или двухпутные выработки	любая	ПС – до 12,1; Т – до 13,6	Погрузочная машина, электровозная откатка в вагонетках вместимостью до 1,4 м <sup>3</sup> .
Штольни, квершлагги, штреки, уклоны	более 250	более 14	Погрузочная машина, самоходный вагон или автосамосвал грузоподъемностью до 20 т
Разминовки или двухпутные выработки	до 300	более 16	Погрузочно-транспортная машина (типа ПТ, ПД) с ковшом (кузовом) до 6 м <sup>3</sup> или автосамосвал

Продолжение табл.8

1	2	3	4
Постоянные выработки	любая	более 16	Погрузочная машина, погрузочно-транспортная машина (типа ПТ, ПД) и автосамосвал грузоподъемностью свыше 22 т
Капитальные выработки и тоннели большого сечения	не ограничена	40 -80	Две погрузочные машины, погрузочно-транспортные машины (типа ПД) и автосамосвал грузоподъемностью свыше 32 т
Тоннели метрополитена	не ограничена	от 20	Проходческий щит, МПТК, гидротранспорт или ленточный перегружатель или скиповый подъем или канатная/локомотивная откатка

3.5. Определение эксплуатационной производительности погрузочных машин и времени уборки отбитой горной массы.

Определяется расчетный грузопоток, т/час:

$$Q_p = \kappa_n \cdot V_n \cdot \rho \cdot k_p / (T_{см} \cdot k_u) \quad (10)$$

где  $V_n$  – объем разрыхленной горной массы,  $m^3$ ;  $\rho$  – насыпная плотность  $t/m^3$ ;  $T_{см}$  – продолжительность смены, ч;  $k_u$  – коэффициент времени использования погрузочной машины или комбайна в смену, обычно при проходческих работах составляет 0,3...0,7;  $k_p$  – коэффициент разрыхления пород, принять для некрепких пород и угля  $k_p = 1,1-1,4$ , для крепких  $k_p = 1,4-1,8$ ;  $\kappa_n$  – коэффициент неравномерности грузопотока, для проходческих забоев принимается по нормам проектирования 2-4,5. Наибольшие значения коэффициента принять для схем с погрузочными машинами циклического действия, наименьшие – непрерывного действия. Применение бункеров снижает коэффициент неравномерности.

Величина суммарного грузопотока, образованного из  $k$ -забоев определяется:

$$Q_{p\Sigma} = z \sum_{i=1}^k Q_i, \quad (11)$$

где коэффициент  $z$  принимается равным 0,93; 0,85; 0,75 и 0,6 при числе подготовительных забоев соответственно 2, 3, 4 и 5 и более.

Определение количества погрузочных машин:

$$n = V_n / (k_T \cdot Q_{\text{э}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \kappa_u), \quad (12)$$

где:  $Q_{\text{э}}$  – эксплуатационная производительность погрузочной машины или комбайна, м<sup>3</sup>/ч;  $k_T$  – коэффициент технической готовности машины, принимается:

Комбайн ГПКС.....	0,91
Комбайн 4ПП.....	0,88
Погрузочная машина типа ПНБ.....	0,88
Ковшовая погрузочная машина прямой погрузки.....	0,86
Ковшовая погрузочная машина ступенчатой погрузки.....	0,82

Одновременная работа двух и более погрузочных машин возможна только в выработках с большой площадью сечения (более 15 м<sup>2</sup>), обеспечивающей безопасные зазоры и загрузку транспортных машин.

Для определения эксплуатационной производительности погрузочных машин при погрузке на конвейер и в вагонетки вместимостью до 3,5 м<sup>3</sup> можно использовать формулу (КузНИИшахтстрой):

$$Q_{\text{э}} = 60 Q_T \cdot k_m \cdot k_{\delta} \cdot k_c \cdot k_{\epsilon} \cdot k_m, \quad (13)$$

где  $Q_T$  – техническая производительность погрузочной машины, м<sup>3</sup>/мин;  $k_m$  – коэффициент, учитывающий неравномерность разброса горной массы,  $k_m = 0,7$  – для ковшовых машин и  $k_m = 0,8$  для машин с нагребающими лапами;  $k_{\delta}$  – коэффициент дробимости: для крепких пород, таких, как, например, аргиллит, алевролит  $k_{\delta} = 1$ , для песча-

ника  $k_d=0,7$ ;  $k_c$  – коэффициент совместной работы нескольких погрузочных машин,  $k_c = 1$  – для одной машины и  $k_c = 0,85$  – для двух машин;  $k_g$  – коэффициент, учитывающий площадь поперечного сечения проводимой выработки, равный 0,75; 0,8 и 0,88 для сечений соответственно 7-10, 10-12 и 12-23 м<sup>2</sup>.

Вид призабойного транспорта учитывается коэффициентом  $k_m$  :

Откатка электровозом в вагонетках до разминовки на расстояние до 50 – 100 м.....	0,51
Откатка электровозом с погрузкой перегружателем.....	0,75
Погрузка на конвейер.....	0,85
Откатка одиночных вагонеток до перекатной платформы.....	0,65

Техническая производительность погрузочной машины (комбайна)  $Q_T$ , м<sup>3</sup>/мин принимается из технической характеристики или может быть рассчитана по формулам. Для ковшовых машин и подземных экскаваторов:

$$Q_T = 60V_{ку} \cdot k_3 \cdot k_u \cdot k_p / t_u, \quad (14)$$

где  $V_{ку}$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $k_3$  – коэффициент заполнения ковша 0,6 - 0,7;  $k_u$  – коэффициент, учитывающий изменение цикла черпания,  $k_u = 0,6 - 0,8$ ;  $k_p$  – коэффициент дополнительного разрыхления горной массы в ковше,  $k_p = 0,92 - 0,96$ ;  $t_u$  – длительность одного цикла погрузки, с.

Для машин с нагребавшими лапами и погрузчиков проходческих комбайнов:

$$Q_T = z_l \cdot n_l \cdot V_l, \quad (15)$$

где  $z_n$  – число лап (обычно 2);  $n_d$  – число ходов лап, принимается 30 - 35 для тяжелых машин и 45 - для легких машин;  $V_d$  – объем горной массы, загребаемый одной лапой м<sup>3</sup>, находится по формуле:

$$V_d = b_n \cdot d \cdot h / 2, \quad (16)$$

где  $b_n$  – ширина захвата передней кромкой погрузочной плиты машины;  $d$  – диаметр диска кривошипа,  $h$  – высота захватываемого слоя горной массы, принимается равной высоте лапы для мелкокускового груза, и двойной высоте – для крупнокускового. Высоту лапы принять (0,25 - 0,35)  $d$ .

Эксплуатационная производительность погрузочной машины и экскаватора при погрузке в вагонетки, м<sup>3</sup>/час определяется по формуле:

$$Q_s = 3600V_B [V_B \cdot k_{рем} (60Q_T) + 2L / \vartheta_{cp} + t_{cu} + t_o / z]^{-1} \quad (17)$$

где  $V_B$  – вместимость вагонетки или бункер – вагона, м<sup>3</sup>;  $k_{рем}$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на ремонт,  $k_{рем} = 1,1$ ;  $\vartheta$  – средняя скорость откатки, м/с,  $L$  – расстояние от машины до пункта обмена вагонеток, м;  $t_{cu}$  – время на расцепку вагонов и прицепку к машине, с;  $t_o$  – время между подачами вагонеток под погрузку, с;  $z$  – количество вагонеток в составе. Если не известны  $t_{cu}$  и  $t_o$  – то с допустимой точностью эти затраты времени можно учесть приняв среднюю скорость движения в забое  $\vartheta_{cp} = 0,6$  м/с – для одиночных вагонеток и  $\vartheta_{cp} = 0,9$  м/с для составов вагонеток.

При загрузке двух и более самоходных транспортных машин эксплуатационная производительность погрузочной машины определяется по формуле:

$$Q_s = 3600V_K \cdot k_K / (t_{носп} + t_z), \quad (18)$$

где  $k_k$  – коэффициент заполнения кузова транспортной машины;  $t_3$  – время на обмен загружаемых машин, 1-3с;  $t_{нозр}$  – время на загрузку транспортных машин, с:

$$t_{нозр} = V_k \cdot k_k / (60Q_T) \quad (19)$$

Расчет времени на уборку горной массы необходимо выполнять с учетом характеристик выбранных транспортных машин.

### 3.7. Расчет проходческого комбайна

Расчетный грузопоток формируется в зависимости от максимально возможной (технической) производительности машин – комбайна, МПТК и т.п. и их погрузочных органов. Производительность комбайна зависит от типа исполнительного органа, конструктивных возможностей, горно-геологических условий, организации труда. Техническую производительность проходческого комбайна с буровым исполнительным органом (т/ч) можно определить

$$Q_N = 60Sv\rho_{\text{г}}K_{\text{мех}}, \quad (20)$$

где  $S$  – сечение проводимой выработки в проходке,  $\text{м}^2$ ;  $v$  – максимальная скорость подачи комбайна на забой в данных горно-геологических условиях;  $\rho_{\text{г}}$  – плотность горной породы,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $K_{\text{мех}}$  – коэффициент непрерывной работы комбайна, обычно  $K_{\text{мех}} = 0,3-0,4$ .

Техническая производительность комбайна с исполнительным органом избирательного действия, т/ч

$$Q_{\text{мех.и}} = 3600mB \rho_n \rho K_{\text{ме}}, \quad (21)$$

где  $m$  – мощность разрушаемого слоя органом избирательного действия, можно принять  $m=d/2$ , где  $d$  – максимальный диаметр конической коронки, м;  $\rho$  – насыпная плотность  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $B$  – величина

заглубления коронки в горный массив, м;  $\mathcal{G}_n$  – скорость поперечного перемещения коронки [8].

3.8. Последовательность выполнения расчета крепления выработок

Устойчивость горных пород – способность сохранять равновесие при обнажении – зависит от их структуры, физико-механических свойств и действующих в них напряжений. Выделяют три формы потери устойчивости:

- вывалообразования под действием собственного веса обрушающихся пород;
- разрушение в зоне концентрации напряжений, вызванных весом вышележащей толщи;
- черезмерным смещением обнаженных поверхностей без видимого разрушения пород вследствие их пластических деформаций.

Критерием может являться коэффициент устойчивости  $K_y$ ,

$$K_y = \rho H / \sigma_{сж}, \quad (22)$$

где  $\rho$  – плотность горной породы,  $\sigma_{сж}$  – предел прочности породы при сжатии. Для устойчивых пород, у которых деформации не превышают пределы упругости, а контур выработки смещается не более чем на 50-80мм -  $K_y < 0,1$ ; для средней устойчивости, у которых смещение контура не превышает 200мм -  $0,24 \geq K_y \geq 0,1$ , и неустойчивые, имеющие смещения более 200мм и интенсивное разрушение пород -  $K_y \geq 0,24$ . При выборе способа крепления выработок используйте рекомендации [9,10,11,13, 17].

При проектировании крепления выработок определяют максимальные размеры незакрепленного пространства, тип и конструктивные параметры крепи и плотность ее установки. Предельная длина устойчивой в незакрепленном состоянии горизонтальной выработки ( $L_{нк}$ ), м:

$$L_{нк} = 2\sqrt{\sigma_p H / \rho}, \quad (23)$$

где  $\sigma_p$  – предел прочности пород при растяжении,  $H$  – глубина заложения выработки.

Наиболее простое крепление деревянной крепью из хвойных и лиственных пород древесины. Деревянное крепление применяется обычно в выработке трапециевидальной формы.

Основной конструкцией деревянной крепи является неполная крепежная рама. Она состоит из двух стоек и верхняка. В зависимости от устойчивости горных пород крепежные рамы устанавливаются либо вплотную друг к другу (сплошную), либо на расстоянии 0,5 – 1,5 м друг от друга – вразбежку.

Для ориентировочных расчетов по креплению горноразведочных выработок можно пользоваться данными, приведенными в таблице 9.

Таблица 9

**Параметры деревянной рамной крепи для горизонтальных и наклонных (до 45°) выработок трапециевидной формы**

Вид выработки	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Диаметр крепежного леса, см	Расход леса на раму, м <sup>3</sup>	Оптовая цена одной рамы, руб.	Расстояние между рамами, см
Штольни небольшой протяженности, рассечки	2,0	16	0,10	40	150
Штольни небольшой протяженности, рассечки	3,0	16	0,12	48	100, 150
Разведочные штольни средней длины	4,8	18	0,19	76	75, 100
Разведочные штольни средней длины	5,1	18	0,21	84	75, 100
Выработки главных направлений	6,1	18	0,22	88	75, 100
Выработки главных направлений	7,0	20	0,28	112	75, 100, 150
Выработки главных направлений	7,5	22	0,36	144	75, 100, 150

Определение расхода материала на крепление выработки и времени крепления. Число крепежных рам определяется по формуле:

$$n_p = \frac{l_{ун} \cdot 100}{l_{мп}}, \quad (24)$$

где  $l_{мп}$  – расстояние между крепежными рамами (табл. 8).

Расход крепежного материала

$$Q_m = n_p \cdot q_p, \text{ м}^3, \quad (25)$$

где  $q_p$  – норма расхода материала на 1 раму,  $\text{м}^3$  (табл. 8).

Время на крепление ( $T_{кр}$ ), час:

$$T_{кр} = n_p \cdot t_p, \quad (26)$$

где  $t_p$  - нормативное время на крепление одной рамы, ч.-час, ориентировочные нормы времени на крепление деревянной крепью приведены в таблице 10.

Таблица 10

**Нормы времени на крепление  $t_{кр}$ , чел. – ч. на 1 раму**

Способ крепления	Площадь сечения выработки, $\text{м}^2$						
	2,0	3,0	4,8	5,1	6,1	7,0	7,5
Крепь на стойках с расстоянием между рамами 0,5 м	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
Крепь на стойках с расстоянием между рамами 1,0 м	2,5	2,9	3,3	3,6	3,9	4,1	4,3
Сплошная крепь из круглого леса	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3

Металлическая крепь – один из совершенных крепежных материалов, так как обладает большой несущей способностью, высокой прочностью, долговечностью, огнестойкостью, значительной деформированностью без потери несущей способности, хорошими конструктивными возможностями, хорошо поддается обработке. Удобна при возведении, применима в породах любой устойчивости и в выработках, как с установившимся давлением, так и в зоне влияния горных работ. Имеет высокие эксплуатационные качества. Срок службы 20-25 лет.

Недостатки - высокая стоимость, подверженность коррозии.

Для элементов металлической крепи применяют преимущественно углеродистую сталь марки Ст.5 в виде проката, в основном СВП (специальный взаимозаменяемый профиль) типоразмеров: 14, 17, 19, 22, 27, 33. Также применяют тубинги, балки двутавровые, швеллеры, рельсы, сталь угловую, круглую, арматурную, в виде полос, сетки и другие профили.

Металлические крепи применяют в горизонтальных и наклонных выработках, изготавливают в виде трапециевидных, арочных и кольцевых рам.

**Трапециевидная металлическая жесткая крепь.** Рама состоит из двух стоек и верхняка, изготовленных из СВП, реже из двутавровых балок. Стойки с верхняком соединены с помощью съемных башмаков, уголков с болтами, накладок и пр.

Стойки неполных рам устанавливают непосредственно на почву выработки в лунки. При слабых почвах к нижним концам стоек приваривают опорные пластины или устанавливают на деревянные прогоны.

Достоинства: несложность её изготовления и установления, не нарушается кровля выработки при проведении выработки по пласту.

Недостатки: жесткость конструкции, меньшая несущая способность по сравнению с арочной, применяется в основном для капитальных и подготовительных выработок, расположенных вне зоны влияния очистных работ.

Металлическая податливая крепь МПК-1Т и металлическая податливая кольцевая крепь. Наибольшее распространение от всех металлических крепей (до 90%) получили податливые крепи из СВП, которые бывают трех-, четырех- и пятизвенные.

Жесткая арочная крепь состоит из двух полуарок, изготавливаемых из двутавровых балок, жестко соединенных между собой при помощи планок и болтов. Достоинства и недостатки – аналогичны жесткой трапециевидной крепи.

Арочная податливая крепь АП-5 – пятизвенная. Изготавливают из СВП:14, 17, 19, 22, 27, 33. Межрамные распорки изготавливают из уголковой стали.

Арочная податливая крепь состоит из отдельных арок, устанавливаемых в выработках одна от другой на расстоянии 0,5 – 1,25 м, межрамных распорок и затяжек.

Податливость крепи обеспечивается за счет вдвигания концов элементов арки одного в другой.

Узлом податливости является соединение элементов крепи с помощью скоб, планок и гаек, фасонных хомутов с клиньями. Величина нахлестки в местах соединения элементов при установке арки составляет 400мм, расстояние между скобами – 200 мм. Податливость трехзвенной крепи составляет 300 – 500 мм, а пятизвенной – до 1000 мм.

Возведение крепи производится согласно паспорту проведения выработки и под прикрытием временной крепи. Начинают с установки стоек, которые двумя боковыми стяжками соединяют с ранее установленной аркой. На стойки укладывают верхняк, чтобы нахлестка равнялась 300 – 400 мм, и соединяют их двумя парами скоб, предварительно заложив в замках между днищами стойки и верхняка деревянные прокладки. Гайки на скобах затягиваются динамометрическим ключом. После установки арки её расклинивают в замках на деревянных распорках клином, затягивают кровлю и бока выработки ж/б, металлическими, стеклопластиковыми или деревянными затяжками, а пустоты за тяжкой заполняют мелкой породой.

**Металлическая тюбинговая крепь.** Тюбинги, изготовленные из серого чугуна марок СЧ-21 до СЧ48, реже из стали, представляют собой цилиндрические сегменты. Сегменты соединяются в кольца, которые соединяют между собой болтами.

**Анкерная крепь.** Анкерная крепь – является прогрессивной и экономически выгодной, применяется в широком диапазоне горнотехнических условий.

Преимущества – повышает безопасность ведения горных работ, так как лучше любой другой крепи противостоит взрывным ра-

ботам, возможность полной механизации возведения, меньшие расходы материалов и затраты на доставку, позволят по сравнению с рамной крепью уменьшить сечение выработки на 18 – 25 % и ее аэродинамическое сопротивление.

Недостаток – ограниченное применение в сложных условиях.

Анкерную крепь применяют в качестве постоянной и временной крепи, в самостоятельном виде и в сочетании с другими крепями. Часто анкерный болт используют для вспомогательных целей: подвешивают конвейеры, трубопроводы, монтажные блоки и пр.

Представляют собой систему стержней (штанг), закрепленных в шпурах (скважинах) и расположенных в определенном порядке в породах, окружающих выработку.

По характеру закрепления анкерные крепи разделяют: с закреплением в одной части, обычно в донной (замковые анкеры), и с закреплением по всей длине шпура. По конструкции замка анкеры различают: клинощелевые, распорно-клиновые, распорно-конусные, с закреплением по всей длине шпура.

Для крепления металлической крепью, анкерной и упрочнения набрызг бетонном необходимо воспользоваться рекомендациями [9,10,11,13, 17].

#### **4. Выбор типоразмеров транспортных машин**

Выбор типоразмеров транспортного оборудования должен быть сделан на основе критического анализа заданных условий и технико-экономических показателей машин, применяемых в настоящее время.

##### **4.1. Выбор типоразмера ленточного конвейера**

Выбор типоразмера конвейера (-ов) выполняется из условий:

- приёмная способность конвейера  $Q_{пр}$  должна быть не меньше расчетного грузопотока  $Q_p$ , величина которого определяется расчётом  $Q_{пр} \geq Q_p$ ;

- длина конвейера в поставке должна быть не меньше требуемой длины транспортирования (по проекту);
- угол наклона конвейера по технической характеристике должен быть не меньше требуемого угла наклона (по проекту);
- тип конвейерной ленты должен соответствовать характеристикам транспортируемого груза.

Типоразмер и характеристики конвейера выбираются в соответствии с рекомендациями [1, 3, 4, 14, 18].

### **Методические рекомендации**

При установке конвейера необходимо предусмотреть технологические отходы:

1. Горизонтальный участок для загрузки конвейера определяется конструкцией погрузочного пункта, скоростью движения ленты и габаритами натяжной станции. По конструктивным соображениям минимальная длина д.б. не менее 5...10 м.

2. Горизонтальный участок для разгрузки конвейера. Зависит от диаметра разгрузочного барабана, принятого способа разгрузки, общими размерами привода с ограждениями. По конструктивным соображениям с разгрузкой через барабан минимальная длина д.б. не менее 3-8 м.

3. Перекрытие конвейеров при перегрузке в случае установке нескольких конвейеров последовательно. Минимальная длина перекрытия (для конвейера, подающего груз) 2-5 м.

4. Ширина выработки определяется шириной ленты, к которой добавляется не менее 1м с обеих сторон конвейера и проходом (автомобильным проездом) для обслуживания и ремонта конвейера 3-5 м, и водоотводными канавками 0,5-1,0 м.

5. Приводимая в таблицах технических характеристик длина конвейеров указана для горизонтальной установки. С увеличением угла наклона возможная длина уменьшается из-за увеличения сопротивлений движению. Ограничения создает прочность лен-

ты и мощность двигателя. Поэтому длину конвейера нужно уточнить по результатам эксплуатационного расчёта.

#### **4.2. Выбор типоразмеров подвижного состава рельсового транспорта**

При проектировании транспортной системы необходимо применять принципы комплексной механизации горных работ и положения теории логистики.

При выборе типа электровоза необходимо руководствоваться данными, а тип вагонеток определяется оборудованием для их разгрузки (принять самостоятельно).

#### **5. Строительство сооружений на земной поверхности**

При строительстве различных наземных сооружений возможными работами являются [6, 13]:

- строительство котлована для надшахтных зданий (административных, технологических и вспомогательного назначения);
- строительство устья ствола шахты или эскалаторного тоннеля;
- возведения каркаса или стен сооружения;
- устройство перекрытия;
- монтаж технологического оборудования.

При решении задач строительства котлована и устья шахты производится:

- выбор выемочно-погрузочной техники;
- выбор транспортной техники для транспортирования вынимаемого грунта;
- расчет производительности, затрат времени на выполнение соответствующих операций, определения количества машин.

Основными технологическими операциями при проектировании являются: подготовка горной массы к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы и отвалообразование.

*Подготовка грунтов к выемке.* При разработке рыхлых пород следует рассматривать применение невзрывных способов подготовки: осушение, оттаивание, утепление, увлажнение, механические рыхления и управляемое обрушение горных пород. При разработке крепких (коэффициент крепости  $f > 4-6$ ) и мерзлых грунтов требуется использование буровзрывных работ или методы для их оттаивания. При проектировании БВР последовательно решаются следующие вопросы:

- выбор способа бурения, диаметра шпуров (скважин), типоразмера бурильной установки и инструмента, типа взрывчатого вещества (ВВ) и средств (СВ);
- расчет сетки шпуров и сетки скважин и ее заряда;
- выбор схемы взрывания забоя с учетом предполагаемого направления взрыва и обеспечение хорошего гранулометрического состава взорванной горной массы;
- расчет выхода горной массы с 1 м скважины, общего объема бурения, затрат времени и необходимого количества бурового оборудования;
- определение состава и показателей вспомогательных процессов при БВР.

### **Методические рекомендации**

Если в курсовом проекте не предусматривается изменение операций подготовки грунтов к выемке (исключение темы проходческими комбайнами и МПТК), то в работе они не рассматриваются.

*Выемочно-погрузочные работы.* Выемочно-погрузочное оборудование определяет структуру комплексной механизации и эффективность работы горнодобывающего предприятия в целом. Проектирование выемочно-погрузочных работ при учтённых размерах выработки, соответствия загружаемым транспортным машинам, принятой высоте уступа (в высоких выработках) предусматривает:

- выбор номенклатуры оборудования и конкретных моделей;
- расчет параметров забоев выемочно-погрузочных машин;

- определение производительности и необходимого количества погрузочного оборудования.

Исходными данными раздела являются проектная схема на строительство, характеристика грунтов, сроки строительства, характеристика внутривозрастных и подходящих дорог и их схема.

Строительство сооружений начинается с планирования строительной площадки и выемки грунта для сооружения котлована или траншеи. Названные работы часто называют земляными работами. Последовательность выполнения работ предусматривает снятие плодородного растительного слоя (0,3-1,0 м) и перемещением грунта бульдозером или скрепером во временные отвалы с последующим транспортированием автосамосвалами, разравнивания площадки бульдозером, сооружения котлована или траншеи с использованием экскаватора и транспортированием грунта автосамосвалами в отвал.

При планировании земляных работ рассчитываются объемы растительного слоя, котлована и при необходимости въездных и выездных съездов траншеи.

Выбор оборудования производится с учетом технических возможностей предприятия, ранее достигнутого опыта их применения, обеспечения заданных темпов строительства, соответствия технических возможностей машин проектным требованиям сооружения котлована (глубина, размеры в плане, высота загрузки).

Последовательность выполнения расчетов и методика аналогична расчету погрузочных и погрузочно-транспортных машин (см раздел 3).

Для задач строительства приемных и отправительных станций (шахт) для МПТК, котлованов и наземных сооружений производится выбор крана (как правило стреловой конструкции) с учетом размеров (высота, ширина и длина), максимального веса строительных конструкций, исполнения ходовой части и климатического исполнения, а проверочный расчет выполняется по трём коэффициентам устойчивости крана [16].

Таблица 11

## Исходные данные для строительства котлована

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина котлована (а), м	20	30	40	50	25	35	45	60	10	15
Ширина котлована (b), м	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
Глубина котлована, (H), м	3	5	2	4	6	7	8	4,5	5,5	5
Толщина растительного слоя ( $h_{рс}$ ), м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4
Коэффициента заложения откоса (m)	1,0	0,7	0,8	0,9	0,6	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0
Тип грунта	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Длина транспортирования растительного слоя, км	1	3	4	5	2	1	4	5	10	10
Длина транспортирования грунта, км	10	15	20	30	25	35	40	10	20	25

Примечание: Тип грунта в таблице обозначен цифрами: 1 - супесь; 2 - суглинок с щебнем; 3 – гравий; 3- сухой грунт; 4 - тяжелый суглинок; 5 – мерзлый грунт.

## 6. Рекомендации по работе над проектом

При принятии решений в проекте необходимо стремиться к комплексной механизации и применения достижений логистики.

Реализация принципов комплексной механизации позволяет получить наилучшие технико-экономические показатели работы.

Для этого необходимо, чтобы механизация была не только комплексной, но и комплектной. Под комплектностью механизации понимается соответствие оборудования в смежных технологических

процессах рабочим параметрам, производительности и режиму работы.

Любая структура комплексной механизации должна полностью удовлетворять требованиям безопасности производства горных работ, полноты извлечения запасов полезного ископаемого из недр, обеспечения требуемого качества и сроков строительства.

Логистическая составляющая в проектировании заключается в принятии в проекте решений, обеспечивающих работу транспортной системы по перемещению грузов с минимальными затратами, по наикратчайшим трассам, за минимальное время и с высоким качеством (точно и в срок, в конкретное место и в нужном количестве).

Проектирование целесообразно выполнить в две стадии и три этапа. На первой стадии делается предварительная эскизная проработка варианта проведения выработки с выбором и обоснованием средств механизации:

1. предварительно назначается вид транспорта и предполагаемые типы бурильного, погрузочного и транспортного оборудования;
2. производятся расчёты БВР или оборудования для механизированного способа разрушения горной породы в забое (комбайнов, щитов или молотов) с определением грузопотока или объёма горной массы от цикла проходки;

На второй стадии уточняются принятые типоразмеры машин с помощью инженерных расчетов и производится окончательная проработка транспортной системы с расчетом погрузочного и транспортного оборудования.

Выбор рационального вида транспорта осуществляется в три этапа, на каждом из которых учитывается определенная группа факторов.

*Первый этап* – выбор возможных вариантов технологических схем транспорта с учетом, приведенных выше данных и специфических особенностей горного предприятия. Учитывается схема

вскрытия, порядок разработки месторождения, расположение выработок, режим горных работ и объем горно-капитальных работ.

**Второй этап** – определение оптимальных параметров транспортных схем и основного горно-транспортного оборудования с учетом технической вооруженности горно-добывающих предприятий и технико-экономического прогресса различных видов транспорта. Критерием оптимизации могут быть максимальная скорость транспортирования, минимальные протяженность трасс, энергозатраты, время транспортирования и себестоимость (универсальный показатель). При проектировании следует ориентироваться на серийно изготавливаемое оборудование, но допускается применение перспективных машин, выпущенных в виде промышленной партии или опытных образцов и рекомендованных к серийному выпуску.

**Третий этап** – предварительная оценка сравнительной эффективности вариантов с учетом затрат на приобретение техники и основных эксплуатационных расходов, определяемые за период оптимизации – срока строительства.

Учитывая сложность выполнения третьего этапа, рекомендуется при необходимости выбора вида транспорта воспользоваться табл. 8 и далее применить критериальные оценки: энергетические, экологические, технологические или показатели качества [2, 5, 7].

Например, энергетическую оценку можно сделать по выполняемой работе. При сравнении различных вариантов транспорта в динамике ведения работ целесообразно использовать такой измеритель, как выполненную работу при подъеме с высоты  $H$  и горизонтальном перемещении  $L$ . Удельный расход энергии при транспортировании горной массы по горизонтальной составляющей трассы можно определить по формуле:

$$W_2 = (1 + k_T)\omega_0 g + k_T \omega_0 g \quad (27)$$

где  $k_T$  – коэффициент тары;  $\omega_0$  – удельное сопротивление перемещению, Н/кН;  $g$  – ускорение свободного падения.

Например, для автосамосвала М0А3-75830 (грузоподъёмностью 30 т) при  $\omega_0 = 40$  Н/кН расход энергии составляет 400 кДж/(т·км).

При перемещении по вертикальной составляющей энергия будет расходоваться только на преодоление сил гравитации:

$$W_{\text{вер}} = \frac{mgH}{L} = mi \quad (28)$$

где  $m$  – масса машины с грузом, кг;  $L$  – расстояние транспортирования, м;  $i$  – уклон трассы, ‰.

На уклоне 30‰  $W_{\text{вер}} \approx 120$  кДж/(т·км). Естественно, энергозатраты возрастают с увеличением скорости перемещения груза. Так, при увеличении скорости движения автосамосвала М0А3-75830 с 5 до 40 км/ч энергоёмкость транспортирования горной массы возрастает в два раза.

Учет влияния различных факторов на эффективность транспортного процесса осуществляется введением в расчетные формулы или нормативные данные соответствующих корректирующих коэффициентов. Например, по дорожно-климатическим условиям вся территория страны разделена на зоны, а значения этих коэффициентов варьируют в пределах 1,0-1,15.

При большом количестве погрузочных пунктов (более 2-х) для сокращения объёма эксплуатационных расчётов транспорта рекомендуется определить приведённые длину и высоту трасс транспортирования:

$$L_{\text{пр}} = \frac{\sum(A_i \cdot L_i)}{\sum A_i} \quad (29)$$

и

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum(A_i \cdot H_i)}{\sum A_i} \quad (30)$$

где  $A_i$ ,  $L_i$  и  $H_i$  – соответственно производительность, длина транспортирования и высота подъема при транспортировании от  $i$ -го погрузочного пункта (забоя).

### **Методические рекомендации**

При взрывании пород в условиях зажатой среды (на необработанную взорванную породу), когда высота навала взорванной породы превышает высоту черпания ковшом и для увеличения производительности погрузочных работ рекомендуется разделить уступа на два – три подступа.

Размеры рабочей зоны находится в зависимости от технологии буровзрывных работ, технологической схемы разработки, принятой организации крепления выработки, системы энергоснабжения, связи, транспорта и ширины полосы готовых к выемке запасов.

Для принятой транспортной схемы с известным расположением забоев необходимо выполнить проверку соответствия заданных сроков выполнения работ по производительности выемочно - погрузочного оборудования и транспорта. Для проектируемой схемы требуется определить количество единиц выемочно-погрузочных и транспортных по производительности и с учетом объема грузопотока определить фактическое время на выполнение операций уборки.

Транспортирование горной массы. Проектирование транспорта предусматривает решение следующих задач:

- выбор и обоснование вида транспорта и типоразмера транспортной машины;
- выбор и обоснование схемы работы транспорта на рабочем горизонте (схемы маневрирования и подачи транспортных средств к погрузочному оборудованию);
- расчет производительности транспортной единицы (локомотивосостава, самосвала, ПДМ), конвейера и необходимого количества транспортных средств;
- обеспечение требований техники безопасности и условий эффективной эксплуатации транспортных средств.

При проектировании транспорта необходимо руководствоваться СП и Правилами безопасности [22].

Продольные уклоны внутрикарьерных дорог следует принимать на основании организационно планировочных решений транспортной схемы с учетом безопасности движения.

Ширина проезжей части дороги устанавливается проектом с учетом требований, действующих СП и СНиП, исходя из размеров ПСМ. Временные въезды должны устраиваться так, чтобы вдоль их при движении транспорта оставался свободный проход шириной не менее 1,5 м.

При затяжных уклонах дорог (более 0,06) должны устраиваться горизонтальные площадки с уклоном 0,02 длиной не менее 50 м и не более чем через каждые 600 м длины затяжного уклона.

Радиусы кривых в плане и поперечные уклоны автодорог предусматриваются с учетом действующих ГОСТ Р 52399-2005.

В особо стесненных условиях на дорогах величину радиусов кривых в плане допускается принимать в размере не менее двух конструктивных радиусов разворотов транспортных средств по переднему наружному колесу - при расчете на одиночный автомобиль и не менее трех конструктивных радиусов разворота - при расчете на тягачи с полуприцепами.

При большом числе погрузочных пунктов (более 2-х) эксплуатационные расчёты транспорта выполнить по приведенной длине и высоте транспортирования (формулы 29 и 30).

Примеры типовых сечений категорий автомобильных дорог работ приведены на «Горном портале», рекомендации по расчету параметров даны учебной литературе [3, 8, 15, 20].

Для принятой транспортной схемы с известным расположением отвалов необходимо выполнить проверку на их заполнение породой по годовой производительности. Для проектируемой схемы требуется определить их расположение с учетом порядка разработки месторождения. Примеры паспортов отвальных работ приведены на «Горном портале»; рекомендации по расчету их параметров в учебной литературе.

Пропускная способность бункера определяется поперечным сечением выпускного отверстия, производительностью питателя (затвора) и свойствами выгружаемого сыпучего груза и может быть подсчитана по формуле, т/ч:

$$Q = V\gamma = 3600Fv\gamma \quad (31)$$

в которой  $v$  – скорость истечения груза, определяется по формуле гидравлики, в которой коэффициент сужения струи можно принимать в пределах  $0,3 \div 0,4$ ,  $V(Q)$  – объёмная (массовая производительность) транспортных машин непрерывного действия (т.е. количества груза, перемещаемое в единицу времени),  $F$  - площадь поперечного сечения груза на несущем органе, ( $\text{м}^2$ );  $\gamma$  – насыпная плотность транспортируемого груза, ( $\text{т}/\text{м}^3$ ). Для расчёта и выбора параметров транспортных машин удобнее пользоваться массовой производительностью. Для некоторых типов машин и устройств параметр  $F$  выражают через площадь поперечного сечения несущего органа  $F_0$  ( $\text{м}^2$ ) и так называемый коэффициент заполнения  $\psi$  этого сечения транспортируемым грузом, т.е.  $F = F_0 \psi$ . Поэтому массовая производительность может быть представлена так:

$$Q = 3600Fv\gamma\psi, \text{ т/ч.} \quad (32)$$

Коэффициент заполнения  $\psi$  в зависимости от типа машины и режима её работы может принимать следующие значения: для пластинчатого и скребкового питателя  $\psi \approx 0,9$ , для вибрационного  $\psi = 0,6 - 0,8$ .

Размеры верхней части принимающего бункера определяются габаритами (шириной и высотой) разгружаемого грузонесущего элемента транспортной машины (кузова, ковша, ленты), количеством одновременно разгружаемых транспортных машин и схемой размещения при разгрузке.

При применении ленточных конвейеров и крупнокусовой горной массе необходимо произвести выбор дробильного оборудования из условия достаточности их производительности, крупности в питании дробилки и требования на выходе.

## **7. Эксплуатационные расчеты транспортных машин**

### **7.1. Расчет транспортных средств**

Производится с целью определения эксплуатационных параметров выбранных типоразмеров транспортного оборудования, их количества, а также оценки пригодности транспортных средств и их параметров заданным условиям эксплуатации. Расчет следует начинать с определения сечения выработки в свету и обеспечения необходимых зазоров для размещения оборудования с учетом требований ПБ.

Далее определяются расчетные часовые грузопотоки, поступающие на каждое транспортное средство, с учетом неравномерности грузопотока во времени и места установки транспортного оборудования. На основе расчетных часовых грузопотоков из каталогов и справочной литературы выбираются типоразмеры транспортного оборудования, параметры которых определяются детальным эксплуатационным расчетом. Результаты расчета могут быть проведены на ЭВМ с использованием имеющихся на кафедре программ. На принимаемые справочные данные, показатели, нормативы и др. величины в тексте необходимо делать ссылки на используемую литературу.

В этом же разделе определяются вместимость и геометрические размеры бункеров, стрелочных переводов и разминок рельсового транспорта, уширение выработок для движения самоходных машин, размеры вспомогательных выработок и их сопряжений.

### **7.2. Эксплуатационный расчет транспортных машин**

Цель эксплуатационного расчета проверить пригодность параметров принятой транспортной машины заданным условиям эксплуатации.

Расчет подземных самоходных машин (ПСМ) и рельсового транспорта подразделяется на две части – тяговый, позволяющий проверить возможность применения выбранного типоразмера машины и эксплуатационный, определяющий необходимое число машин.

Расчет выполняется по методическим указаниям [1,3, 10, 15, 19, 20].

Высокая эффективность проходческих работ обеспечивается при вместимости грузонесущих узлов транспортных машин, равной объему разрыхленной горной массы за цикл проходки, применении перегружателя, устанавливаемого за погрузочной машиной (комбайном) и бункеров.

Количество необходимых для уборки горной массы вагонеток определяется по формуле:

$$n = V_n / (V_k \cdot k_k), \quad (33)$$

где  $V_k$  – объем горной массы за цикл проходки, м<sup>3</sup>.

Количество самоходных машин  $n_M$  :

$$n_M = n \cdot T_p / (60T_{см} \cdot k_u - t_{пз} - t_{лн}), \quad (34)$$

где  $T_p$  – длительность одного рейса машины, мин, определяется в результате расчета,  $t_{пз}$  – продолжительность подготовительных заключительных операций, принять 30 мин;  $t_{лн}$  – время перерывов на личные надобности, принять 10 мин.

При расчете самоходного транспорта максимальные скорости движения не должны превышать 20 км/ч. По согласованию с Госгортехнадзором на прямых участках длиной более 500 м допустимо назначать скорость до 40 км/ч. При выборе скорости движения необходимо учитывать состояние и качество покрытия дороги, безопасную длину тормозного пути, возможность перемещения по выработки людей и встречного транспорта. При расчетах можно принимать скорости движения машин по данным таблицы 12.

Далее выполняется расчет самоходного транспорта.

Таблица 12

## Рекомендуемые скорости движения самоходных машин

Характеристика выработки	Длина выработки, м	Скорость, км/ч
Основные выработки	До 500	12...20
	500...2000	20...30
	2000...4000	30...40
Доставочные		
по неровной почве	До 200	6...8
спланированной	-//-	5...15
Вспомогательные		
горизонтальные	До 100	10...20
наклонные	-//-	6

Далее выполняется расчет самоходного транспорта.

Для обеспечения бесперебойной работы погрузчика производительность перегружателя должна быть на 20 - 30% больше.

Количество вагонеток, размещаемых под стрелой перегружателя, определяется по формуле:  $n = l_k / l_{\sigma} + 1$ , где  $l_k$  - длина консоли перегружателя, м;  $l_{\sigma}$  - длина вагонетки по растянутой сцепке, м. Полученный результат необходимо округлить до меньшего целого числа. Далее выполняется расчет электровозной откатки.

Время заполнения бункера перегружателя должно быть больше времени рейса самоходной машины, чему соответствует условие:

$$G_{\sigma} \geq Q_T (2L / \mathcal{Q}_{cp} + t_{раз}), \quad (35)$$

где:  $G_{\sigma}$  - вместимость бункера, м<sup>3</sup>;  $Q_T$  - техническая производительность погрузочной машины (комбайна), м<sup>3</sup>/мин;  $\mathcal{Q}_{cp}$  - средняя скорость машины.

При недостаточной вместимости бункера необходимо ограничить длину транспортирования (перенести ближе к забою пункт перегрузки). Наибольшее расстояние от забоя до пункта перегрузки, м:

$$L = g_{cp} / 2(G_{\sigma} / Q_T - t_{раз}). \quad (36)$$

После выполнения расчетов вычерчиваются в масштабе несколько сечений выработки с установленным оборудованием и с указанием принятых зазоров.

Расчеты выполняются в соответствии с рекомендациями, приведенными в методических указаниях [15, 20].

### **7.3. Задачи эксплуатационного расчета ленточного конвейера**

Задачами эксплуатационного расчета являются:

- проверка производительности ленточного конвейера по вместимости ленты и крупности куска груза;
- определения усилий, действующих в характеристических точках ленты и построение диаграммы натяжения ленты;
- проверка ленты на прочность;
- проверка отсутствия проскальзывания ленты на приводном барабане конвейера;
- проверка на условие допустимого провисания загруженной ленты в зоне с наименьшим натяжением;
- определение усилия, создаваемого натяжным устройством;
- определение требуемой мощности двигателей и выбор схемы их расстановки.

#### **Методические рекомендации**

К расчёту следует приступить после выбора размещения перегрузочного пункта и его оборудования (схемы, выбора дробилки, грохотов и перегружателей).

Примеры схем погрузочно- и перегрузочных пунктов и рекомендации по расчету их параметров приведены в учебной литературе.

На чертежах предусмотреть зоны технологического отвода и ниши для размещения приводных и натяжных станций.

#### 7.4. Задачи эксплуатационного расчета скребкового конвейера

Задачами эксплуатационного расчета являются:

- проверка производительности конвейера по вместимости рештачного става (его ширины и высоты) и крупности куска груза;
- определения усилий, действующих в характеристических точках на схеме конвейера;
- проверка цепи на прочность;
- проверка отсутствия провисания цепи на сбегающей ветви конвейера;
- определение требуемой мощности двигателей и выбор схемы их расстановки.

**Особенности эксплуатационного расчета скребкового конвейера (по сравнению с расчётом ленточного конвейера).** Предварительное натяжение в точке сбегающей цепи с привода принимают из условия нормального зацепления цепи зубьями звездочки в интервале 3..5 кН.

Эксплуатационный расчет скребкового конвейера ведут для установившегося режима его работы. Тяговое усилие, необходимое для проверки тяговых цепей на прочность и определения мощности двигателя, принимают равным сумме статических сопротивлений  $F = \sum W_{ст}$ , которые определяют расчетом.

Динамические сопротивления, ввиду сложности их расчета, учитывают при прочностном расчете цепей повышением допускаемого коэффициента запаса их прочности  $[m]$ , принимаемого равным шести  $[m] = 6$ . Расчет сопротивлений ведут в соответствии с общей методикой расчета конвейеров с гибким тяговым органом [1, 14].

Распределенные сопротивления на прямолинейных участках грузовой и порожней ветви конвейера определяют расчетом. При определении сопротивления, возникающего от трения цепи со скребками по желобу рештачного става, принимают «чистый» коэффициент трения  $f$ . При определении такого же сопротивления для груза, с характерным для него сложным характером перемещения, используют приведенное значение коэффициента трения – коэффициент сопротивления движению  $w$ . Массу одного метра цепи или цепей со

скребками  $q_0$ , кг/м (линейные массы) и разрывное усилие цепи принимают из технических характеристиках конвейера.

Для скребковых перегружателей произвести проверку по достаточности разрывного усилия цепи и мощности установленного двигателя.

### **7.5. Задачи эксплуатационного расчета рельсового транспорта**

#### ***Тяговый расчет:***

- определение весовой нормы поезда.
- выполнение проверок по условиям торможения и перегрузки тяговых двигателей на нагрев;
- определение скорости и времени движения по элементам трассы.
  - определение параметров контактной сети.
  - определение расхода энергии (дизельного топлива) на транспортирование.

#### ***Эксплуатационный расчет:***

- определений продолжительности рейса;
- определение производительности локомотива-состава;
- определение рабочего и инвентарного парков локомотивов и вагонов;
- определение пропускной и провозной способности.

#### **Методические рекомендации**

Определение скоростей движения производить по тяговой характеристике двигателя локомотива для каждого участка маршрута, а допустимые скорости проверять по длине допустимого тормозного пути.

Для размещения порожних вагонеток предусмотреть разминовки, длина которых определяется по инженерным соображениям размещения вагонеток (партий вагонеток) и ниши для прохода людей [21].

Размер рельсовой колеи принять такую же, как применяемую на шахте или по указаниям [1, 19].

#### **7.6. Задачи эксплуатационного расчета подземных самоходных машин (пневмоколёсного транспорта)**

##### ***Тяговый расчет:***

- определение силы тяги, развиваемой машиной на руководящем уклоне;
- определение сил сопротивления движению;
- определение скоростей движения;
- определение времени движения машины на различных участках пути;
- определение тормозного пути;
- определение расхода топлива;
- определение безопасных скоростей движения.

##### ***Эксплуатационный расчет:***

- определений продолжительности рейса;
- определение производительности машины;
- определение рабочего и инвентарного парков машин;
- определение пропускной и провозной способности.

#### **Методические рекомендации**

Определение скоростей движения производить по тяговой характеристике машины для каждого участка маршрута, а допустимый диапазон скоростей при торможении по тормозной характеристике для наилучших условий движения (автосамосвал движется под уклон).

Допустимую скорость движения машины на повороте проверяют для наименьших радиусов (по плану трассы), но не менее двух конструктивных радиусов поворота для применяемой модели автосамосвала. Для разминки ПСМ и прохода людей предусмотреть ниши [21].

### **7.7. Задачи эксплуатационного расчета гидротранспорта в технологиях гидромеханизации**

1. Выбор схемы гидротранспорта: напорная (с работой насоса по чистой воде или по гидросмеси) или самотечная.
2. Ориентировочный выбор трубопровода (параметров жёлоба).
3. Выбор гранулометрического состава транспортируемого груза и определение или назначение концентрации гидросмеси.
4. Вычерчивание схемы гидротранспорта.
5. Определение перекачиваемых объёмов гидросмесей.
6. Расчёт производительности землесосного снаряда (насоса, драги).
7. Выбор диаметра трубопровода (параметров жёлоба).
8. Определение критической и действительной скорости.
9. Определение потерь напора при движении гидросмеси и во всасывающем трубопроводе и в системе.
10. Определение напора и расхода.
11. Выбор насоса и двигателя, их количества и расположения перекачивающих станций.

#### **Методические рекомендации**

Применение гидротранспорта в рассматриваемых схемах возможно для проведения выработок механизированными комплексами (Приложение 4 Рис. 15), закладки выработанного пространства и подачи строительных смесей для обделки выработок. При расчетах использовать методики Горного института [22] или Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники (ВНИИГ) им. Б.Е.Веденеева [23].

## **8. Требования к оформлению**

К защите допускаются проекты, которые выполнены в соответствии с заданием, в необходимом объёме, в установленный срок и соответствуют требованиям ЕСКД.

### **8.1. Графическая часть**

Графическая часть проекта представляется не менее 2-х листов ватмана формата А1 и включает изображение спроектированной студентом транспортной схемы технологического участка и несколько основных сечений выработок (обычно достаточно 2-3).

Транспортная схема представляет графическое формализованное изображение последовательно установленного транспортного оборудования, выполненное в условных изображениях. На схеме и в сопровождаемых ее пояснениях указываются тип, основные параметры и расположение горного и транспортного оборудования, перегрузочных пунктов, конечных станций, характеристики транспортных путей (дорог, трас, маршрутов), длина, уклоны, направления и размеры грузопотоков.

Схема должна иметь фронтальный вид (сечение вертикальной плоскостью проводимой выработки) и вид в плане.

На вычерчиваемых сечениях выработок указываются габариты устанавливаемого оборудования и зазоры между ним и стенками (крепью) выработки, конструкция рельсового пути и автодорог, размещение необходимых для проходческих работ инженерных коммуникаций (электро- и водоснабжение, перемещения рабочих, систем вентиляции и подвода сжатого воздуха и др.).

На других чертежах общего вида должна быть приведены в виде технологических карт (схем) основные технологические операции погрузки, разгрузки и разминовки транспортных машин, размещения в карьере выбранного оборудования, сечений транспортных дорог.

Спецификация к чертежам составляется только по указанию руководителя и оформляется на отдельных листах. Листы спецификации должны быть подшиты к пояснительной записке после ее основного текста.

Масштаб чертежей должен быть подобран так, чтобы поле чертежа было использовано с достаточной полнотой (чертеж должен занимать не менее 70% поля), а проекции схем позволяли получить представление о принятом конструктивном решении. Если масштаб чертежа не позволяет получить достаточно четкое изображение принятых технических (конструктивных) решений, то они должны быть изображены в другом масштабе на свободных участках чертежа.

## **8.2. Пояснительная записка**

Правила составления и оформления пояснительной записки изложены в ГОСТ 7.32–2001 и других нормативных документах [12].

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Каждый лист заполняется только с одной стороны.

По окончании оформления записки все листы сшиваются в тетрадь. Записка должна включать титульный лист, задание на проектирование, аннотацию на русском и иностранном языках, содержание, введение, цель работы, принятые исходные данные, общую часть с эксплуатационными расчетами и обоснованием выбора оборудования, сетевого графика ведения работ за цикл (смену) и на весь период строительства, заключения, список использованных источников и приложения.

Пояснительная записка к графической части задания должно соответствовать требованиям самостоятельных работ и предъявляется на проверку в распечатанном виде.

На титульном листе указываются кафедра, наименование курсового проекта, фамилия автора, шифр группы, фамилия и звание руководителя проекта. Он подписывается автором, руководителем проектирования и заведующим кафедрой.

В пояснительной записке приводятся исходные данные для проектирования, анализ существующей транспортной системы и обоснование выбора вида транспорта и типоразмеров машин, цель проекта, технические характеристики принятых к расчету горных машин, обоснования принятых технических решений, расчеты, подтверждающие эти решения и заключение.

Однотипные расчеты после проведения в пояснительной записке первого из них допускается дать в виде таблиц.

Принимаемые решения и исходные расчетные данные должны быть достаточно полно мотивированы, а принятые справочные данные должны сопровождаться ссылками на источники.

Текстовая часть пояснительной записки должна быть краткой и свободной от повторения.

Формулы дают сначала в общем, виде с расшифровкой буквенных обозначений, затем в формулы подставляются цифровые значения расчетных величин, приводят конечный цифровой результат с указанием единиц измерения.

**Содержание пояснительной записки.** Современное состояние предприятия с описанием техники и применяемой технологии ведения проходческих и строительных работ и параметрами рабочей зоны, а также технологические схемы их ведения:

- технологическая схема транспорта;
- применяемое оборудование на буровых работах, взрывных работах, вспомогательных работах, транспортных, погрузочных работах
- пример расчетов для буровых и взрывных работ по участку;
- пример расчетов по погрузочным работам для отдельного забоя;
- организация работы предприятия (режим работы, организация ремонтных и монтажных работ, доставка людей, организация отгрузки руды).

Пояснительная записка к графической части задания предъявляется на проверку в распечатанном виде. соответствовать требованиям самостоятельных работ.

Записка должна включать следующие разделы:

**1. Исходные данные.** В разделе должны быть представлены исходные данные для проектирования, типы и параметры установленного оборудования, показатель напряженности массива, тип крепи, геометрические размеры выработки и другие данные, необходимые для обоснования выбора типоразмеров машин и обеспечения

выполнения производственного задания. Сформулирована цель проекта.

## **2. Обоснование схемы транспорта и выбор оборудования.**

Обоснование схемы транспорта и выбор типов горного, транспортного, грузоподъемного, вспомогательного и другого оборудования осуществляются студентом на основе данных нормативных документов и технической литературы, рекомендаций, изложенных в настоящих методических указаниях. Выбранное оборудование должно эффективно применяться в проектируемой схеме, обеспечивать максимальную производительность и соответствовать принципам организации скоростного проведения выработок. Предпочтение следует отдавать машинам, имеющим минимальные размеры, стоимость и эксплуатационные затраты. В разделе даются пояснения к выполняемым технологическим операциям и обоснование использования выбранного оборудования.

**3. Заключение.** Представляет сведенные в таблицу типоразмеры принятых горных, транспортных, стационарных, грузоподъемных и других машин и краткие их характеристики, являющиеся результатом эксплуатационного расчета. Пояснительная записка завершается списком используемой литературы и технической документации.

В заключении подтверждается достижение поставленной цели и выводы с результатами работы: сведения о принятом в проекте оборудовании и сравнение его количества с применяющимся на предприятии (для тем 1, 3 и 5); полученными данными для технико-экономического или выполнения оптимизационного расчета; выводов о сравнении полученного количества машин с фактическим (в виде таблицы «Факт – Проект»); итоговой формулировкой преимуществ предложенных в проекте решений и др.

**4. Библиографический список.** В библиографический список включают только те источники, на которые сделана ссылка в тексте пояснительной записки. При ссылке на литературу указывается порядковый номер, под которым данный источник значится в списке используемой литературы. После порядкового номера следует указать фамилии и инициалы авторов, название книги или статьи (с указанием, в каком журнале или сборнике опубликована статья),

место, издательство и год издания, а также номера страниц, на которых изложен материал.

## Библиографический список

1. *Васильев К.А.* Транспортные машины и оборудование шахт и рудников: Учебное пособие / К.А. Васильев, А.К. Николаев, К.Г. Сазонов. СПб.: Издательство «Лань», 2012. 544 с.
2. Транспортная логистика: Учеб. Пособие / С.Е. Гавришев, Е.П. Дудкин, С.Н. Корнилов, А.Н. Рахмангулов, С.В. Трофимов. СПб.: ПГУПС, 2003. 279 с.
3. *Галкин В.И.* Транспортные машины, Учебник для Вузов / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. М.: Изд. «Горная книга», МГГУ, 2010. 588 с.
4. *Коптев В.Ю.* Горные машины и оборудование / Проектирование схемы транспорта при проведении горных выработок и строительстве подземных сооружений. СПб, РИЦ СПГИ(ТУ), 2003. 45 с.
5. *Коптев В.Ю.* Обоснование выбора транспортных машин горных предприятий. Каталог-справочник «Горная техника», Изд. дом «Славутич», 2012. 61с.
6. *Коптев В.Ю.* Строительные машины. Выбор и расчет строительных машин: Методические указания к расчетно-графическим работам/Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: В.Ю. Коптев, С.Л. Сержан. СПб, 2018. 45 с.
7. *Коптев В.Ю.* Транспортная логистика горных предприятий: учебное пособие / В.Ю. Коптев, А. В. Коптева. - Санкт-Петербург: Лема, 2017. 108 с.
8. *Лукьянов В.Г.* Горные машины и проведение горно-разведочных выработок: учебник для среднего профессионального образования / В. Г. Лукьянов, В. Г. Крец. - 2-е изд. - Москва: Издательство Юрайт, 2018. 342 с.
9. Рациональные параметры поддерживающей крепи горизонтальных выработок / А.В. Матвеев, Ю.Н. Луговской, В.И. Очкуров, А.Б. Максимов. Записки горного института. СПГИ(ТУ), СПб, 2006 г. Т 168. С. 191-195.
10. *Очкуров В.И.* Буровзрывная технология проведения горизонтальных выработок. Процесс уборка породы: Учеб. пособие / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. 70 с.
11. *Огородников Ю.Н.* Проектирование крепи из железобетонных штанг, сетки и набрызгбетона по аналогам. Устойчивость и крепление горных выработок. ЛГИ, 1988. С. 18-26.
12. *Онушкина И.О.* Правила оформления курсовых и квалификационных работ: Методические указания / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: И.О. Онушкина, П.Г. Талалай, СПб.: 2016. 58 с.
13. *Протосеня А.Г.* Шахтное и подземное строительство в примерах и задачах: Учеб. пособие [Текст] / А.Г. Протосеня, И.Е. Долгий, Ю.Н. Огородников, В.И. Очкуров. – СПб: Санкт-Петербургский горный институт, 2001. 306 с.
14. *Тарасов Ю.Д.* Горно-транспортные машины непрерывного действия: Учеб. пособие / СПГГУ. СПб, 2010. 85 с.

15. *Тарасов Ю.Д.* Горно-транспортные машины периодического действия: Учеб. пособие / Ю.Д. Тарасов, В.Ю. Коптев. - Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2012. 132 с.
16. *Тарасов Ю.Д.* Грузоподъемные машины и механизмы. СПб.: СПГИ, 1995. 86с.
17. *Тимофеев О.В.*, Крепление горных выработок / Ю.Д. Тарасов, Д.Н. Петров, СПГГУ. СПб, 2010. 55 с.
19. *Фомин В.А.* Расчет электровозной откатки: Методические указания к специальной части курсового и дипломного проектов и выполнения контрольных работ. / Фомин В.А., Сергеев О.И., Ленинградский горный институт. 1992. 35 с.
20. *Фомин В.А.* Самоходный транспорт для подземных горных работ: Учебное пособие/ А.А. Кулешов, В.А. Фомин, СПГИ. СПб, 1999. 102 с.
21. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" (от 11 декабря 2013 года N 599)
22. *Юфин А.П.* Гидромеханизация. М., Стройиздат, 1965, 496 с.
23. *Ялтанец И.М.* «Проектирование открытых гидромеханизированных и дражных разработок месторождений» М., 2003г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Темы курсового проекта	5
2. Подготовка исходных данных	7
3. Последовательность выполнения работы	10
4. Выбор типоразмеров транспортных машин	31
4.1. Выбор типоразмера ленточного конвейера	31
4.2. Выбор типоразмеров подвижного состава рельсового транспорта	33
5. Строительство сооружений на земной поверхности	33
6. Рекомендации по работе над проектом	36
7. Эксплуатационные расчеты транспортных машин	44
7.1. Расчет транспортных средств	44
7.2. Эксплуатационный расчет транспортных машин	44
7.3. Задачи эксплуатационного расчета ленточного конвейера	47
7.4. Задачи эксплуатационного расчета скребкового конвейера	48
7.5. Задачи эксплуатационного расчета рельсового транспорта	49
7.6. Задачи эксплуатационного расчета подземных самоходных машин (пневмоколёсного транспорта)	50
7.7. Задачи эксплуатационного расчета гидротранспорта в технологиях гидромеханизации	51
8. Требования к оформлению	52
8.1. Графическая часть	52
8.2. Пояснительная записка	53
Библиографический список	56
Приложения	59

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Схемы проведения горизонтальных выработок буровзрывным способом

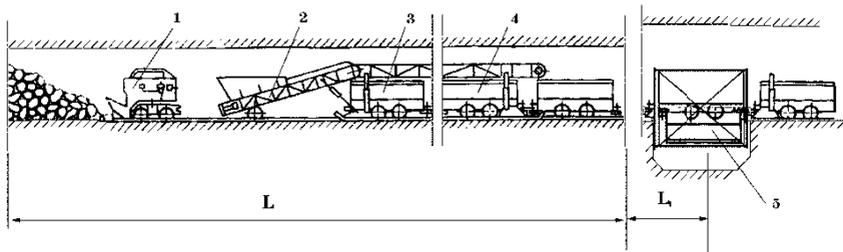


Рис. 1. Схема проведения выработки буровзрывным способом с погрузкой горной массы ковшовой погрузочной машиной в вагонетки: 1 – ковшовая погрузочная машина типа ППН; 2 – ленточный перегружатель; 3 – вагонетка с глухим кузовом; 4 – электровоз; 5 – опрокидыватель вагонеток

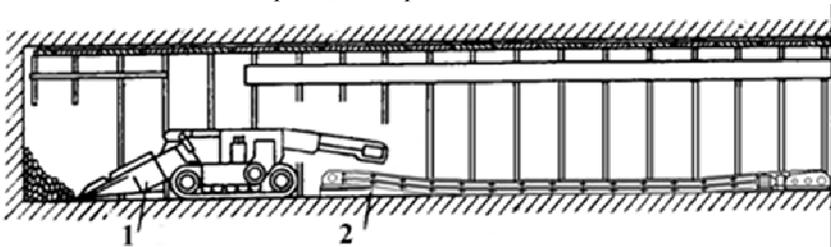


Рис. 2. Схема проведения выработки буровзрывным способом погрузочной машиной непрерывного действия и скребковым конвейером: 1 – погрузочная машина типа ПНБ; 2 – скребковый конвейер

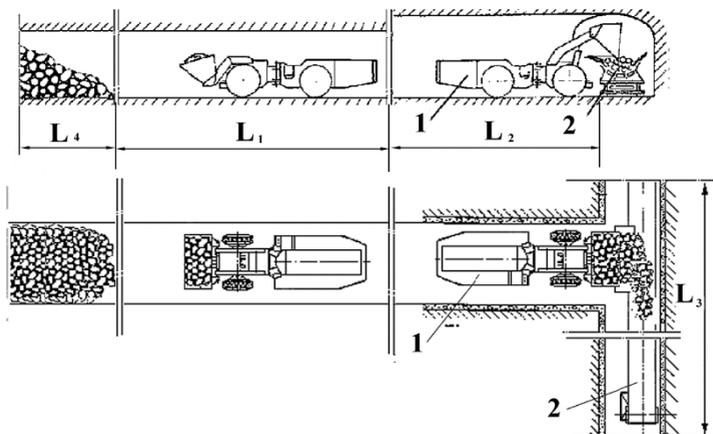


Рис. 3. Схема проведения выработки буровзрывным способом с применением погрузочно-доставочной машины: 1 – погрузочно-доставочная машина типа ПД; 2 – ленточный конвейер

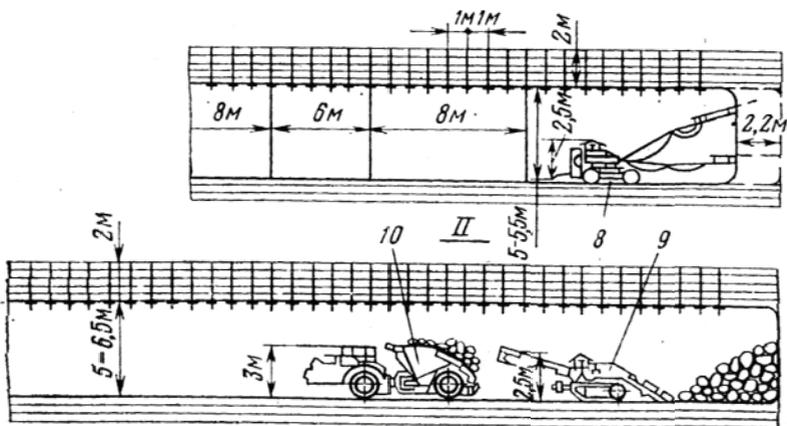


Рис. 4. Схема проведения выработки буровзрывным способом с погрузочной машиной непрерывного действия с погрузкой породы в подземный автосамосвал: 8 – бурильная установка, 9 - погрузочная машина типа ПНБ, 10 – подземный автосамосвал

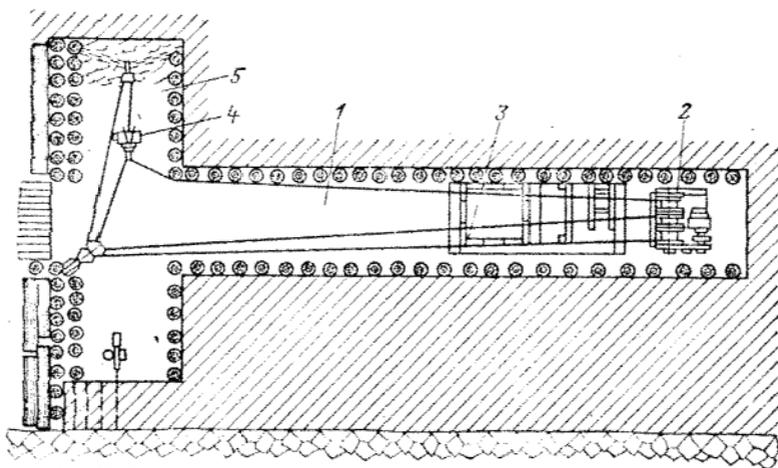


Рис. 5. Схема проведения пересекающихся выработок буровзрывным способом со скреперной доставкой к рудоспуску: 1 – рассечка, 2 – трех барабанная скреперная лебёдка, 3 – устье рудоспуска, 4 – скрепер, 5 – выработка в проходке

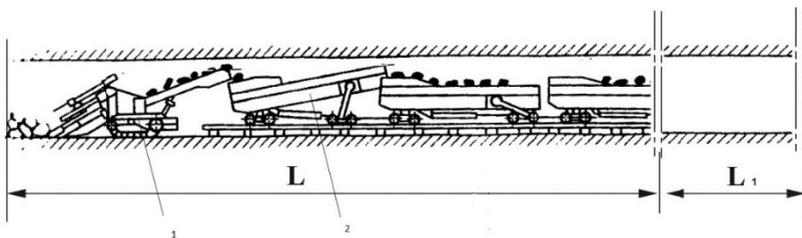


Рис. 6. Схема проведения выработки буровзрывным способом с погрузочной машиной непрерывного действия с погрузкой породы в проходческие вагоны: 1 – погрузочная машина типа ПНБ, 2 – загружаемый проходческий вагон

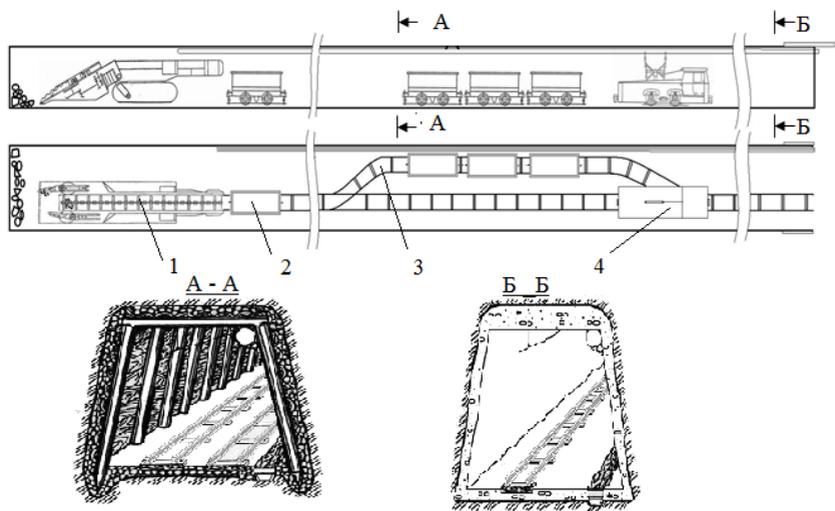


Рис. 7. Схема проведения выработки буровзрывным способом с погрузочной машиной непрерывного действия с погрузкой породы в одиночные вагонетки, подаваемые с разминовки: 1 – погрузочная машина типа ПНБ, 2 – загружаемая вагонетка, 3 – разминовка, 4 – контактный электровоз

## Приложение 2

### Схемы проведения проходческим комбайном горизонтальных выработок

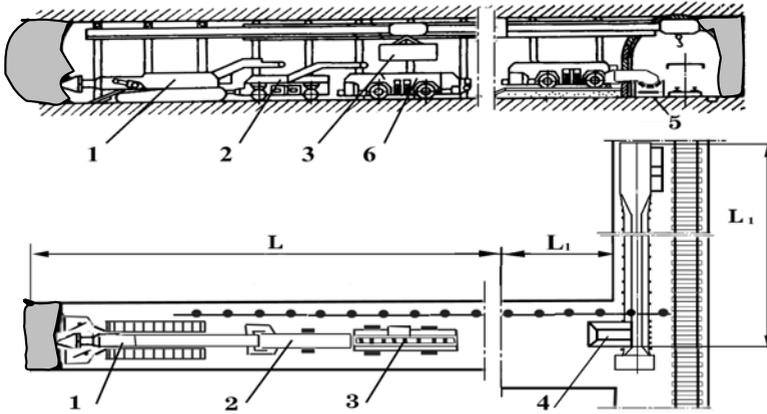


Рис. 8. Схема проведения выработки комбайном с использованием самоходного транспорта: 1 – проходческий комбайн избирательного действия со стреловым исполнительным органом, 2 – бункер перегружатель, 3 – тележка монорельсовой дороги, 4 – перегрузочный пункт, 5 – ленточный конвейер, 6 – самоходный вагон

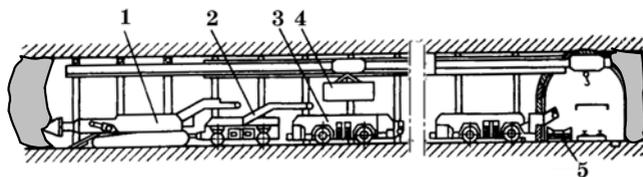


Рис. 9. Схема проведения выработки комбайном с использованием самоходного транспорта: 1 – проходческий комбайн избирательного действия со стреловым исполнительным органом, 2 – бункер перегружатель, 3 – самоходный вагон, 4 – тележка монорельсовой дороги, 5- скребковый конвейер

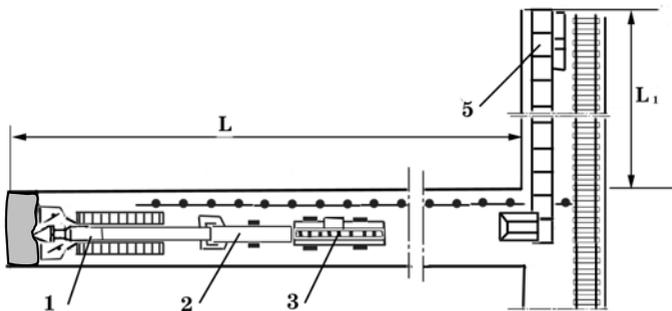


Рис. 10. Схема проведения выработки комбайном с погрузкой породы в вагонетки перегружателем: 1 – проходческий комбайн избирательного действия со стреловым исполнительным органом, 2 – ленточный перегружатель, 3 – вагонетка, 4 – электро-воз

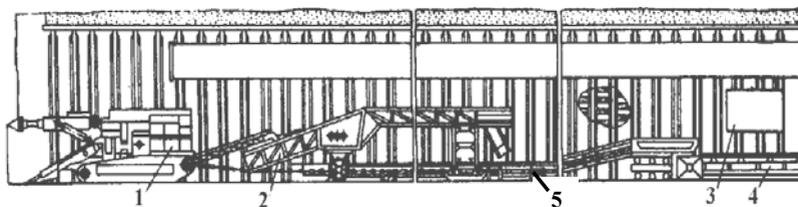


Рис. 11. Схема проведения выработки комбайном с погрузкой на конвейерный транспорт: 1 – проходческий комбайн избирательного действия со стреловым исполнительным органом, 2 – ленточный перегружатель, 3 – тележка монорельсовой дороги, 4 – ленточный конвейер, 5- скребковый конвейер

## Приложение 3

### Схемы проведения наклонных и восстающих выработок буровзрывным способом

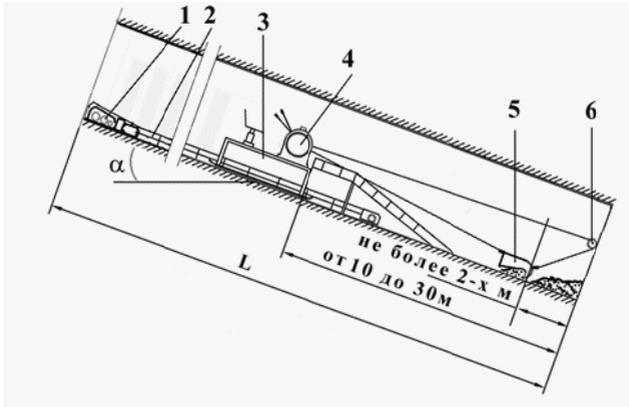


Рис. 11. Схема проведения наклонной выработки буровзрывным способом со скреперным погрузочным комплексом типа МПДК-4 с погрузкой горной массы на скрепковый конвейер: 1 – привод конвейера; 2 – решетчатый став; 3 – погрузочный полук ; 4 – скреперная лебедка; 5 – скрепер гребкового типа; 6 – концевой блок

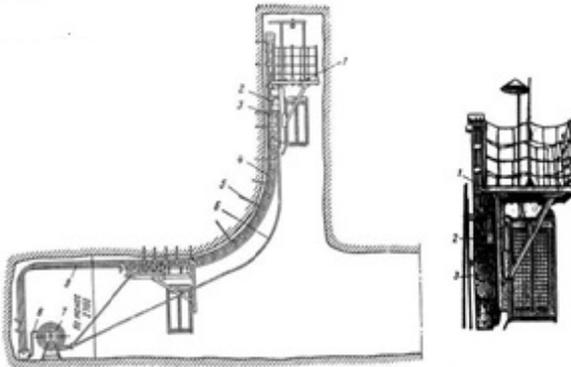


Рис. 12. Комплекс КПВ и погрузка породы погрузочной машиной или ПДМ

## Приложение 4

### Схемы проведения выработок проходческим щитом и МПТК

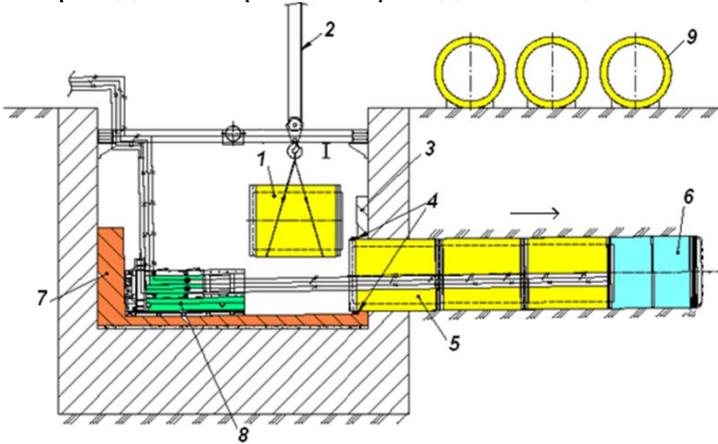


Рис. 13. Стартовый котлован МПТК с гидротранспортом породы

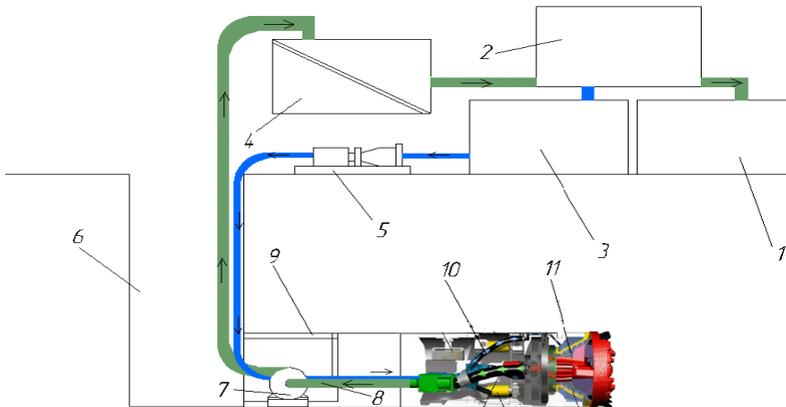


Рис. 14. Схема проведения туннеля МПТК с выдачей породы не поверхность гидротранспортом: 1– бункер для обезвоженной породы; 2 – Сепаратор - разделитель; 3 – Резервуар очищенного глинистого раствора; 4 – приёмный резервуар с виброситом; 5 – насос для подачи глинистого раствора; 6 – стартовый котлован; 7 – землесос; 6 – пульповод; 9 – обделка туннеля; 10- нагнетательный трубопровод раствора; 11 – дробильная камера (забой)

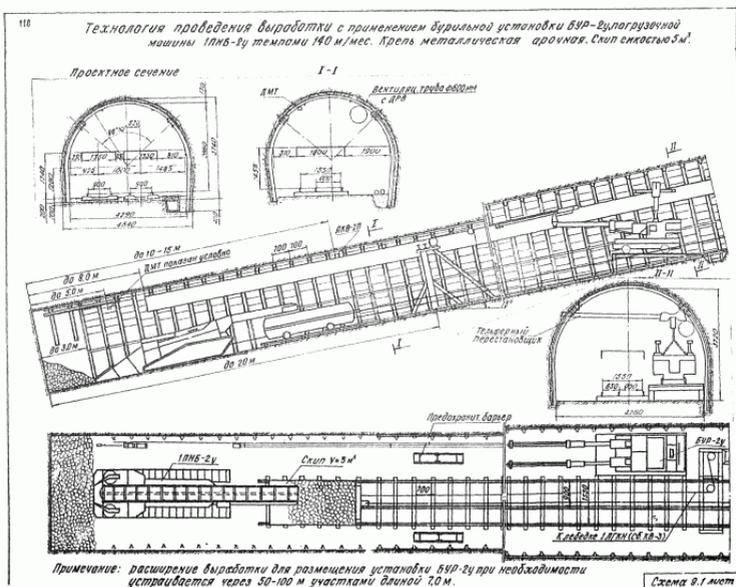


Рис. 15. МПТК Скипом

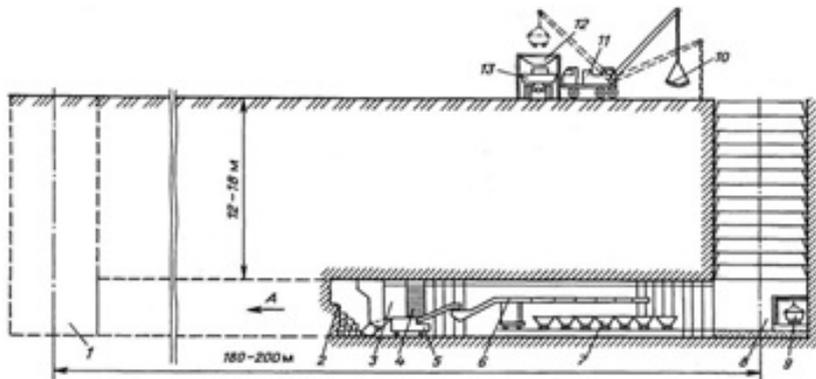


Рис. 16 Проведение тоннеля с проходческим щитом: 1- демонтажная камера; 2 – забой тоннеля; 3 – проходческий щит; 4 – бетоноукладчик; 5 – погрузчик; 6 – конвейерный перегружатель; 7 – состав вагонеток со съёмными кузовами; 8 – монтажная камера; 9 – загруженная вагонетка; 10 – блок обделки перед спуском; 11 – автомобильный стреловой кран; 12 – породный бункер; 13 – автосамосвал

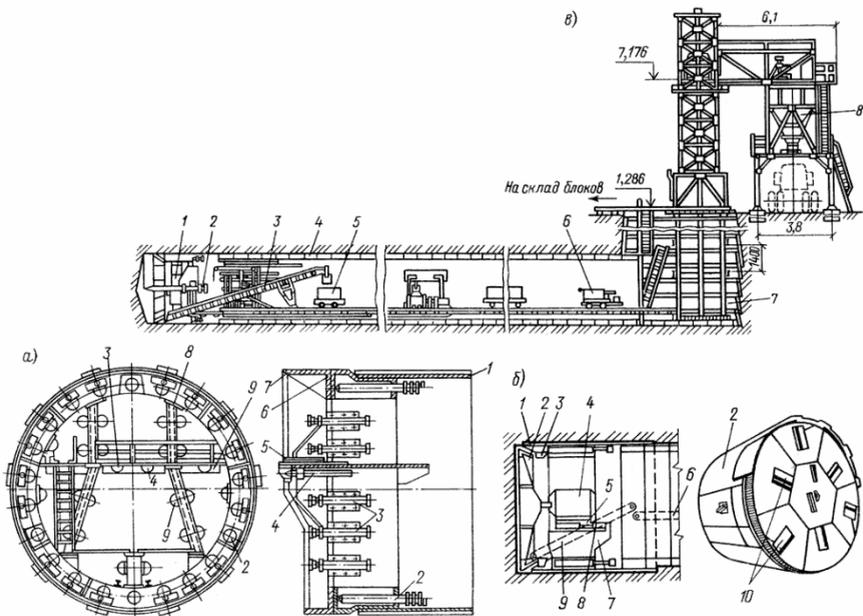


Рис. 17. МПК с ленточным конвейером и вагонетками

## Приложение 5

### Схемы проведения выработок тоннелей с большой площадью поперечного сечения

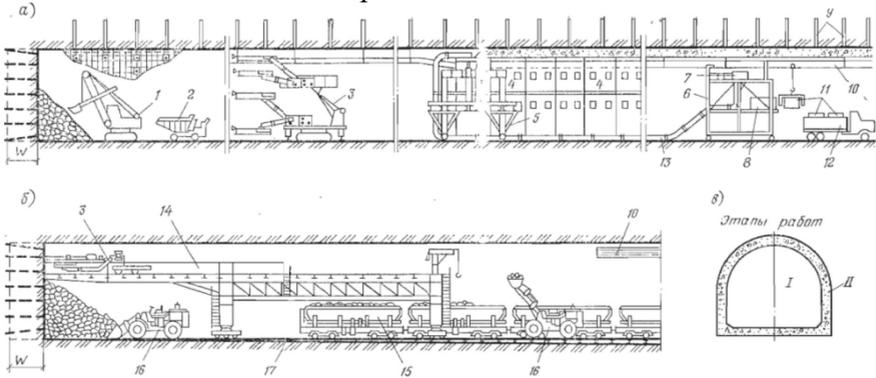


Рис. 18. С одним -уступом

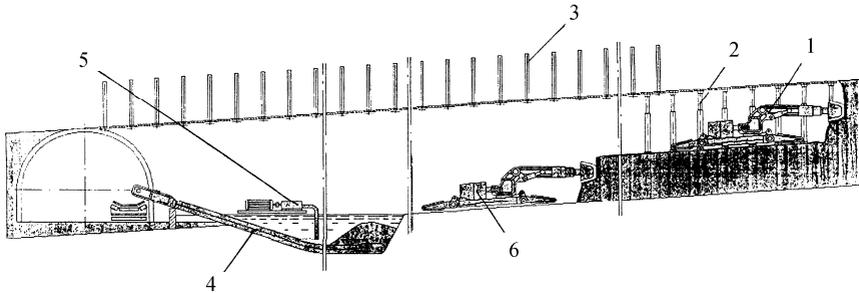


Рис. 19. С двумя уступами

## Приложение 6

### Схемы разработки котлована

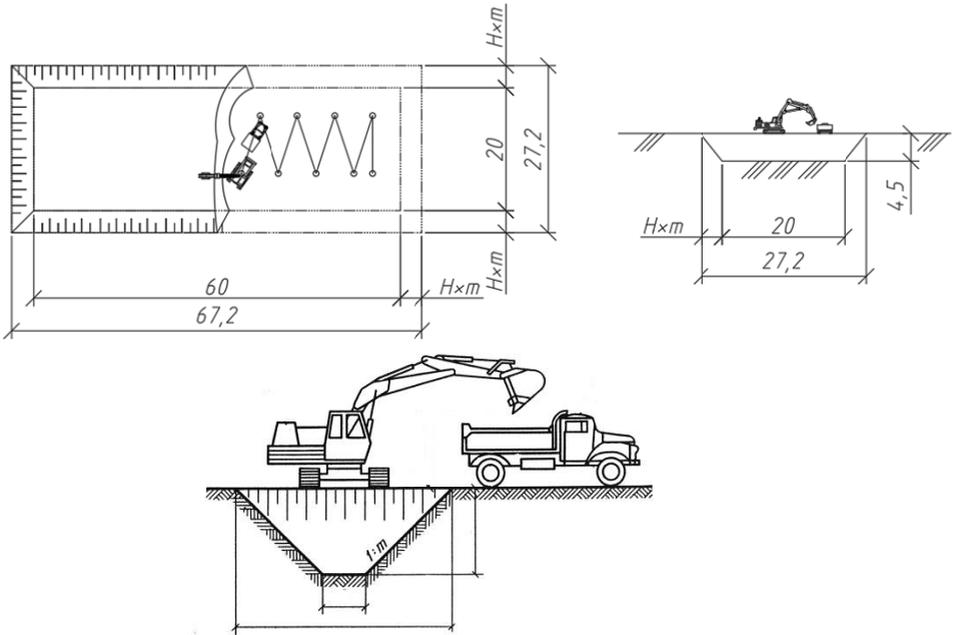


Рис. 21. Работа экскаватора на поверхности

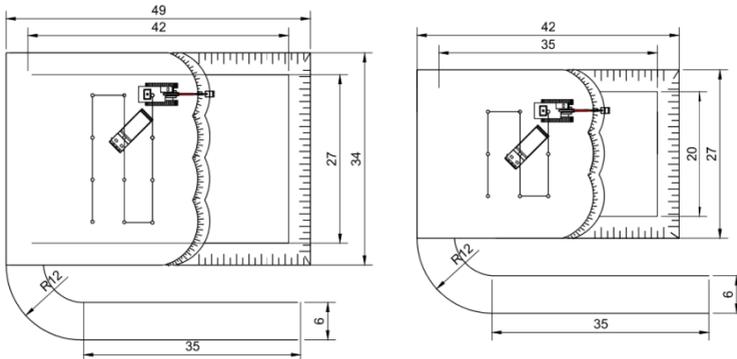


Рис. 22. Работа экскаватора в котловане

## Приложение 7

Таблица 1

### Основные размеры сечений выработок трапециевидной формы

Обозначение сечения	Параметры сечения (обозначения см. рис.1 а)			Площадь сечения выработки, (S), м <sup>2</sup>
	B <sub>1</sub> , мм	B, мм	h, мм	
T – 2,0	900	1320	1850	2,0
T – 3,0	1360	1800	1850	3,0
T – 4,8	1750	2300	2360	4,8
T – 5,3	1750	2360	2580	5,3
T – 6,1	1900	2580	2720	6,1
T – 7,0	2180	2800	2800	7,0
T – 7,5	2240	2900	2900	7,5
T – 8,4	3280	3870	2360	8,4
T – 9,8	3450	4120	2580	9,8
T – 11,0	3750	4370	2720	11,0
T – 12,6	4150	4870	2800	12,6
T – 13,6	4370	5000	2900	13,6

Таблица 2

**Размеры сечений выработок прямоугольно-сводчатой формы**

Обозначение сечения	Параметры сечения (обозначения см. рис.1б)					Площадь сечения выработки (S), м <sup>2</sup>
	b <sub>2</sub> , мм	h <sub>c</sub> , мм	h, мм	R <sub>2</sub> , мм	r, мм	
ПС – 2,0	1120	1480	1850	770	290	2,0
ПС – 2,7	1550	1320	1850	1070	410	2,7
ПС – 4,2	1850	1800	2420	1280	490	4,2
ПС – 4,5	1950	1800	2520	1350	510	4,5
ПС – 5,4	2180	1900	2700	1510	570	5,4
ПС – 6,4	2360	2000	2800	1630	620	6,4
ПС – 6,8	2500	2070	2900	1730	650	6,8
ПС – 8,3	3450	1800	2650	3120	590	8,3
ПС – 8,7	3600	1800	2690	3250	620	8,7
ПС – 10,0	4000	1800	2800	3620	690	10,0
ПС – 11,6	4500	1800	2930	4070	780	11,6
ПС – 12,1	4620	1800	2960	4180	800	12,1

Таблица 3

**Некоторые размеры сечений выработок арочной формы**

Значения параметров, мм (см. рис. 1 в)						
B	R	r	h	h <sub>1</sub>	α, градус	примечание
3800	1600	1930	3060 (3430, 3630, 3830)	1800	77	Для однопутных штреков
5140	1960	2560	3540 (3960, 4160, 4360)	1800 (2000)	98	Для двухпутных выработок и выработок с рельсовым и конвейерным транспортом

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ  
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

*Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *В.Ю. Контев, М.А. Васильева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
транспортно-технологических процессов и машин

Ответственный за выпуск *В.Ю. Контев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 25.01.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 4,4. Усл.кр.-отт. 4,4. Уч.-изд.л. 4,0. Тираж 75 экз. Заказ 42.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2