

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

**«ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

направление

«ГОРНЫЕ ДЕЛА»

Ташкент -2018

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

**«ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

**Разработали: доц. Ю.Э.Петросов
асс. Ф.Т.Худойбердиев**

Ташкент -2018

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № _____ от _____ 2018 года.

Разработали: доц. Ю.Э.Петросов - к.т.н. доцент кафедры, «Горное дело » ТГТУ,

Ф.Т.Худойбердиев- асс.кафедры«Геотехнология угольных и пластовых месторождений » ТГТУ,

Рецензент: У.Ф. Носиров-д.т.н.профессор декан факультета «Инженерной геологии и горного дела » ТГТУ

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к изданию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № _____ от _____ 2018 года).

Содержание

I. Рабочая программа.....	5
II. Интерактивные методы обучения, используемые в модуле.....	11
III. Теоретические материалы.....	15
IV. Материалы практических занятий.....	70
V. Банк кейсов.....	101
VI. Темы для самостоятельного обучения.....	105
VII. Глоссарий.....	106
VIII. Список литературы.....	108

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ВВЕДЕНИЕ

Программа составлена на основе указа ПФ-4732 от 12 июня 2015 года Президентом Республики Узбекистан «О мерах улучшения системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших учебных заведений», цель которой является улучшение, переподготовка и суть процесса повышения квалификации на основе современных требований, а так же поставленная задача регулярно повышать профессиональную компетентность педагогических кадров высших учебных заведений.

Рабочая программа включает в себя изучение теоритических и практических основ перспективных направлений разработки месторождений полезных ископаемых, средства, методы, структуру и организацию проведения занятий по данному модулю исходя из горно-геологических и горно-технических факторов. Планирован и решение задач по разработке месторождений полезных ископаемых с учетом мировой практики.

Цель и задачи модуля

Цель и задачи модуля состоит в изучении процесса разработки месторождений полезных ископаемых с учетом зарубежного и отечественного передового опыта, обновлении необходимых знаний и требований специальности, обеспечении педагогической компетентности, мастерства педагогов соответствии с учебными планами и программами дисциплин при разработке месторождений полезных ископаемых.

Требования, предъявляемые к знаниям, умениям навыкам и компетенциям по модулю

Слушатель, в пределах задач модуля «Процессы открытой разработки месторождений полезных ископаемых» должен:

знать:

- сущность основных понятий и результатов разработки месторождений полезных ископаемых;
- основные формулировки понятий и результатов разработки месторождений полезных ископаемых;
- основные параметры рудника;
- основные параметры вскрытия;
- характеристику запасов полезных ископаемых;
- технологию открытой разработки пластовых месторождений;
- процессы открытых горных работ;

уметь и владеть навыками:

- уметь вести расчеты показателей потерь и разубоживания руды при добыче полезного ископаемого;
- вести расчеты скважинной отбойки руды при добыче полезного ископаемого;

- графически изображать расположение скважин в взрываемом блоке;
- определять удельный расход взрывчатого вещества;
- составлять паспорта БВР как при проходке горных выработок так и при добыче полезного ископаемого;
- вести расчеты зарядов выброса, рыхления и камуфлетных зарядов;
- составлять расчета электровзрывных сетей.

обладать компетенциями:

- анализировать полученные результаты при решении разных задач;
- использовать и применять на практике компьютерных и коммуникационных технологий;
- создавать показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий их применения на практике;
- создавать и использовать электронной учебно-методической базы по данному модулю.
- самостоятельно использовать теоретические и практические знания для решения конкретных проблем при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Рекомендации по проведению и организации модуля

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

- лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;
- практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов (кейс-стади, «Т-схема», «Мозговой штурм» и др.).

Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями

Содержание модуля непосредственно связано с другими блоками учебного плана и служит для решения вопросов внедрения в педагогическую деятельность проблематики и задач отрасли подземной разработки месторождений полезных ископаемых, а также служит для объединения учебного процесса и производства путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли.

Роль модуля в системе высшего образования

Происходящие коренные изменения в системе образования, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля “Процессы открытой разработки месторождений полезных ископаемых” в системе высшего образования.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения дисциплин направления модуля “Процессы открытой разработки месторождений полезных ископаемых” и их

применения в системе образования помогает системно увеличить качество образования. Отдельное внимание обосновывается формированием знаний, умений и навыков применения современных информационных технологий и педагогических программных средств, информационно-коммуникационных технологий в процессе учебно-воспитательной деятельности.

Распределение часов по модулю

№	Темы	Учебная нагрузка, час						
		Всего	Итого	Из них				Самостоятельная работа
				Теоритический	Практический	Обмен опытом	Выездное занятие	
1	Производственные процессы на карьерах. Общие сведения о технологии и комплексной механизации открытой добычи полезных ископаемых.	2	2	2				
2	Выемочно - погрузочные работы	4	2	2				2
3	Перемещение карьерных грузов. Перемещение карьерных грузов транспортом непрерывного действия	4	2	2				2
4	Вскрытие и система открытой разработки. Режимы горных работ карьера.	2	2	2				
5	Решение задач по подготовке горных пород к выемке.	2	2		2			
6	Решение задач по выемочно – погрузочным, транспортным и отвальным процессам.	4	4		4			
7	Решение задач по вскрытию карьерных полей и системе разработки.	4	4		4			
7	Расчет электровзрывных сетей при использовании конденсаторторных взрывных машинок	4	4		4			
8	Ознокомление с действующими моделями горных машин, макетами вскрытия и систем разработки	4	4				4	
	Всего	30	26	8	14		4	4

Содержания теоретических занятий

1-тема: Производственные процессы на карьерах

Общие сведения о технологии открытой разработки. Горно-геологические условия месторождений. Производственные процессы на карьерах

2-Тема: Выемочно - погрузочные работы.

Разработка горных пород роторными экскаваторами. Разработка горных пород драглайнами. Разработка горных пород мехлопатами

3-Тема: Перемещение карьерных грузов. Перемещение карьерных грузов транспортом непрерывного действия

Процесс транспортирования горных пород на карьерах. Перемещение горной массы конвейерным транспортом. Перевозка горной массы. железнодорожным и автомобильным транспортом. Отвалообразование вскрышных пород.

4-Тема: Вскрытие и система открытой разработки. Режимы горных работ карьера.

Способы вскрытия карьера. Классификация способов вскрытия. Системы открытой разработки МПИ. Режимы горных работ.

Содержание практических занятий

1-практическое занятие:

Решение задач по подготовке горных пород к выемке.

Расчет показателей потерь. Расчет показателей разубоживания. Потери по металлу. Потери по руде.

2-практическое занятие:

Решение задач по выемочно – погрузочным, транспортным и отвальным процессам.

Расчет параметров шпуровой отбойки. Расчет параметров скважинной отбойки. Определение числа шпуров. Определение глубины шпура. Определение удельного расхода взрывчатого вещества.

3-практическое занятие:

Решение задач по вскрытию карьерных полей и системе разработки.

Порядок составления паспорта БВР. Принципы составления паспорта БВР. Расчет процессов при составлении паспорта БВР.

4-практическое занятие:

Расчет электровзрывных сетей при использовании конденсаторных взрывных машинок

Последовательное соединение электродетонаторов. Параллельное соединение электродетонаторов.

Содержание выездных занятий

Выездное занятие. Ознакомление с действующими моделями горных машин, макетами вскрытия и систем разработки

Формы поперечного сечения горных выработок. Способы проведения горных выработок. Определение площади попересного сечения горных выработок. Материалы крепления горных выработок. Проветривание при проведении горных выработок.

Форма обучения

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и др; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.

- Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.

- Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

Критерии оценки

№	Критерии оценки	Балл	Максимальный балл
1	Тест	1.5 балла	2,5
2	Самостоятельная работа	1.0 балла	

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

Техника «Т-схема»

«Т-схема» - универсальный графический органайзер для записи двойных (да/нет, за/против) или сравнения 2-х аспектов одной концепции/ информации. Это сравнительная таблица. Развивает навыки критического мышления. Применяется в заключительной лекции/по завершению тематической

Применения техника «Т-схема» в учебный процесс

Задания: Определить достоинство и недостатки основных параметров вскрытия и заполнит таблицу

Вертикальными стволами		
достоинства		недостатки
1.		1.
2.		2.
3.		3.

Наклонными стволами		
достоинства		недостатки
1.		1.
2.		2.
3.		3.

Комбинированным способом		
достоинства		недостатки
1.		1.
2.		2.
3.		3.

Таблица SWOT-анализа

SWOTнаименование происходит от начальных букв следующих английских слов:

Strengths- сильные стороны, предполагает наличие внутренних ресурсов;

Weakness- слабые стороны или наличие внутренних проблем

Opportunities - возможности наличие возможностей для развития предприятия

Threats- угрозы, угрозы от внешней среды

Применения метода на занятия

S	Сильные стороны открытого способа разработки облицовочного камня	
W	Слабые стороны открытого способа разработки облицовочного камня	
O	Возможности открытого способа разработки облицовочного камня	
T	Угрозы открытого способа разработки облицовочного камня	

Кейс-стади

«Кейс-стади» (Case-study) – это система обучения, основывающаяся на анализе, решении и обсуждении реальных и смоделированных (вымышленных) ситуаций. Метод «кейс-стади» интегрирует в себе технологии развивающего обучения, включая процедуры индивидуального, группового и коллективного развития, и формирования различных личностных качеств обучаемых.

Под методом «кейс-стади» понимается активный метод обучения, основанный на организации преподавателем в группе обучающихся обсуждения задания, представляющего собой описание конкретной ситуации с явной или скрытой проблемой.

Кейс-стади (от англ. слова *case*– реальная ситуация) – метод конкретных реальных ситуаций.

Сущность кейс-стади – изучение общих закономерностей на примере анализа конкретных случаев.

Применения метода на занятия

Тема: Проблемы транспортировки горной массы при разработке углубляющихся каьеров

Цель: Выбор эффективного варианта транспортировки горной массы из нижних горизонтов каьеров

Задача: Изучение видов и способов транспортировки горной массы на карьерах. Сравнение достоинств и недостатков вариантов транспортировки в конкретных условиях исходя из горно-геологических характеристик месторождения и выбор оптимального варианта транспортировки горной массы.

Результативность обучения: участники имеют представление о способах:

- транспортировки горной массы на карьерах и о достоинствах и недостатках видов транспортировки.
- научатся применять в конкретных условиях применять вид транспортировки исходя из горно геологических условий.

Критерии успешности:

- понимание необходимости совершенствования вида транспортировки при разработке каьеров;
- сопоставляются разные варианты транспортировки горной массы и их экономическая целесообразность;
- выбирается наиболее приемлемый вариант транспортировки горной массы;

Ключевая идея: Выбор оптимального варианта транспортировки при разработке углубляющихся карьеров с целью снижения себестоимости добычи полезного ископаемого исходя из мирового опыта применения видов транспортировки.

Ресурсы, материалы, оборудование: Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал.

Кейс: Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом с каждым годом становится труднее. Потому что с каждым годом горные работы придется вести на глубоких горизонтах. С увеличением глубины карьеров появляется проблема проветривания карьера и дорого обходится транспортировка горной массы. Связи с этим возникает вопрос внедрения экономически эффективного вида транспортировки горной массы. Выбор способа транспортировки горной массы на карьерах должно выбираться исходя из мирового опыта применяемых на зарубежных крупных карьерах. Экономическое сопоставление разных вариантов транспортировки дает возможность выбрать наиболее оптимальный вариант при транспортировке горной массы с целью снижения добычи полезного ископаемого с одновременной обеспечением здоровых условий труда для горнорабочих путем сокращения попадания выхлопных газов выделяющихся из транспортных средств.

III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1-тема: Производственные процессы на карьерах

План:

1. Общие сведения о технологии открытой разработки.
2. Горно-геологические условия месторождений.
3. Производственные процессы на карьерах

Ключевые слова и фразы: геологические запасы, балансовые запасы, забалансовые запасы, кондиции на минеральное сырье, промышленные запасы, общерудничные потери, эксплуатационные потери, разубоживание руды, вскрытие, подготовка производственная мощность рудника.

1.1 Общие сведения о технологии и комплексной механизации открытой добычи полезных ископаемых.

Комплекс работ по добыванию полезного ископаемого в открытых выемках называется открытыми горными работами. В результате этих работ на поверхности земли образуются различные горные выработки. Совокупность открытых горных выработок, служащих для разработки месторождения полезного ископаемого, называют карьером. Горное предприятие, осуществляющее разработку месторождения открытым способом, также называется карьером. Таким образом, понятие “карьер” имеет два значения - техническое и административно - хозяйственное.

Термин “карьер” имеет несколько синонимов, встречающихся в практике и в литературе. В рудной промышленности горные предприятия, разрабатывающие месторождения открытым способом, принято называть карьерами, в угольной промышленности и на россыпных месторождениях – разрезами.

Месторождение или часть его, разрабатываемая одним карьером, называется карьерным полем. При разработке карьерное поле обычно разделяется на отдельные горизонтальные слои. В процессе разработки эти слои приобретают ступенчатую уступную форму. Часть толщи горных пород в карьере, имеющая рабочую поверхность в форме ступени и разрабатываемая самостоятельными средствами рыхления, выемки и перемещения, называется уступом (рис.1,а).

Часть уступа по его высоте, разрабатываемая самостоятельными средствами рыхления и погрузки, обслуживаемая транспортом, общим для всего уступа, называется подступом (рис.1,б).

Основные элементы уступа - площадки, откос и бровки (рис.2). Площадкой уступа называется горизонтальная поверхность, ограничивающая уступ по высоте; различают нижнюю *a* и верхнюю *б* площадки уступа.

Откосом уступа называется наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства *в* между верхней и нижней площадками уступа по его простиранию.

Угол, образуемый откосом уступа с горизонтальной плоскостью, называется *углом откоса уступа*.

Торцом уступа называется наклонная или вертикальная поверхность *г*, ограниченная верхней и нижней площадками уступа вкрест его простирания, по его ширине.

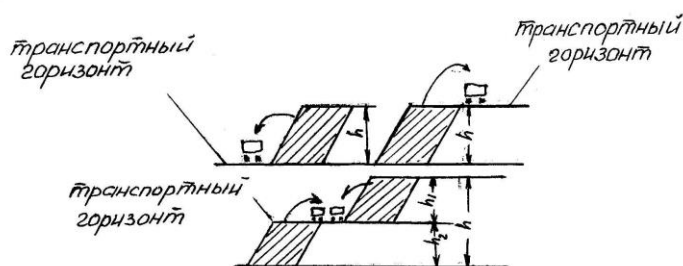


Рис. 1.1.1. Уступы и подступы

Линия пересечения откоса уступа *в* с его нижней *а* или верхней *б* площадкой называется соответственно уступа *в* с его нижней *а* верх *б* площадкой называется соответственно *нижней* или *верхней бровкой уступа*.



Рис. 1.1.2. Элементы уступа

Поверхность уступа (торец, откос или верхняя площадка), служащая неподсвеченным объектом горных работ и перемещающаяся в результате ведения этих работ называется *забоем уступа*.

Часть уступа по его ширине (Рис. 1.1.3), разрабатываемая при неизменном положении забойного транспортного пути, называется *заходкой*.

Площадка уступа, на которой располагается выемочное и транспортное оборудование, предназначенное для разработки горной породы на данном уступе, называется *рабочей площадкой уступа*.

Площадка небольшой ширины, оставляемая на нерабочем борту карьера для повышения его устойчивости и задержания осыпавшихся кусков породы, называется *предохранительной бермой*.

Совокупность уступов, находящихся в одновременной разработке, называется *рабочей зоной карьера*.

Часть уступа по его длине, подготовленная для горных работ, называется *фронтом работ уступа*. Суммарная протяженность фронтов работ уступов составляет *фронт работ карьера*.

Борт карьера, на котором производятся горные работы, называется *рабочим бортом карьера*.

Открытая горная выработка, имеющая трапециевидное поперечное сечение и значительную длину, называется *траншеей*.

Наклонная траншея, служащая для вскрытия карьерного поля и создания транспортной связи поверхности с рабочими уступами карьера, называется *капитальной траншеей*.

Горизонтальная траншея, предназначенная для создания первоначального фронта работ на уступе, называется *разрезной траншеей*.

Проведение капитальных траншей, создающих транспортный доступ от поверхности земли к месторождению или от разрабатываемой его части к другой, подлежащей разработке, называется *вскрытием месторождения* (карьерного поля).

Границами карьерного поля называются поверхности, проходящие через верхний и нижний контуры карьера, в конечном его положении.

Верхним контуром карьера называется линия пересечения бортов карьера с поверхностью.

Нижним контуром карьера называется линия пересечения бортов с плоскостью дна карьера.

Дном карьера называется нижняя, обычно горизонтальная поверхность карьера.

Комплекс площадок и откосов уступов от поверхности земли до подошвы карьера называется *бортом карьера*.

Откосом борта карьера называется поверхность, проходящая через верхний и нижний его контуры.

Угол, образованный линией откоса борта карьера и проекцией линии на горизонтальную плоскость, называется *углом откоса борта карьера*.

Вертикальное расстояние между отметкой земной поверхности и дном карьера является *глубиной карьера*.

Горные работы, включающие проведение капитальных и разрезных траншей, а также первоначальный разнос бортов до их положения на момент сдачи карьера в эксплуатацию, называются *горно - капитальными работами*.

Горные работы по выемке и перемещению пустых пород, покрывающих и вмещающих полезное ископаемое, называются *вскрышными работами*.

Добычными работами называются работы по добыванию полезного ископаемого.

Потребность общества в металлах, минеральных удобрениях, строительных и топливно-энергетических материалах удовлетворяется за счет полезных ископаемых, извлекаемых (добываемых) из недр в результате ведения горных работ.

При ведении горных работ объектом непосредственного воздействия человека являются горные породы во всем их многообразии. ***Горные породы*** – естественные минеральные комплексы определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных объектов (пластов, залежей, массивов, рудных тел, жил и т.п.). Если горные породы содержат полезные компоненты (вещества), которые могут быть использованы в промышленности, то такие породы называют **полезными ископаемыми**, а если не содержат или содержат полезные компоненты в количестве, не пригодном для промышленного использования, то такие породы называют ***пустыми породами*** или просто ***породами***.

Скопления полезного ископаемого на поверхности или в земных недрах по количеству, качеству и условиям залегания пригодные и экономически выгодные для промышленного освоения называются ***месторождениями***.

Для добычи полезных ископаемых должны быть выполнены действия, обеспечивающие доступ персонала и оборудования к полезному ископаемому, разрушение, отделение от массива, погрузку, транспортирование и размещение горных пород на хранение в соответствии с их потребительскими свойствами. Комплекс таких взаимосвязанных действий, выполняемых в определенной последовательности, что приводит к

изменению состояния горных пород и их положения в пространстве, называют **горными работами**, а сами действия – **технологическими процессами горных работ**. В результате ведения горных работ в недрах образуется пространство, освобожденное от пород, которое называется **выработанным пространством**.

Таким образом, технологические процессы горных работ должны обеспечивать решение трех обязательных взаимосвязанных задач (рис. 1.2.1):

- организацию доступа к месторождению персонала и оборудования;
- перевод в подвижное состояние полезного ископаемого или содержащегося в нем полезного компонента непосредственно на месте залегания в недрах;
- доставку полезного ископаемого или полезного компонента на земную поверхность.

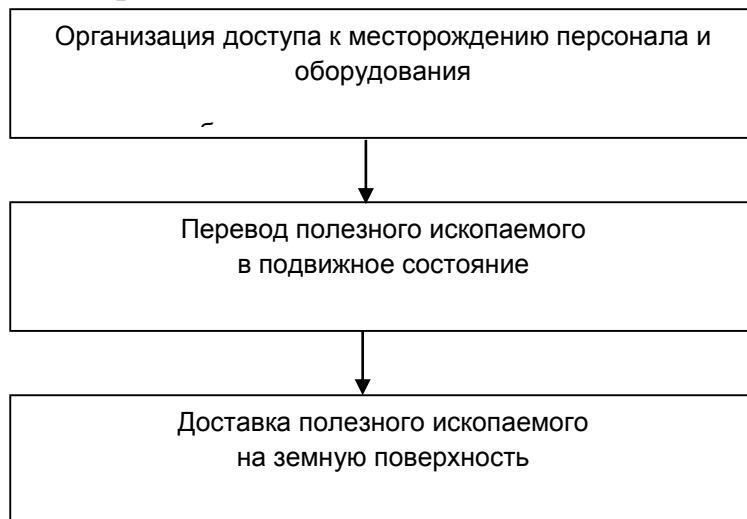


Рис. 11.3 Последовательность решения задач при добыче полезных ископаемых

Способы и технические средства решения этих задач зависят от вида полезного ископаемого и принятого способа разработки месторождения.

На практике для промышленного освоения месторождений полезных ископаемых применяют открытый, подземный, скважинный и подводный способы разработки, а также их комбинации в различном сочетании. При этом открытый, подземный и подводный способы традиционно применяются для добычи твердых, а скважинный – для добычи жидких и газообразных полезных ископаемых. Однако в последние 30-40 лет скважинный способ добычи начал интенсивно применяться при освоении месторождений твердых полезных ископаемых.

Открытый, подземный, скважинный и подводный способы разработки месторождений носят обобщенное название – геотехнологические способы,

то есть, способы, связанные с освоением земных недр.

Горные работы по добыче полезного ископаемого, которые ведутся с земной поверхности в открытом выработанном пространстве, называют **открытыми горными работами**, а разработку месторождений с их использованием - **открытой разработкой месторождений**. В этом случае доступ к месторождению персонала и оборудования обеспечивается путем удаления покрывающих горных пород в результате проведения открытых горных выработок, перевод полезного ископаемого в подвижное состояние путем его разрушения, а доставка на поверхность - механическими средствами транспорта.

Открытая горная выработка – искусственная выемка в земной коре, образованная в толще горных пород в результате ведения горных работ непосредственно с земной поверхности и не имеющая сверху покрывающих пород (котлованы, траншеи). Котлованы служат для создания пространства, в котором ведутся выемочно-погрузочные работы, а траншеи – для организации транспортной связи котлованов с земной поверхностью.

Искусственная выемка в земной коре сложной формы, образованная комбинацией котлованов и траншей (рис. 1.2.2) и служащая для добычи полезного ископаемого, называется **карьером** (при разработке рудных месторождений) или **разрезом** (при разработке угольных и сланцевых месторождений). Выработки в таком комплексе функционально взаимосвязаны между собой через технологические процессы открытых горных работ: разрушение, отделение от массива и погрузка горных пород осуществляется в котлованах, а их транспортировка на поверхность – по дну котлованов и наклонным траншеям.

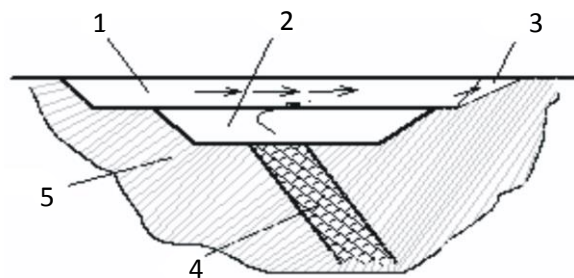


Рис. 1.1.3 Схема карьера как комбинация открытых горных выработок. 1, 2 - котлованы, 3 - траншея, 4 - рудное тело, 5 - пустые породы, → - направления перемещения горных пород.

Для обеспечения нормальной производственной деятельности комплекс открытых горных выработок дополняется поверхностным комплексом, в состав которого входят электрические подстанции, ремонтные мастерские, бытовые и административные помещения и т.п.

1.2 Горно-геологические условия месторождений и производственные процессы на карьерах.

Принципиально открытый способ отличается от подземного следующими факторами:

1. Необходимостью определённой последовательности в обработке слоёв.
2. Необходимостью удаления значительных объектов вскрышных пород, затраты на которые весьма существенны.
3. Неограниченной возможностью высокопроизводительного крупногабаритного специального горного оборудования.

Преимущества открытого способа

- производительность труда в 3 - 5 раз более высокая чем на подземных работах.
- низкая себестоимость.
- безопасные условия труда.
- гигиеничность работ.
- более полное извлечение П.И. из недр.
- меньшие капитальные затраты.

Недостаток: - некоторая зависимость от климатических условий.

Основные типы месторождений разрабатываемых открытым способом:

1. Горизонтальные залежи с небольшой выдержанной мощностью покрывающих пород и равнинной поверхностью. Рис. 1.2.1.а

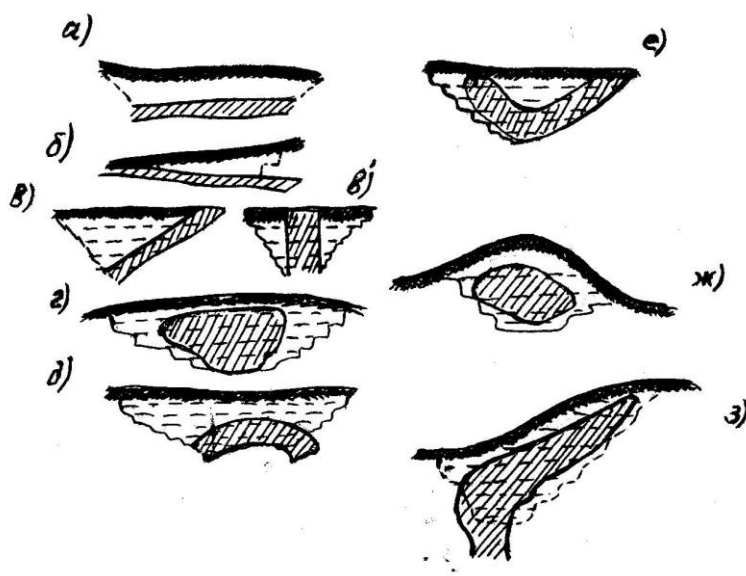


Рис. 1.2.1

2. Пологие залежи с углом падения не более 10° . Особенностью является непостоянный объем вскрышных пород. Рис. 1.2.1.б.

3. Наклонные (с углом $10 - 30^{\circ}$) и крутые (с углом более 30°) имеющие выход на дневную поверхность. Рис. 1.2.1.в.

4. Штокообразные или массивные рудные тела, залегающие в равнинах либо слегка холмистой местности. Рис. 3.1.3.ж.

5. Залежи в виде антиклиналей и синклиналиных складок. Рис. 1.2.1.д.

6. Залежи расположенные выше господствующей отметки поверхности(нагорные месторождения) Рис. 1.2.1.з.

В природе не существует двух одинаковых по своим условиям месторождений. Природные условия месторождения характеризуются его геологией, топографией поверхности, гидрогеологией, сейсмологией и климатом. Каждая составляющая понятия природных условий предопределяет большое количество показателей, учет которых необходим для выбора технологии разработки и комплексной механизации производственных процессов. Так, например, к климатическим показателям относятся: среднегодовая и месячная температуры, максимальная и минимальная за продолжительный период (50—100 лет), температуры, близкие к экстремальным; скорость и направление ветра; количество осадков, среднее и экстремальное; календарное время первых отрицательных и положительных температур;

глубина промерзания почвы; количество туманных дней в году и т. п.

Среди геологических показателей в первую очередь принимаются во внимание форма, размер и расположение полезного ископаемого в недрах, состав и свойства полезного ископаемого и вмещающих пород в образце и массиве.

При разработке месторождения учитывается множество изученных и выраженных количественно показателей природных условий.

Эти показатели группируют, выделяют главные для решения общих вопросов технологии.

В основу разделения месторождений положен природный фактор. По виду полезного ископаемого различают месторождения горючих ископаемых (уголь, сланец, торф), железных руд, руд цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов, руд горно - хими - ческого сырья, строительных материалов, драгоценных и полудрагоценных камней, флюсов, огнеупоров.

Из геологических признаков наибольшее значение имеют генезис пород месторождения (осадочные, изверженные, метаморфические породы), форма залежи (пластовая и линзообразная, массивная и штокообраз - ная залежи, жильная и в виде гнезд и трубок), строение залежи (простая,

сложная), угол наклона для пластовых залежей (горизонтальных и пологих — до 10°, наклонных — 10—30°, крутых — более 30°), мощность залежи, измеренная по вертикали, горизонтали и нормали к плоскости распространения пласта, запасы полезного ископаемого, тип вскрышных пород и полезного ископаемого (скальные, полускальные, мягкие), глубина залегания полезного ископаемого от поверхности (поверхностные—до 20 м, глубинные—более 20 м). По местоположению различают платформенное, нагорное и подводное месторождения. В гидрогеологическом отношении в зависимости от водопритока месторождение может быть обводненным и малообводненным. При разработке месторождений учитывается сейсмичность района и его климат. Климатические условия наиболее существенно влияют на технологию, механизацию и организацию горных работ. Для нашей страны, где почти две трети территории занимают области с суровым климатом, влияние климатических условий особенно ощутимо. Снежные заносы осложняют работу карьерного транспорта, наличие снега в полезном ископаемом и пустой породе приводит к примерзанию горной массы к стенкам транспортных средств и является причиной оползней и обвалов.

В Заполярье продолжительность снежного периода достигает 300 дней в году, длительность одной метели может быть 7 сут. При температуре воздуха ниже —50 °С, которая в отдельных районах держится длительное время, требуется особый режим работы, металл становится хрупким, что является причиной поломок горного и транспортного оборудования.

Ветры, скорость которых достигает, например на Кольском полуострове 60 м/с, являются причиной отказа подачи электроэнергии по проводам воздушных линий, затрудняют зарядку взрывных скважин, погрузку горной массы, перемещение людей и механизмов. При отрицательных температурах ветер создает особенно жесткие условия работы.

По физиологическому восприятию человеком увеличение скорости ветра на 0,5 м/с эквивалентно понижению температуры на 1 °С.

Учитывая это явление, на Норильском горно - метал - лургическом комбинате принято выражать климатические условия жесткостью погоды (баллы):

$$Ж = t + 2v,$$

где t —абсолютное значение температуры воздуха, °С;

v — скорость ветра, м/с.

Для карьеров, находящихся в суровых климатических условиях с отрицательными температурами, уменьшается число рабочих дней в году, сокращается продолжительность рабочего дня и предусматривается обогрев работающих на открытом воздухе через определенные промежутки времени.

К климатическим факторам, которые влияют на технологию горных работ, относится и туман. В высокогорных районах число туманных дней достигает 200.

В зонах с жарким или тропическим климатом высокая температура воздуха, песчаные бури, повышенная солнечная радиация, влажность предъявляют свои особые требования к технологии, механизации и организации горных работ.

В сложных по климатическим условиям районах на карьерах должны применяться оборудование и аппаратура, конструкция которых обеспечивает надежную работу при низких и высоких температурах, повышенной влажности, сильных ветрах, возможном обледенении, пониженном давлении в высокогорных районах, в тумане. Вопросы конструирования машин и их эксплуатации должны рассматриваться совместно с технологией и организацией горных работ, режимом работы в течение года, суток и т. д.

1.3 Производственные процессы на карьерах

Горные работы на карьере, как вскрышные, так и добычные, разделяются на производственные процессы:

подготовку горных пород к выемке, выемку и погрузку горных пород, перемещение горной массы, складирование некондиционных руд и полезного ископаемого и отвалообразование пустых пород.

Подготовка горных пород к выемке — это разрушение горных пород уступа большой крепости взрывами, а пород средней крепости — механическим способом.

При взрывном способе в определенном порядке бурятся скважины, заряжаются взрывчатым веществом и взрываются. Механический способ заключается в рыхлении пород тракторными рыхлителями. В мягких породах разрушение массива как процесс отсутствует, так как оно производится в процессе экскавации самим рабочим органом погрузочной машины, снабженной режущим инструментом. В некоторых случаях подготовка мягких горных пород к выемке заключается в удалении излишней воды из массива и предохранении его зимой от промерзания.

Выемка и погрузка (экскавация) заключаются во внедрении исполнительного (рабочего) органа (ковша) в массив или навал, наполнении его для дальнейшей подачи горной массы в транспортные средства.

Перемещение горной массы осуществляется транспортными средствами или ковшами специальных вскрышных экскаваторов.

Складирование, усреднение, отгрузка потребителю или переработка полезного ископаемого зависят от вида и качества полезного ископаемого.

Уголь высокого качества не подвергается обработке, а направляется непосредственно потребителю. Уголь более низкого качества, руды металлов и горно - химического сырья подвергаются обогащению, т. е. отделению на специальных горно - обогатительных фабриках от пустой породы. Стройматериалы подвергаются переработке для получения готового продукта. Руды с различным содержанием полезного компонента перед обогащением подвергаются усреднению.

Процесс переработки полезного ископаемого—самостоятельный сложный процесс. Процессы обогащения и переработки изучаются в соответствующих курсах.

Предприятия для обогащения полезного ископаемого (обогатительные фабрики), а на железорудных месторождениях и предприятия для подготовки сырья к

плавке (агломерационные фабрики) образуют вместе с карьером горно - обогатительные комбинаты.

Отвалообразование представляет собой процесс приема и укладки в отвал пустых пород и некондиционных руд, доставленных средствами транспорта.

Все эти процессы объединяются в технологические потоки по разработке горных пород в карьере. В зависимости от размещения отвалов, пунктов приемки полезного ископаемого, свойств разрабатываемых пород на карьере может быть два (вскрышной и добычной) и более технологических потоков, в которых взаимно увязываются параметры производственных процессов, определяется общий ритм и организация работы.

Совокупность комплектов оборудования по технологическим потокам составляет *комплексную механизацию на карьере*

Контрольные вопросы:

1. Какие типы запасов существует в горной промышленности?
2. Какие факторы влияют на годовую производственную мощность рудника?
3. От чего зависят потери и разубоживание руды?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 AlabamaUSA
2. William A.H., Richard L.Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebovo Sweden.

2-тема: Выемочно - погрузочные работы.

План:

1. Разработка горных пород роторными экскаваторами.
2. Разработка горных пород драглайнами.
3. Разработка горных пород мехлопатами

Ключевые слова и фразы: рудник, горный отвод, рудничное поле, размеры карьерного поля, высота уступа, ступени вскрытия, шаг всрытия.

2.1 Разработка горных пород роторными экскаваторами.

Параметры роторных экскаваторов и технология разработки забоев зависят от горнотехнических условий карьера, вида транспорта в комплексе и его конструктивных параметров.

Основными технологическими параметрами роторных экскаваторов являются высота черпания $H_{ч}$, глубина черпания $L_{ч}$, радиус черпания максимальный R_{max} , радиус черпания минимальный R_{min} , величина выдвижения стрелы l , радиус разгрузки R_p , высота разгрузки максимальная $H_{p max}$, высота разгрузки минимальная $H_{p min}$, диаметр роторного колеса D .

Высота обрабатываемых подступов выше и ниже уровня стояния экскаватора определяется конструктивными возможностями экскаватора. Они ограничиваются максимально допустимым углом наклона стрелы: при верхнем черпании 27° , при нижнем— 18° . Эти величины указываются в его технической характеристике. Максимальная высота верхнего черпания современных карьерных роторных экскаваторов — 53,5 м, нижнего—25 м. Наиболее высокая производительность экскаватора при максимальной высоте уступа достигается за счет сокращения времени на передвижку экскаватора.

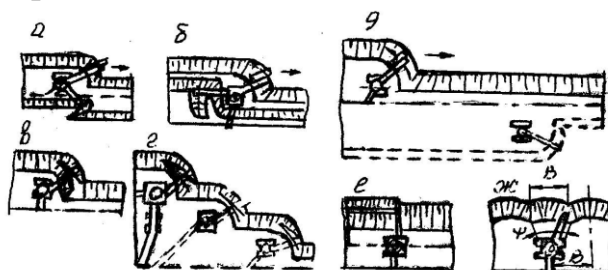


Рис. 2.1.1 Технологические ехемы забоев роторных экскаваторов

Работа роторного экскаватора с верхним и нижним черпанием без изменения направления вращения роторного колеса позволяет сократить время на передвижку экскаватора и повысить его производительность.

Ширина заходки роторного экскаватора зависит от схемы его работы. При отработке горизонтов торцевым забоем без перегружателя ширина заходки B (м). определяется минимальным радиусом черпания R_{min} и рабочим углом поворота экскаватора ψ :

$$B=R_{min}(1-\cos\psi)$$

где $\psi=90^\circ$ —для экскаватора с поворотной стрелой;

$\psi=135^\circ$ —для экскаватора с поворотным корпусом.

При большой ширине заходки повышается эффективность работы экскаватора за счет уменьшения затрат времени в работе экскаватора на передвижку, что при большой производительности (5—12 тыс. $m^3/ч$) имеет существенное значение. Кроме того, увеличение ширины заходки сокращает затраты и время на передвижку конвейера. С этой целью используют технологическую схему работы роторного экскаватора с перегружателем, позволяющую удвоить или утроить ширину обрабатываемой полосы по фронту, или последовательно осуществляют верхнюю и нижнюю отработку горизонта. Однако переход с верхнего черпания на нижнее требует перестройки роторного колеса.

Роторные экскаваторы, работающие в комплексе с транспортно - отвальными мостами на рельсовом ходу, обрабатывают массив фронтальной заходкой горизонтальными слоями на глубину 0,5—0,75 диаметра роторного колеса или блоками, периодически передвигаясь по фронту на ширину забоя (м):

$$B=2R_{max}\sin(\psi/2).$$

Для производительности роторного экскаватора важное значение имеет порядок разработки забоя. Роторное колесо при перемещении стрелы в горизонтальной плоскости экскавирует горную породу стружками толщиной $l=0,3—0,5$ м и высотой $(0,4—0,7) D$.

Стружка в плане у экскаватора с невыемной стрелой имеет серповидную форму, а у экскаватора с выемной стрелой — концентрическую. Вследствие того, что толщина стружки постоянна почти по всему периметру, производительность экскаватора во втором случае выше.

Последовательность снятия горизонтальных, стружек в цикле разработки забоя с одного положения экскаватора может быть различной:

сверху вниз (рис. 2.1.2), затем экскаватор перемещается к забою или выдвигается стрела и цикл повторяется. Эта схема применяется при разработке плотных горных пород: слоями в горизонтальной плоскости на полную величину выдвигения стрелы (рис. 1.9.2,6) при разработке плотных ПОРОД: сверху вниз. но с увеличенной до $(0,5—0,7)D$ глубиной захвата

роторным колесом (рис. 12, в) при разработке рыхлых горных пород: комбинированная (рис. 1.9.2, г), в которой плотные прослойки снимаются стружками в горизонтальной плоскости, а рыхлые—сверху вниз с увеличенной глубиной захвата роторным колесом.

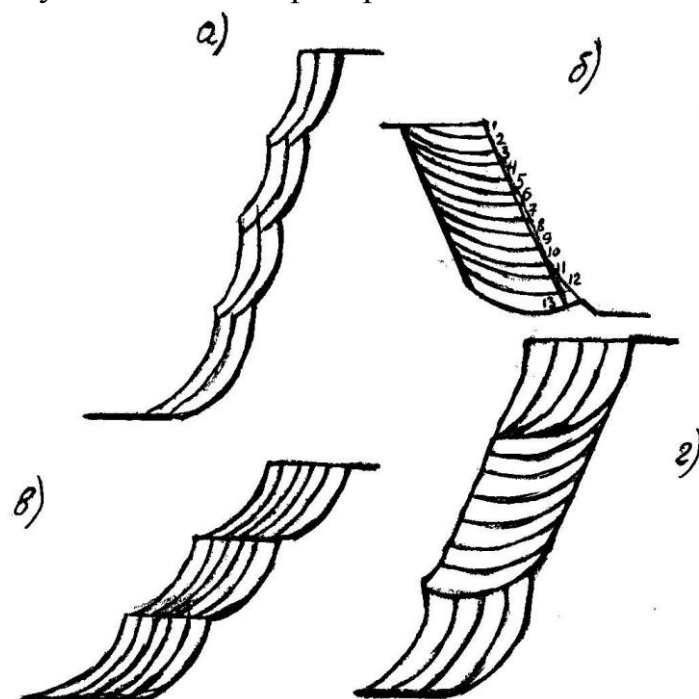


Рис. 2.1.2 Технологические схемы разработки забоев роторным экскаватором

Угол откоса поверхности забоя у экскаватора с невыедливой стрелой больше, чем у экскаватора с выдвигивой стрелой.

Режим работы роторного экскаватора на мощных машинах автоматизирован, он заключается в изменении скорости вращения роторного колеса, подачи и скорости поворота стрелы.

У роторного экскаватора рабочим органом является роторное колесо с жестко закрепленными на нем ковшами (рис. 2.1.3). Порода от целика отделяется ковшом роторного колеса, а для ее транспортирования из черпаков до приемного устройства экскаватора имеется специальный ленточный конвейер, который расположен на роторной стреле. Такое разделение процессов позволяет снизить энергоемкость рабочего процесса, так как к. п. д. роторного колеса (0,8-0,9) значительно выше к. п. д. черпаковой цепи (0,6-0,7).

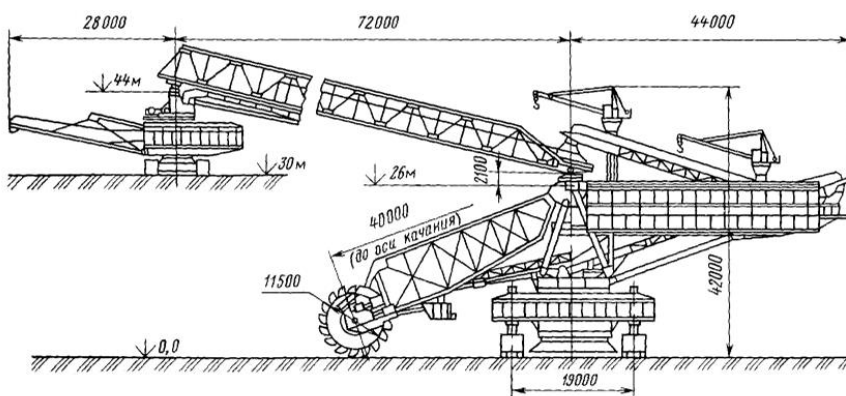


Рис. 2.1.3. Конструктивная схема роторного экскаватора ЭРП-5250В с верхней погрузкой

2.2 Разработка горных пород драглайнами.

Драглайн является экскаватором циклического действия, следовательно, производительность его на тонну конструкции меньше, чем у экскаваторов непрерывного действия, однако область его применения гораздо шире. Продолжительность сезона его работы намного превышает продолжительность сезона работы машин непрерывного действия и во многих климатических зонах страны эффективна круглогодичная работа его.

Драглайном можно разрабатывать полускальные породы с предварительным буровзрывным рыхлением, производить экскавацию в обводненных горизонтах и при сложной гипсометрии пластов.

Благодаря этим преимуществам разработка горных пород драглайнами у нас в стране в соответствующих условиях нашла широкое распространение.

Рабочим органом драглайна является стрела с подвешенным на канатах ковшом. Стрелы отечественных экскаваторов имеют легкую вантовую конструкцию, американских экскаваторов фирмы “Дрессер - Мари - он” — вид металлической фермы.

Принцип экскавации заключается в срезании стружки ковшом во время перемещения экскаватора по поверхности забоя под действием тягового каната. Ковш заглубляется и производит резание породы под действием собственного веса. В плотных породах при затрудненном внедрении задняя часть ковша немного приподнимается подъемным канатом, образуя большой угол между поверхностью забоя и зубьями ковша, что облегчает его заглубление. Рабочий цикл включает поворот и одновременное опускание ковша в забой, затем наполнение ковша, подъем его из забоя с одновременным поворотом на разгрузку.

В горизонтальном положении наполненный ковш удерживается тяговым канатом. Во время работы экскаватор опирается на круглую поворотную платформу большой площади, благодаря чему независимо от массы экскаватор имеет малое удельное давление на грунт—от $0,4 \cdot 10^5$ до $2,3 \cdot 10^5$ Па, что позволяет ему успешно работать на насыпных породах в отвалах.

Для перемещения все отечественные экскаваторы имеют шагающий или шагающе - рельсовый ход.

Выпускается ряд экскаваторов с ковшами емкостью от 4 до 100 м^3 и стрелой длиной 40—125 м. Техническая характеристика драглайнов приведена в табл. 8. Фирма “Дрессер - Марион” выпускает экскаваторы на шагающем и гусеничном ходу с ковшом емкостью от 10 до 138 м^3 и стрелой длиной от 55 до 122 м.

Основными технологическими параметрами драглайнов являются емкость ковша, габариты, масса, удельное давление на грунт, преодолеваемый уклон, а также рабочие параметры, т.е. высота $H_{\text{ч}}$, и глубина черпания $I_{\text{ч}}$, радиусы черпания $R_{\text{ч}}$, — максимальный с забросом ковша $R_{\text{ч max}}$, на уровне стояния $R_{\text{ч.у.}}$, разгрузки $R_{\text{р}}$, высота разгрузки $H_{\text{р}}$ и радиус вращения кабины $R_{\text{к}}$.

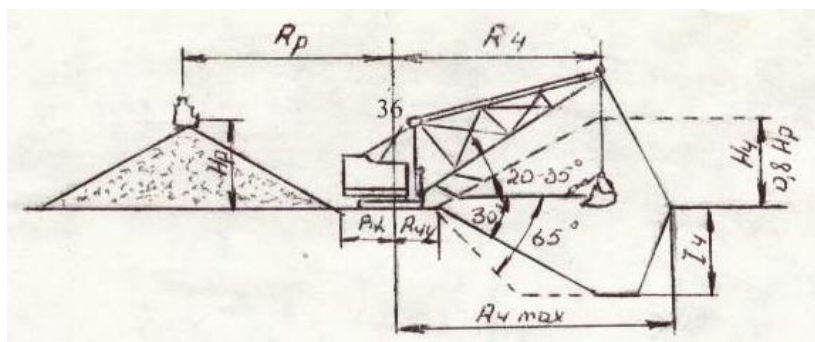


Рис 2.2.1 Рабочие параметры драглайна

В основном драглайны на карьерах используются для производства вскрышных работ с перевалкой вскрыши в выработанное пространство и проведения траншей при строительстве карьера. В первом случае экскаватор работает в торцевом забое, во втором — в тупиковом с расположением вскрыши на одном или двух бортах траншеи. В исключительных случаях экскаваторы малых моделей применяют для погрузки горной массы в транспортные средства.

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых на вскрышных работах применяются драглайны, характерной особенностью

которых является гибкая подвеска ковша на тросах. Малые и средней мощности драглайны хорошо зарекомендовали себя при погрузке горных пород, особенно обводненных, в средства транспорта. Успешно используются драглайны при разработке месторождений полезных ископаемых с постоянно меняющейся мощностью вскрышных пород. В этих случаях они располагаются на кровле уступа, поэтому извилистость почвы залежи не влияет на транспортные коммуникации.

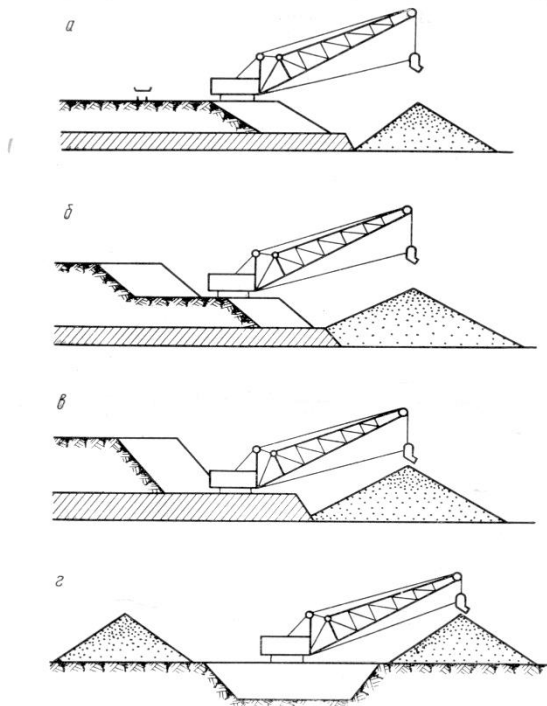


Рис. 2.2.2. Основные схемы работы драглайна в забое:

- a* – боковой забой с разгрузкой породы в отвал или в средства транспорта;
- б* – то же, с разгрузкой породы в отвал при установке драглайна на промежуточном горизонте; *в* – то же,

Для увеличения вместимости таких отвалов применяется перевалка пород драглайном. Технологическая схема такой перевалки пород включает:

- укладку породы из 1-ой вскрышной заходки в 1-ый ярус внутреннего отвала;
- перемещение драглайна на поверхность 1-ого яруса внутреннего отвала;
- выемку породы из 1-ого яруса внутреннего отвала и ее укладку на поверхность ранее сформированных ярусов отвала;
- перемещение драглайна на поверхность 2-ой вскрышной заходки;

Драглайн может разрабатывать породы торцовым и тупиковым забоями (Рис. 3.1.3.3.7). При этом он может располагаться на кровле уступа, промежуточной площадке или почве уступа.

Технологические операции рабочего цикла выполняются драглайнами в следующей последовательности: заброс ковша в забой, установка ковша в рабочее положение, наполнение ковша, выведение ковша из забоя, поворот ковша к пункту разгрузки, разгрузка ковша, поворот ковша к забою, опускание ковша в забой. Операции опускания ковша в забой и выведения его из забоя совмещаются с поворотом экскаватора.

Мощные драглайны широко применяются на вскрышных работах при перемещении породы из забоя непосредственно во внутренние отвалы.

- укладку породы из 2-ой вскрышной заходки в 1-ый ярус внутреннего отвала и т.д.

Процесс, включающий укладку породы в отвал, а затем ее повторное извлечение с укладкой в новый ярус отвала называется переэкскавацией пород.

Работа драглайна отличается от работы экскаватора типа «механическая лопата» только специфичностью действия рабочего органа.

Перемещение драглайна по фронту уступа и его положение относительно забоя аналогично с экскаватором типа «механическая лопата».

В случае расположения драглайна на кровле уступа горная масса разгружается в отвал или в транспортные средства. Забой драглайна имеет криволинейный профиль, который зависит от траектории движения ковша, угла откоса забоя и места установки драглайна.

Схема с расположением драглайна на промежуточной площадке применяется при использовании мощных драглайнов с ковшом вместимостью $8 \div 10 \text{ м}^3$ и более с целью одновременной отработки более высокого уступа, так как ось перемещения драглайна смещается ближе к отвалу. При разработке верхнего подступа угол откоса забоя при для предотвращения скольжения ковша не должен превышать 25° . Высота верхнего под уступа должна удовлетворять условию $h_{y.в} \leq (0,7 \div 0,8) H_p$ (где H_p – высота разгрузки ковша). Производительность драглайна при верхнем черпании, как правило, на $10 \div 15\%$ ниже, чем при нижнем черпании.

Ширина забоя драглайна определяется в зависимости от способа его работы и величины радиуса черпания. Углы разворота экскаватора в каждую сторону от его оси ω_1 и ω_2 принимают при этом не более 45° . Чем меньше угол, тем больше циклов делает экскаватор в единицу времени и тем выше его производительность.

Технические параметры некоторых шагающих драглайнов приведены в табл. 3.3.6.

В некоторых случаях драглайны используют в сочетании с конвейерным и гидравлическим транспортом. При работе драглайнов с конвейерным транспортом в рабочую схему включают самоходный бункер, конвейеры и отвалообразователь.

Несмотря на общий положительный опыт, использование драглайнов для погрузки породы в транспортные средства сдерживается по следующим причинам:

- невозможностью для машиниста драглайна точного наведения груженого ковша на кузов самосвала и связанное с этим увеличение рабочего цикла экскавации;

- повышенной травмоопасностью при нахождении водителя в кабине автосамосвала и высоким риском повреждения автосамосвала;

- большой инерционностью грузенного ковша при развороте на разгрузку и большой амплитудой его раскачки перед разгрузкой, что обуславливает малые скорости поворота экскаватора и связанные с этим увеличение времени цикла.

Таблица 2.2.1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ШАГАЮЩИХ ДРАГЛАЙНОВ

ПАРАМЕТРЫ	ЭШ-11.75	ЭШ-65.100	ЭШ-40.130	ЭШ-100.100	ЭШ-100.125
ВМЕСТИМОСТЬ КОВША, М ³	11	65	40	100	100
ДЛИНА СТРЕЛЫ, М	75	100	130	100	125
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОЧЕГО ЦИКЛА, С	56	60	62	60	60
ВЫСОТА ВЫГРУЗКИ, М	30.6	38.5	56	43	56
ГЛУБИНА КОПАНИЯ, М	38	46	60	47	52
РАДИУС ВЫГРУЗКИ, М	71.4	97.6	123	97	118
УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ГРУНТ, МПА	0.145	0.2	0.2	0.265	0.265
РАБОЧАЯ МАССА, Т	840	5460	5460	10300	10000
МОЩНОСТЬ СЕТЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ, КВТ	1250	4x2250	4x2250	4x3600	4x3600
НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ, КВ	6	10	10	10	10

Потребность карьеров в драглайнах для прямой погрузки в карьерный колесный транспорт и недостижимость конструктивно заложенной технической производительности драглайнов в транспортной системе разработки стали главными мотивами к созданию экскаватора нового типа, сочетающего достоинства «механической лопаты» и драглайна. В целях реализации резерва улучшения показателей открытых горных работ, который заключен в существенном увеличении высоты обрабатываемых уступов, разработан новый тип экскаватора, названный кранлайном.

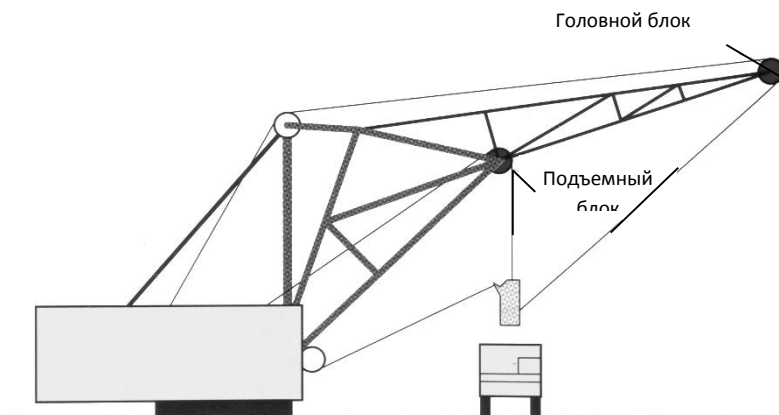


Рис. 2.2.3. Принципиальная конструкция кранлайна

Кранлайн - это гибридная выемочно-погрузочная машина, предназначенная для отработки высоких забоев нижним черпанием с прямой погрузкой горной массы в средства карьерного транспорта. В конструкции кранлайна реализовано сочетание технологических достоинств мехлопаты (точная и безударная разгрузка ковша в транспорт) и драглайна (отработка нижним черпанием уступов высотой до 30 м и более при малом удельном давлении опорной базы на грунт) [4].

Конструктивное отличие кранлайна (рис.3.3.8): на платформе размещена дополнительная лебедка, а в средней части стрелы установлены двойные блоки для подъема груженого ковша. Ковш кранлайна имеет открывающуюся заднюю стенку, оснащенную запорным механизмом, срабатывающим при выведении ковша в вертикальное (или близкое к нему) положение для разгрузки в автосамосвал.

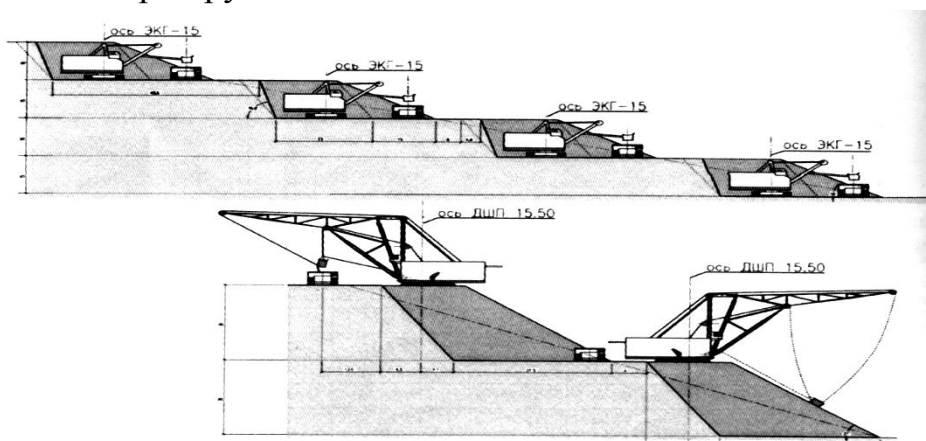


Рис. 2.2.4. Параметры транспортной системы разработки месторождения мехлопатами ЭКГ-15 и кранлайнами ДШП-15.50

Применение кранлайнов в карьерах позволяет увеличить в 2 раза и более высоту обрабатываемого уступа, сократив их количество в 2÷3 раза.

При этом пропорционально уменьшаются расходы по содержанию транспортных коммуникаций.

Увеличение высоты уступа позволяет отстраивать рабочий борт карьера под более крутым углом, что иллюстрируется графически (рис.3.3.9), что приведет к уменьшению объема вынимаемой в контуре карьера породы и сокращению площади земель под горный отвод и внешние отвалы.

Наибольшая производительность драглайна обеспечивается в торцевом забое с нижним черпанием при минимальном угле поворота экскаватора от места черпания к месту разгрузки.

Высота уступа h устанавливается по глубине черпания с учетом расположения драглайна на его кровле за пределами призмы обрушения при угле наклона плоскости забоя к горизонту в пределах $30—60^\circ$.

Ширина заходки B (м) определяется радиусом черпания с учетом угла разворота драглайна ($\sigma_{р1}$ и $\sigma_{р3}$) от оси перемещения не более 45° :

$$B=R_4(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)$$

Разработка забоя с нижним черпанием производится сначала горизонтальными слоями сверху вниз.

В зависимости от величины шага перемещения драглайна g каждый слой вынимается в несколько этапов длиной, соответствующей расстоянию, на котором полностью наполняется ковш. Отработка каждого этапа в слое начинается с откоса уступа, расположенного ближе к отвалу. После отработки слоев на полную высоту забоя выемка оставшейся в забое породы (так называемый “натаск”) производится наклонными слоями.

Верхнее черпание возможно только драглайнами с ковшами емкостью более 10 м^3 . Высота уступа принимается не более $h=0,8H_p$, чтобы исключить задевание ковша за уступ при поворотах драглайна. Угол наклона плоскости забоя для предотвращения скольжения ковша составляет $20—25^\circ$.

Верхнее черпание менее производительно вследствие меньшей степени наполнения ковша, особенно при высоте уступа от $0,4$ до $0,8H_p$.

При разработке горных пород драглайном с перевалкой вскрыши в выработанное пространство возможно применение технологии с нижним и верхним черпанием поочередно с целью максимальной отработки мощности вскрыши без переэкскавации.

При определении параметров этой технологии учитываются горнотехнические факторы: высота добычного уступа A , углы откоса отвалов β , добычного уступа α , угол внутреннего трения пород уступа β , определяющий берму безопасности γ , расстояние между нижней бровкой добычного уступа и отвалом δ , величина транспортной полосы b , а также диаметр базы экскаватора D .

В этом случае высота нижнего подступа h_n (м) может быть определена из выражения

$$h_n = (R_p - h(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\alpha) - H_p \text{ctg}\delta - c_1 - b - 0.5D) / (\text{ctg}\delta + \text{ctg}\beta)$$

Высоту верхнего подступа можно определить исходя из равенства емкости отвала на единицу простирания $\{H_0B\}$ объему экскавируемой породы $(h_n + h_b)Vk_p$, где k_p — коэффициент разрыхления породы в отвале:

$$h_b = ((h_n + h + H_p)\text{ctg}\delta - h_nVk_p) / Vk_p < 0.8H_p$$

При проведении траншей драглайн в зависимости от его рабочих параметров и параметров траншеи располагается по оси забоя или ближе к одному из ее бортов. Отвалы в первом случае могут располагаться на обоих бортах траншеи (Рис 15).

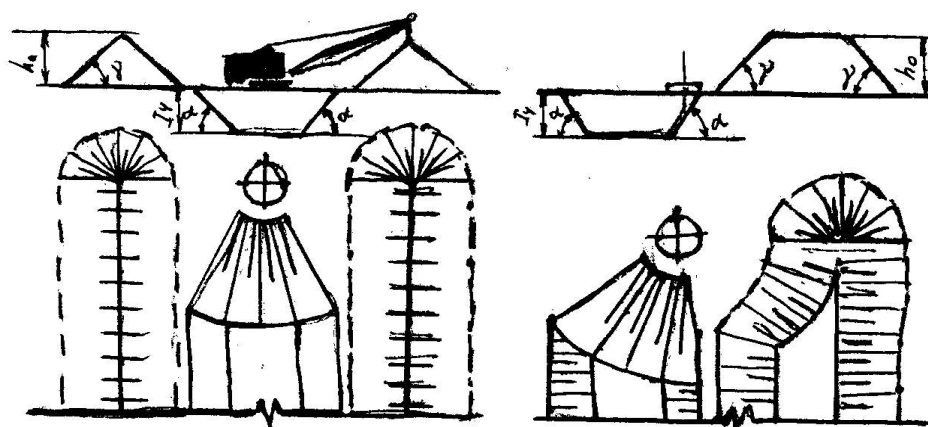


Рис 2.2.5 Схемы тупикового забоя драглайна с расположением отвалов на двух бортах траншеи (а) и одном борту ее (б)

Режим работы на некоторых крупных экскаваторах полуавтоматизирован. В систему управления экскаватором включается электронное устройство, которое после выполнения машинистом операции черпания подает команды управления операциями подъема ковша из забоя, поворота экскаватора к месту разгрузки и поворота обратно в забой в оптимальном режиме при контроле выполнения их машинистом. Эта система стабилизирует работу экскаватора, сокращает цикл экскавации, обеспечивает его высокую производительность - Канатная подвеска ковша используется в башенных экскаваторах, которые применяются для разработки небольших сильнообводненных месторождений. Одна из башен такого экскаватора располагается на отвале пустых пород, другая — на кровле вскрышной толщи. Он последовательно производит экскавацию вскрыши с перемещением ее в отвал и добычу полезного ископаемого с погрузкой его в средства транспорта.

2.2.3 Разработка горных пород механическими лопатами

Экскаваторы типа механической лопаты являются наиболее распространенными выемочно - погрузочными машинами на карьерах. Конструктивное исполнение позволяет использовать их в тех природных условиях, где выемочно - погрузочные машины непрерывного действия неэффективны.

Они предназначены в основном для разработки плотных горных пород без предварительного рыхления, мерзлых, полускальных и скальных пород с предварительным рыхлением. В специальном северном исполнении механические лопаты обеспечивают выемочно - погрузочные работы в зонах с суровыми климатическими условиями при низких температурах воздуха.

Рабочим органом механической лопаты являются ковш, рукоять, стрела.

Первый экскаватор типа механической лопаты был построен фирмой "Оттис" в США в 1834 г. В России первый экскаватор был построен на Путиловском заводе в 1901 г. Это были паровые экскаваторы на рельсовом ходу.

Современные карьерные экскаваторы имеют гусеничный ход и электрический или дизельный привод.

Процесс экскавации плотных пород из массива заключается в срезании стружки режущей кромкой ковша, повороте экскаватора к месту разгрузки, разгрузке ковша и возвращении рабочего органа в забой. Выемка взорванной горной массы крепких пород осуществляется заглублением ковша в развал.

По способу перемещения рукояти с ковшом современные экскаваторы разделяются на канатные и гидравлические.

Черпание у канатного экскаватора происходит благодаря усилию напорного механизма, расположенного на стреле, и его подъемных канатов от подъемных лебедок. Траектория черпания при этом сохраняется постоянной, начинается она в нижней части забоя.

Параметры механических лопат и технология разработки забоев

Основными технологическими параметрами механических лопат (рис. 16) являются: радиус черпания R_c — горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до режущей кромки ковша; максимальный радиус черпания $R_{c \max}$ — соответствует максимально выдвинутой рукояти;

минимальный радиус черпания $R_{ч\ min}$ соответствует подтянутой к гусеницам рукояти на горизонте установки экскаватора;

радиус черпания на горизонте установки экскаватора $R_{ч.у}$ — максимальный радиус черпания на уровне установки экскаватора;

высота черпания $H_{ч}$ — вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до режущей кромки ковша;

высота черпания максимальная $H_{ч\ max}$ — соответствует максимально поднятой рукояти;

глубина черпания $I_{ч}$ — расстояние от горизонтали установки экскаватора до режущей кромки зубьев ковша при нижнем черпании;

радиус разгрузки R_p — горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до середины ковша в момент разгрузки;

$R_{p\ max}$ — максимальный радиус разгрузки;

высота разгрузки H_p — вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до нижней кромки откинутого днища ковша;

максимальная высота разгрузки $H_{p\ max}$ — соответствует максимально поднятому ковшу.

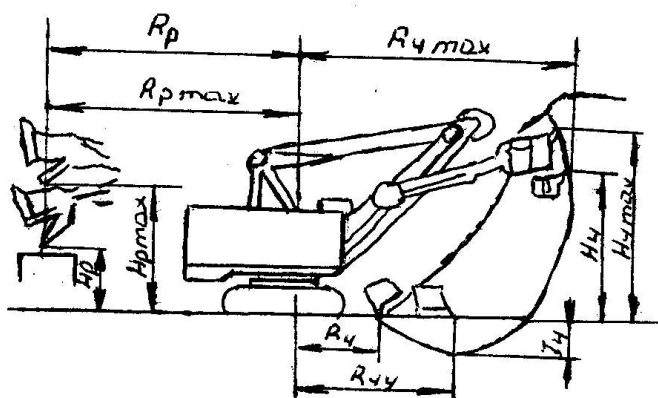


Рис 2.3.1 Рабочие параметры мехлопат.

Для канатных механических лопат радиусы и высоты черпания и разгрузки изменяются с изменением угла наклона стрелы, которая, как правило, устанавливается под углом 45° . Габариты определяются по максимально выступающим частям экскаватора.

Рабочие параметры экскаватора определяют параметры забоя и технологическую схему его работы. При установлении ширины забоя механической лопаты определяющим является радиус черпания на уровне стояния. Максимальная производительность экскаватора достигается при минимуме передвижек в забое и возможно меньшем среднем угле поворота экскаватора от места черпания к пункту разгрузки.

Ширина торцевого забоя обеспечивается при $1,5R_{ч.у}$.

Ширина заходки экскаватора в породах, разрабатываемых без предварительного рыхления, соответствует ширине забоя.

В крепких породах с буровзрывным рыхлением ширина заходки B по целику определяется параметрами буровзрывных работ.

При разработке горных пород вскрышными мехло - патами с перевалкой в выработанное пространство ширина заходки определяется емкостью внутренних отвалов, максимальная ширина заходки составляет $1,7R_{ч.у}$. При небольшой емкости внутренних отвалов ширина заходки может быть уменьшена:

$$B < 0,5c_x + R_{ч.у}$$

где C_x — ширина хода экскаватора, м.

Минимальная ширина тупиковой заходки при проведении траншеи без учета транспортного обслуживания определяется радиусом вращения кабины R_k и расстоянием безопасности до откоса c :

$$B = 2(R_k + c).$$

Она может быть обеспечена при применении экскаваторов с удлиненным рабочим оборудованием с верхней погрузкой в средства транспорта или расположением отвалов на бортах траншеи.

Максимальная ширина заходки

$$B = 2R_{ч.у}.$$

При погрузке горной массы в средства транспорта на уровне стояния экскаватора ширина тупиковой заходки определяется с учетом размещения транспортных коммуникаций и схемы подачи транспортных средств под погрузку. Высота забоя ограничивается высотой черпания экскаватора. Минимальная высота забоя механической лопаты принимается из условия наполнения ковша за одно черпание.

Высота уступа в массиве, разрабатываемом без бу - ровзрывного дробления, соответствует высоте забоя. В крепких породах высота уступа допускается равной $1,5H_{ч \max}$ при условии, что высота развала будет равна максимальной высоте черпания экскаватора.

Большая высота уступа в массиве допускается при разработке горизонтальных пластов полезного ископаемого по разрешению Госгортехнадзора.

Высота уступа h (м) при верхней разгрузке механической лопатой с удлиненным рабочим оборудованием устанавливается из условия высоты транспортного сосуда /1т и необходимого зазора c между ним и ковшом:

$$h < H_{р\max} - (h_T + c).$$

Угол откоса поверхности забоя зависит от свойств разрабатываемого массива и составляет, как правило, $70—80^\circ$.

При разработке забоя с погрузкой горной массы в средства железнодорожного транспорта ось пути располагают на расстоянии $0,8R_{\text{pmax}}$ от оси экскаватора.

При разработке трудновзрываемых горных пород, когда развал горной массы имеет большую ширину, его убирают в несколько заходов с передвижкой путей. В этом случае для уменьшения времени простоев экскаватора из - за передвижки пути возможно увеличение ширины заходки до $1,7R_{\text{ч.у}}$. При автомобильном транспорте автосамосвалы могут располагаться сбоку или позади экскаватора в зоне разгрузки ковша с минимальным углом разворота от места черпания, по условию безопасности ковш не должен перемещаться над кабиной водителя. При конвейерном транспорте горная масса загружается экскаватором в бункер - питатель, который располагается сбоку экскаватора или внутри заходки позади экскаватора.

Одноковшовые экскаваторы по назначению и конструкции подразделяются на: вскрышные, карьерные, карьерно-строительные и строительные.

Вскрышной экскаватор предназначен для производства вскрышных работ с непосредственной перевалкой вскрыши в выработанное пространство. Выпускается с оборудованием "прямая лопата" и отличается большими линейными параметрами рабочего оборудования. Типоразмерный ряд представлен базовыми моделями с ковшами емкостью 15 - 100 м³, каждая из которых имеет модификацию по емкости ковша и длине стрелы.

Карьерный экскаватор предназначен для открытых горных работ, а также для работы на строительстве с большим объемом земляных работ. Выпускается с оборудованием "прямая лопата". Типоразмерный ряд представлен базовыми моделями с ковшами емкостью 2 - 20 м³, часть из которых имеют сменное удлиненное рабочее оборудование для верхней погрузки, а часть - для погрузки на уровне установки машины.

Карьерно-строительный экскаватор предназначен для открытых горных и массовых земляных работ. Типоразмерный ряд представлен пятью базовыми моделями с ковшами емкостью 1,25 - 8 м³, имеющими сменное рабочее оборудование драглайна, лопаты для верхней погрузки и крана.

Строительный экскаватор - наиболее распространенный и универсальный тип одноковшового экскаватора. Применяется в строительстве при относительно небольших объемах земляных работ, для вспомогательных работ в карьерах, а также при небольших объемах разработки строительных материалов. Емкость ковша до 5 м³, радиус действия и высота копания с оборудованием прямой лопаты 2 - 15 м. Как правило, оснащается сменным рабочим оборудованием. Строительные одноковшовые экскаваторы с ковшом

емкостью до 2 м³ обычно выпускаются универсальными, имеющими не менее 4 видов сменного рабочего оборудования.

В зависимости от назначения и конструктивных особенностей одноковшовые экскаваторы разделяются на пять типов: экскаваторы строительные гусеничные и пневмоколесные с ковшом вместимостью 0,16 - 2,5 м³ (тип ЭС), экскаваторы карьерно-строительно-гусеничные с ковшом вместимостью 1,25 - 8 м³ (тип ЭКГС), экскаваторы карьерные гусеничные с ковшом вместимостью 2-20 м³ (тип ЭКГ), экскаваторы вскрышные гусеничные с ковшом вместимостью 4-100 м³ (тип ЭВГ) и шагающие драглайны с ковшом вместимостью 4-120 м³ (тип ЭШ).

В табл. 3.3.1 и 3.3.2 приведены характеристики карьерных экскаваторов, выпускаемых в России и за рубежом. Для экскаваторов приняты следующие обозначения:

Таблица 2.3.1

Техническая характеристика карьерных тросовых экскаваторов России

Показатели	АО «Ижорские заводы»			АО «УЗТМ»
	ЭКГ-10	ЭКГ-15	ЭКГ-8У	ЭКГ-5А
Вместимость ковша, м ³				
основного	10	15	8	5,2
сменных	8; 12,5	12,5; 16	6; 10	3,2-4,6
Максимальный радиус черпания $R_{ч}^{max}$, м	18,4	22,6	34,0	14,5
Максимальный радиус разгрузки $R_{р}^{max}$, м	16,3	20,0	32,0	12,65
Максимальная высота черпания $H_{ч}^{max}$, м	13,5	16,4	30,0	10,3
Максимальная высота разрузка $H_{р}^{max}$, м	8,6	10,0	24,5	6,7
Мощность сетевого двигателя, кВт	630	1250	1250	250
Подводимое напряжение, В	6000	6000	6000	6000
Продолжительность цикла, с	26	28	35	23
Масса экскаватора с противовесом, т	395	672	710	196

ЭКГ – экскаватор карьерный с тросовым приводом рабочего органа «прямая лопата», на гусеничном ходу,

ЭГ – экскаватор карьерный с гидравлическим приводом рабочего органа «прямая» лопата, на гусеничном ходу.

ЭГО – экскаватор карьерный с гидравлическим приводом рабочего органа «обратная» лопата, на гусеничном ходу.

Экскаваторы с тросовым и гидравлическим приводом рабочего органа «прямая» и «обратная» лопата используются для разработки мягких, плотных и разрыхленных (полускальных и скальных) пород с погрузкой в транспортные сосуды, установленные на уровне стояния экскаватора или на вышележащем уступе, а также при проходке траншей и на отвальных работах. Кроме того, экскаваторы с гидравлическим приводом рабочего органа «обратная» лопата применяются при черпании ниже уровня стояния с погрузкой в транспортный сосуд, расположенный на нижележащем уступе или на уровне стояния экскаватора, а также при проходке траншей.

Таблица 2.3.2

Типоразмерный ряд карьерных экскаваторов разных фирм-производителей

Фирма, страна	Модель	Масса, т	Мощность двигателя кВ т	Вместимость ковша, м ³	Высота черпания, м	Радиус черпания, м
Orenstein und Koppel (Германия)	RH-40D	93/90	365	6.0/6.0	10.8/12.8	10.5/13.6
	RH-75C	122/120	417	8.1/6.7	н.д./14.0	н.д./14.1
	RH-90C	156/154	630	10.0/9.6	н.д./15.7	н.д./15.4
	RH-120C	218/217	846	13.0/13.0	н.д./14.0	н.д./15.2
	RH-200C	450/н.д.	1516	23.0/н.д.	н.д./н.д.	н.д./ н.д.
	RH-300C	480/н.д.	1730	34.0/н.д.	н.д./н.д.	н.д./ н.д..
Caterpillar (США)	650 FS	65/-66/65-	280	3.8/-	10.5/-	10.2/-
	245 D		287	3.8/3.8	10.3/11.03	9.8/11.06
	375 ME	/82	319	-/4.0	-/12.34	-/12.00
	5080 FS	83/-	319	5.2/-	11.1/-	10.1/-
	5130	170/168	563	10.5/10.0	н.д./13.00	11.6/14.90
	5230	314/314	1175	14.0-17.0/ 15.5-24.0	15./15.0	14.9/17.8
Hitachi (Япония)	Ex-700	70/67	309	4.0/4.1	10.84/11.90	10.0/12.00
	Ex-1100	105/103	434	6.3/4.6	12.35/13.63	11.4/15.00
	Ex-1800	175/177	686	10.3/8.4	14.55/14.45	13.4/16.07
	Ex-3500	330/330	1312	18.0/16.2	17.17/19.70	15.81/19.40

					8	
Komatsu (Япония)	PC-650-5				10.66/11.0	10.01/11.8
	PC-1000-1	69/65	302	3.8/2.9	8	4
	PC-1600-1	98/95	405	6.1/4.3	12.17/13.6	11.38/15.0
		162/160	604	9.5/10.1	3	0
					14.11/13.5	13.14/16.0
					5	4

Примечание: В числителе для экскаватора типа «прямая лопата»; в знаменателе – для экскаватора типа «обратная лопата». Высота разгрузки может быть принята в размере 70% от высоты черпания.

Цифры, стоящие в обозначении экскаватора после дефиса, указывают вместимость его основного ковша в кубических метрах, дополнительные буквы А, И, М, С - их модификации экскаваторов; Ус – комплектацию удлиненным рабочим оборудованием для погрузки транспорта, расположенного на уровне стояния экскаватора; У – комплектацию удлиненным рабочим оборудованием для погрузки транспорта, расположенного выше уровня стояния экскаватора.

Рабочими параметрами одноковшовых экскаваторов типа "механическая лопата" являются радиусы и высоты черпания и разгрузки, зависящие от длины рукояти и стрелы, угла наклона стрелы и размеров экскаватора (Рис. 3.3.1).

Высота черпания H_c - вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до режущей кромки ковша; максимальная высота черпания H_c^{max} соответствует максимально поднятой рукояти.

Радиус разгрузки R_p - горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до середины ковша в момент разгрузки; максимальный радиус разгрузки R_p^{max} соответствует горизонтальному положению максимально выдвинутой рукояти.

Высота разгрузки H_p – вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до нижней кромки открытого днища ковша; максимальная высота разгрузки H_p^{max} соответствует максимально поднятому ковшу.

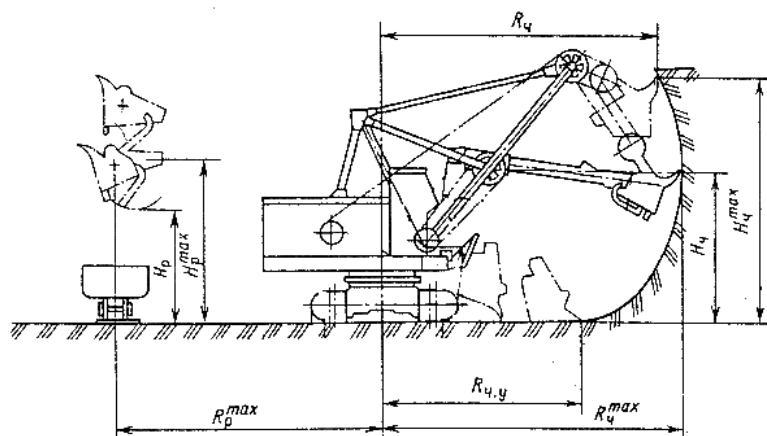


Рис. 3.3.3 Конструктивная схема экскаватора с рабочим органом «механических лопата»

Радиусы черпания и разгрузки экскаватора соответствуют определенным значениям высоты черпания и разгрузки. При этом максимальное значения высоты черпания разгрузки не совпадает с соответствующими значениями радиусов черпания и разгрузки: они находятся в обратной зависимости - чем больше высота, тем меньше радиус.

Некоторые модели механических лопат допускают изменения в определенных пределах (30° - 50°) угла наклона стрелы. Это позволяет увеличить или уменьшить радиус и высоту действия экскаватора.

Радиус вращения кузова R_k - горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до края наиболее выступающей части кузова. Величина радиуса вращения кузова определяет возможное положение экскаватора в забое и ширину траншей при их проведении.

Максимальная глубина черпания ниже горизонта установки $h_ч$ - расстояние от горизонта установки экскаватора до режущих кромок зубьев ковша при черпании.

Радиус черпания на уровне установке экскаватора $R_{ч.у}$ - минимальное расстояние от оси вращения экскаватора до кромке зубьев на уровне установки экскаватора.

Одноковшовый экскаватор типа "механическая лопата" - универсальная выемочно-погрузочная машина, с помощью которой могут разрабатываться самые разнообразные породы в самых различных условиях. Поэтому машинам такого типа уделяется повышенное внимание.

В последнее время все более широкое применение в карьерах находят гидравлические экскаваторы типа ЭГ, которые по сравнению с тросовыми экскаваторами более мобильны, компактны и легче по весу. Универсальность навесного оборудования (ковши «прямая лопата», «обратная лопата», грейфер и др.) позволяет использовать такие экскаваторы для селективной выемки руд в сложных забоях, планировки подошвы уступов, проходки

траншей и т.п.

Тенденция широкого внедрения гидравлических экскаваторов в практику открытых горных работ объясняется наличием у этих экскаваторов конструктивных и технологических преимуществ по сравнению с тросовыми экскаваторами. Основными из них являются:

- дополнительная степень свободы рабочего оборудования (одновременная подвижность стрелы, рукояти и ковша), обеспечивающая получение регулируемой траектории черпания и слоевую (сверху вниз) разработку пород;

- в 1,5-2,5 раза меньшая удельная (на 1 м³ вместимость ковша) металлоемкость конструкции;

- повышенное усилие копания на зубьях ковша;

- быстрый монтаж (демонтаж) рабочего оборудования, позволяющий использовать на одной машине различные его конструкции, что обеспечивает в заданный момент соответствие технологических параметров экскаватора условиям разработки.

Гидравлические экскаваторы с рабочим органом «обратная» лопата имеют по сравнению с гидравлическими экскаваторами с рабочим органом «обратная» лопата следующие преимущества:

- увеличенный радиус черпания на уровне стояния экскаватора;

- возможность верхнего и нижнего черпания и погрузки транспортных средств на уровне стояния экскаватора, ниже и выше него;

- лучшую возможность селективной выемки пород при установке экскаватора на кровле разрабатываемого уступа и возможность выемки из-под слоя воды.

Гидравлические экскаваторы, производимые за рубежом, имеют названия, определяемые фирмой-производителем. Номенклатура зарубежных экскаваторов чрезвычайно широка, а некоторые параметры наиболее распространенных моделей приведены на рис. 1.12.3 и в табл. 1.12.3.

Рабочим местом экскаватора является часть рабочей площадки уступа и забой, поверхность которого имеет криволинейную форму, а ограниченная этой поверхностью часть породного массива является объектом выемки. Геометрические размеры забоя зависят от параметров экскаваторов и характеристики горных пород.

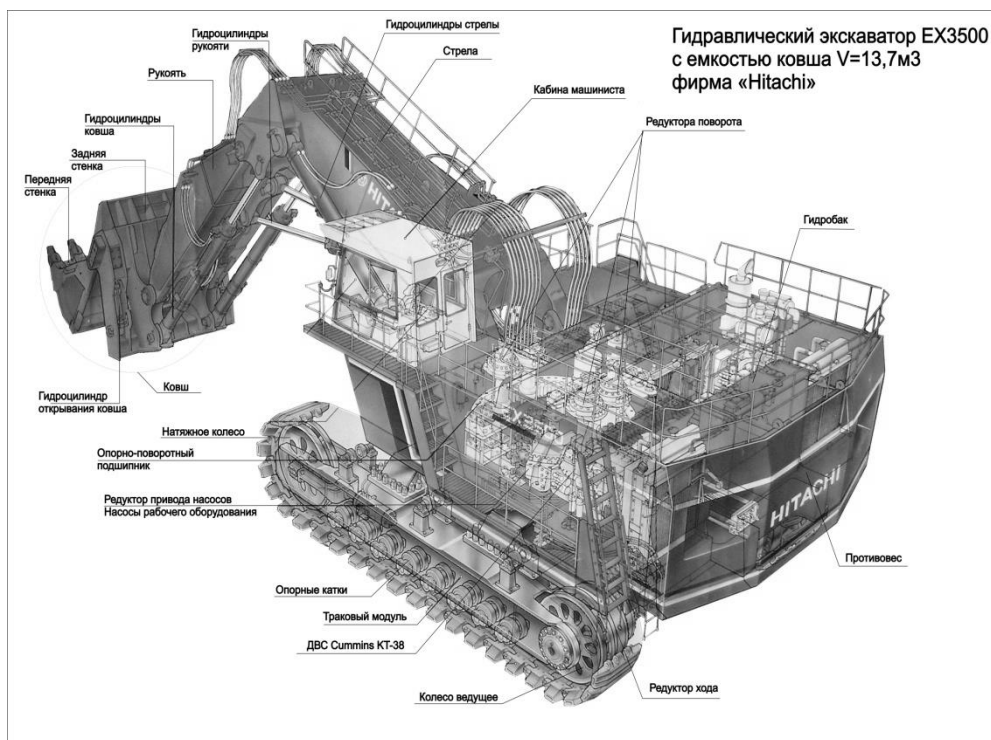


Рис. 3.3.4. Конструкция и устройство гидравлического экскаватора EX-3500 (Япония)

Таблица 3.3.2.

Крупные гидравлические экскаваторы типа «прямая лопата» зарубежных фирм

Тип экскаватора	Вместимость ковша, м ³	Масса, т	Максимальный радиус черпания, м
Маннесманн Демаг			
H 485S	26 (33)	625	19,0 (17,5)
H 455 S	25	455	18,5
H 285 S	14 (16)	322	17,7 (15,5)
H 185 S	14	216	13,0
H 135 S	10,4	133	1,6
Оренштейн-Коппель			
RH 300 E	17,5	491	18,5
RH 300	22,0	437	14,8
Хитачи			
EX 3500	18	330	15,8
EX 1800	10,3	177	13,4

Профиль забоя экскаватора с рабочим органом «механическая лопата» в мягких и средней плотности горных породах соответствует траектории движения ковша и имеет крутой ($70-80^{\circ}$) угол откоса. В предварительно разрыхленных горных породах профиль забоя устанавливается соответственно углу естественного откоса. Форма забоя должна обеспечивать наибольшую производительность экскаватора. Это достигается установлением рациональных параметров забоя (в первую очередь ширины и высоты забоя), правильным определением места установки экскаватора и др.

При выемке горной массы экскаваторы могут работать забоях следующих типов: тупиковый (траншейный), торцовый (боковой) и фронтальный (рис. 1.12.3.).

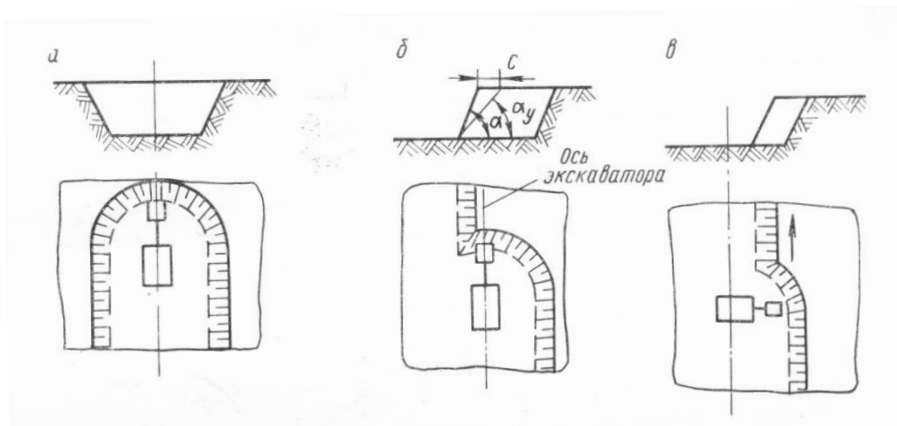


Рис. 3.3.5. Типы забоев:

а) тупиковый; б) торцовый; в) фронтальный.

Тупиковые забои в отличие от фронтальных забоев ограничены двумя свободными плоскостями – кровлей и поверхностью забоя уступа. Эти забои распространены обычно при проведении траншей, в частности, с использованием конвейерного или автомобильного транспорта.

Торцовые забои представляют собой массив горной породы, ограниченный тремя свободными плоскостями: кровлей, откосом и поверхностью забоя уступа. Они распространены на карьерах при отработке уступов заходками. При торцовом забое достигается более высокая производительность оборудования, так как здесь средний угол поворота экскаватора обычно не превышает 90° , и подача подвижного состава транспорта под погрузку удобна.

Фронтальные забои встречаются редко, так как увеличение среднего угла поворота экскаватора до 140° снижает производительность экскаватора [2].

Механические лопаты работают обычно по следующим основным схемам (Рис. 3.3.5):

- в торцевом забое с боковой разгрузкой в отвал (*a*) и в средства транспорта, расположенные на горизонте (*b*) или выше горизонта (*в*) установки экскаватора;

- в тупиковом забое с погрузкой в транспортные средства на горизонте (*г*) или выше горизонта (*д*) установки экскаватора, а также с размещением породы на бортах выработки (*e*).

- во фронтальном забое с погрузкой в средства транспорта на горизонте установки экскаватора.

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют процессы разработки месторождений полезных ископаемых?
2. Что такое уступ этаж и какие бывают размеры уступа?
3. Какая разница между ступенем и шагом вскрытия?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 AlabamaUSA
2. William A.H., Richard L.Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebovo Sweden.
3. Пучков Л.А., Жежелевский Ю.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Учебник для ВУЗов Том 1.МИР горной книги. Издательство НГГУ. Горная книга 2009 г.

3-тема: Перемещение карьерных грузов. Перемещение карьерных грузов транспортом непрерывного действия

План:

1. Процесс транспортирования горных пород на карьерах.
2. Перемещение горной массы конвейерным транспортом.
3. Перевозка горной массы. железнодорожным и автомобильным транспортом.
4. Отвалообразование вскрышных пород.

Ключевые слова и фразы: марка угля, мощность пласта, горное давление, управление горным давлением, крепление призабойного пространства, управление кровлей, системы разработки угольных месторождений, подземная газификация, выемочный комбайн, механизированный комплекс.

3.1. Процесс транспортирования горных пород на карьерах.

Перемещение карьерных грузов является наиболее энергоемким и, следовательно, дорогим производственным процессом на карьерах. Из общих затрат на открытую горную разработку месторождений на долю транспорта приходится 60—70 %.

Исходя из существа открытых горных разработок перемещению подлежат пустые породы, полезное ископаемое, некондиционное полезное ископаемое и материалы для производства горных работ.

По виду перевозимого груза и направлению на карьере формируются *грузопотоки* вскрышные и полезного ископаемого. Грузопотоки берут начало в забоях

и оканчиваются на отвалах пустых пород, некондиционных руд или на складах полезного ископаемого.

Перемещение на карьере отличается большой специфичностью, которая заключается:

в постоянстве направления перемещения грузов и относительной стабильности расстояния перемещения в течение определенного периода;

в большой интенсивности движения;

в сложности трасс перемещения как в профиле, так и в плане, их нестационарности, т. е. необходимости их перемещения вслед за горными работами в карьере и на отвалах;

в очень большом различии свойств перемещаемой горной массы, характеризующейся в скальных породах большим диапазоном плотности, абразивностью, различной кусковатостью, а в мягких породах—влажностью, налипаемостью, но во всех случаях динамическими нагрузками при загрузке.

Для перемещения карьерных грузов используются почти все виды транспорта, которые разделяются по принципу действия:

на непрерывный (конвейерный, трубопроводный, подвесные канатные дороги);

на циклический (железнодорожный, автомобильный, скиповый, грузоподъемные устройства, конвейерные поезда, пневмоконтейнерный, гравитационный).

Каждый вид транспорта обладает своей специфичностью, поэтому для его эффективного использования, в зависимости от горно - технических условий, он может применяться в грузопотоках в единственном виде или в комбинации с другим.

В настоящее время наибольшее количество горной массы на карьерах перевозится автомобильным и железнодорожным транспортом.

Транспорт непрерывного действия является наиболее эффективным видом транспорта, обеспечивающим поточность производства горных работ,

автоматизацию управления и высокую производительность труда. Его сочетание с выемочно - погрузочной и отвалообразующей техникой позволяет создавать полностью автоматизированные высокопроизводительные комплексы для разработки горных пород, например, комплексы с роторными и многоковшовыми экскаваторами , с конвейерным транспортом, с транспортно - отвальными мостами или

отвалообразователями; гидравлические комплексы из гидромониторов или земснарядов и трубопроводного гидравлического транспорта или драг, которые включают в себя и обогатительное оборудование.

Применение комплексов непрерывного действия для разработки горных пород на карьерах упрощает грузопотоки, повышает степей;, использования оборудования на карьере.

3.2 Перемещение горной массы конвейерным транспортом

Конвейерный транспорт является относительно молодым видом транспорта на карьерах, хотя как вид транспорта для перемещения материалов, особенно сыпучих, используется давно.

Конвейер представляет собой металлическую ферму, в которой в качестве несущего органа используется резиновая лента (ленточные конвейеры), цепь со скребками (скребковый конвейер), пластины (пластинчатый конвейер) или желоба (вибрационный конвейер).

На карьерах для перемещения мягких, дробленых скальных и полускальных горных пород получили распространение ленточные конвейеры. Принцип их работы заключается в перемещении горной породы на конвейерной ленте, которая приводится в движение тяговым устройством в виде барабанного привода. Лента на своем движении опирается на роликовые опоры, которые, в свою очередь, закреплены на раме конвейера. Для транспортирования мягких горных пород применяются конвейеры с жесткими неподвижными роликоопо - рами, для скальных и полускальных пород—с ролико - опорами на гибких подвесках или опирающиеся на специальные тележки.

Для уменьшения нагрузки на конвейерную ленту применяют дополнительные тяговые органы в виде канатов (канатно - ленточный конвейер), цепей, тележек (колесно - ленточный конвейер). В этом случае лента служит только как емкость для размещения горной массы.

Конвейерная линия состоит из отдельных секций (ставов) с приводом и натяжным устройством. Длина конвейерного става зависит от прочности ленты и конструктивных особенностей конвейера.

Перегрузка горной массы с одного става на другой предусматривается через консоль одного става в бункер другого.

По назначению и месту расположения в карьере конвейерный транспорт различают на забойный, сборочный, подъемный, магистральный и отвальный (рис. 46).

Забойные конвейеры располагаются на рабочей йло - щадке уступа, они предназначены для транспортирования горной массы от экскаватора до сборочного конвейера. Ввиду того, что фронт работ в карьере постепенно подвигается, предусмотрено перемещение забойных секций конвейеров с помощью специальной техники (турнодозеров) или самостоятельно, с помощью гусеничного или шагающего механизма.

Сборочные (передаточные) конвейеры располагаются в торцевых частях карьера, они предназначены для транспортирования горной породы от одного или нескольких забойных конвейеров к подъемнику. Сборочные конвейеры перемещаются, как правило, вслед за забойными конвейерами параллельно своей оси, поэтому их передвижка предусматривается по рельсовому пути или гусеничным ходом.

Подъемные конвейеры располагаются в нерабочей или временно нерабочей зоне карьера (в траншеях или в подземных наклонных выработках) и предназначены для доставки горной массы из рабочей зоны карьера на поверхность. Подъемный конвейер принимает горную массу от сборочного конвейера при обычной конструкции под углом до 18° , а при специальной—до 50° и транспортирует ее по борту карьера на поверхность. Подъемный конвейер имеет более мощный привод и конструкцию, предусматривающие практически стационарное его расположение. Эффективность и безопасность транспортирования скальной горной массы под углом более 14° и мягких горных пород под углом более 18° обеспечиваются рифлением поверхности ленты, использованием прижимной ленты или цепной сетки, которые препятствуют скатыванию материала при движении его под наклоном.

Магистральные конвейеры располагаются на поверхности карьера и предназначены для транспортирования пород вскрыши к отвалам, а полезного ископаемого—на обогатительную фабрику или к складам.

Отвальные конвейеры располагаются на отвалах. По характеру своей работы они аналогичны забойным конвейерам, т. е. они должны перемещаться вслед за отвальным фронтом. Конструкцией предусмотрена работа их в комплексе, куда входят также перегружатели и отвалообразователи. Перегружатель выполняет функцию передаточного органа от экскаватора до забойного

конвейера или от забойного конвейера к сборочному с одного горизонта на другой, поэтому он конструктивно выполнен как самоходное устройство на гусеничном или шагающем ходу с приемным устройством и консольным расположением перегрузочного конвейера, который может находиться под любым углом наклона до 18°. В горизонтальной плоскости приемное устройство и перегрузочная консоль могут разворачиваться на 60°.

В конвейерный комплекс для транспортирования крепких горных пород входит самоходный приемный бункер с грохотильной или дробильной установкой для приема горной массы от выемочно - погрузочной машины в забое и подготовки ее к транспортированию ленточными конвейерами простым отсевом негабаритных кусков или дополнительным ее дроблением до кондиционного состава.

Технологическими параметрами конвейеров являются производительность, длина конвейерного става, угол наклона, мощность привода, при этом также учитываются ширина и скорость движения ленты.

Техническая характеристика конвейеров

Конвейер КЛ - 500 КЛЖ - 800 С - 160 КЛМЗ НКМЗ

Ширина ленты, мм 1000 1200 1600 1200 1800

Скорость движения, м/с .2,26 2,58 1,6-3,15 3,6-4,35

Производительность, т/ч 500 800 600-1950 5000-3150

Длина конвейерного

става, м. 400 800 1100 800-500

Мощность привода, кВт.. 75 150 400—800 400-1500

За рубежом наиболее крупные конвейерные комплексы для открытых разработок выпускаются в ГДР, ЧССР, ФРГ, США и России.

Технологические схемы конвейерного транспорта зависят от горногеологических условий.

При разработке горизонтальных пластовых месторождений с мягкими покрывающими породами при параллельном подвигании фронта работ и внутренним от - видообразованием вскрыта от экскаваторов забойными конвейерами подается на сборочный, который транспортирует ее непосредственно до отвальных конвейеров. Укладка породы во внутренний отвал производится отвалообразователем. Для уменьшения числа передвижений забойных конвейеров используют перегружатели между ними и экскаваторами. В этом случае при одном положении забойного конвейера экскаватор может отработать несколько заходов без остановки для его передвижения.

При разработке подобных месторождений с внешним отвалообразованием порода со сборочного конвейера подается на конвейерный подъемник, расположенный во внутренней или внешней траншее, а далее магистральным конвейером доставляется до отвала.

Схема конвейерного транспорта полезного ископаемого аналогична схеме транспорта с внешним отвало - образованием. Конвейерный подъемник полезного ископаемого может располагаться вместе с породным или в специальной траншее. Магистральным конвейером полезное ископаемое доставляется на обогатительную фабрику, к бункерам погрузочных станций железной дороги или непосредственно потребителю.

Обслуживание конвейерного транспорта заключается в передвижении забойных, отвальных и сборочных конвейеров, а также в периодическом осмотре состояния конвейерных лент, роликоопор, всех механизмов, средств автоматики и их ремонте.

Перемещение забойных и отвальных конвейерных линий осуществляется турнодозером. Он представляет собой бульдозер, оборудованный роликовым механизмом, который зажимает закрепленный на шпалах под конвейерным ставом рельс и перемещает его во время продольного хода бульдозера на 0,5—2 м. Передвижение конвейерной линии осуществляется без разборки, но при снятии натяжения ленты.

Турнодозером осуществляется предварительное планирование поверхности трассы перед передвижкой конвейера и всех питающих электрокоммуникаций.

Управление и контроль конвейерными линиями автоматически осуществляется с пульта оператора. Автоматизацией предусмотрены центрирование хода ленты, отключение в случае аварийной ситуации конвейерной линии, последовательный пуск (в обратном направлении движению горной массы) конвейерных ставов.

Автоматизация управления конвейерными линиями обеспечивает производительность труда и повышение надежности работы всех элементов.

3.3. Перевозка горной массы. железнодорожным и автомобильным транспортом.

Железнодорожный транспорт является наиболее распространенным транспортом на карьерах благодаря его надежности в любых климатических условиях, высокой производительности и эффективности в эксплуатации.

Основной его характеристикой является грузооборот, т. е. количество груза в тоннах или кубических метрах, перевозимого в единицу времени. Грузооборот карьера складывается из грузооборота пустых пород[^] полезного ископаемого и материалов.

Как вид железнодорожный транспорт представляет собой поезда, перемещающиеся по рельсовому пути. Принцип его работы заключается в перемещении вскрыши в думпкарах, полезного ископаемого в гондолах из забоев к месту разгрузки электровозами или тепловозами. Число вагонов в поезде рассчитывается из условия характеристики локомотива, пути и его состояния.

Железнодорожные пути функционально разделяются на временные и стационарные.

К временным относятся пути на рабочих площадках в карьере и на отвале, к стационарным—пути в траншеях, на транспортных бермах и на поверхности карьера .

Временный путь периодически перемещается вслед за перемещением фронта работ в карьере или отвале.

Железнодорожный путь по длине делится на участки, которые называются перегонами. Пункты, ограничивающие перегоны, называются раздельными. К ним относятся станции, разъезды и посты. Станции служат для размещения поездов, формирования составов, осмотра, обслуживания и ожидания встречного поезда при однопутном пути; разъезды предназначены только для ожидания встречного поезда (обычно груженого, которому отдается предпочтение в движении). Станции и разъезды имеют специальное путевое развитие, соответствующее назначению и грузообороту. Посты не имеют путевого развития. Они служат для остановки поезда в случае занятия поездом следующего перегона.

Схема путевого развития на карьере включает также пути примыкания карьерных путей к линиям МПС, пути на складах, монтажных площадках карьерного оборудования, депо для ремонта подвижного состава и т. п.

В зависимости от производительности карьера по - горной массе трасса стационарных железнодорожных путей в карьере может быть однопутной или двухпутной. Однопутная трасса предусматривает движение груженых и порожних поездов с разминожкой на разъездных пунктах. В этом случае для увеличения производительности железнодорожного транспорта уменьшают длину перегона, на котором по правилам эксплуатации железнодорожного транспорта может быть только один состав.

Двухпутная трасса обеспечивает движение груженых и порожних поездов по отдельным путям. Для обеспечения высоких скоростей, наоборот, стремятся увеличить длину перегона.

Путевое развитие забойных и отвальных путей предусматривает минимальные простои выемочно - погрузочных и отвальных машин и самого подвижного состава железнодорожного транспорта при обменах в забое

груженых поездов на порожние. При одном пути обмен составов осуществляется вне рабочей зоны горизонта. В этом случае для обмена требуется, чтобы порожний состав ожидал на обменном пункте выхода груженого поезда с забойных путей. Время простоя экскаватора будет слагаться из времени движения груженого состава по забойным путям до обменного пункта и времени движения порожнего состава к месту погрузки. Для уменьшения времени простоя обменный путь устраивают в рабочей зоне горизонта, однако передвижение такого пути усложняется. При работе па горизонте двух или более экскаваторов используют два пути с обменным пунктом для второго и последующих экскаваторов.

На отвалах путевое развитие зависит от технологии отвалообразования. При экскаваторном отвалообразовании схема путевого развития аналогична забойной.

Скорость железнодорожного транспорта в карьере по стационарным путям составляет 35—40 км/ч, по забойным и обменным — 15—20 км/ч.

Железнодорожный путь в карьере

У нас в стране на карьерах принята стандартная широкая колея—1524 мм и узкая 750 мм, за рубежом ширина колеи составляет 1250 мм.

Железнодорожный путь является сложным инженерным сооружением. Он состоит из нижнего и верхнего строения. К нижнему строению относятся земляное полотно и искусственные сооружения (мосты, путевые - ды, эстакады, тоннели, трубы), к верхнему—балласт, шпалы, рельсовые скрепления, противоугоны и рельсы. Для сооружения земляного полотна, которое является основанием для верхнего строения пути, на поверхности проходят выемки в повышенных участках трассы и сооружают насыпи на пониженных участках. В карьере земляным полотном являются горная выработка — траншея, транспортная - берма и рабочие площадки. Минимальная ширина земляного полотна па транспортной берме при широкой колее для однопутной линии составляет 6,5 м, для двухпутной при стандартном расстоянии между осями путей 4,1 м она равна 10,6 м, в траншее она составляет соответственно 8 и 12,1 м.

В конструкцию нижнего строения пути включаются кюветы и канавы для сбора и отвода воды. Ширина кювета поверху принимается равной 1,5 м, ширина канав по дну — 0,6 м, продольный уклон — не менее 0,002.

Для равномерного распределения на земляное полотно динамических нагрузок и давления от подвижного состава стационарные железнодорожные пути в карьере и при неустойчивом основании временные пути укладываются на балластный слой. В качестве балласта используется щебенка размером 20—80 мм из крепких горных пород. Толщина балластного слоя

изменяется от 25 до 40 см на постоянных путях и от 15 до 20 см — на временных. Расход балласта составляет 600— 1200 мукм. Шпалы представляют собой деревянные брусья, пропитанные антисептиком против гниения, или железобетонные изделия длиной 270 мм. Они укладываются на земляное полотно или балластный слой на расстоянии друг от друга не менее 250 мм, т. е. 1440— 2000 шт. на 1 км пути. На каждой шпале располагают металлические подкладки, посредством которых к шпале костылями или шурупами крепится рельс.

Для препятствия продольному перемещению рельсов во время торможения поезда на стационарных путях на перегонах ставятся противоугоны, представляющие собой металлический зажим, упирающийся в шпалу.

В зависимости от грузоподъемности подвижного состава и грузооборота на карьерах применяют различные типы рельсов, характеризующиеся массой 1 м, Рельс Р - 38 (масса 1 м равна 38,4 кг) применяют при небольшой интенсивности движения и нагрузке на оси подвижного состава 155 кН; Р - 43 (масса 1 м равна 43,6 кг) — при нагрузке на оси до 250 кН; Р - 65 и Р - 75 — при нагрузке на оси более 280 кН и грузообороте 20—25 млн. т. Длина рельса составляет 12,5 м. Для уменьшения путевых работ при наличии габарита для перевозки на карьерах используют сваренные в плетть два рельса. Рельсы между собой соединяются накладками болтовым креплением, при электротяге — отрезком медного кабеля и периодически заземляются через заземляющее устройство. Контактный провод подвешивается на кронштейнах или П - образных опорах, расположенных вдоль железнодорожного пути через 35— 45 м. Расстояние опор от пути регламентируется стандартным габаритом железнодорожного пути. Для перевода поезда с одного пути на другой служит стрелка, которая представляет собой подвижную конструкцию, приводимую в действие вручную или автоматически. В зависимости от тангенса угла (марка крестовины) применяются стрелки 1/9, 1/11.

Трасса железнодорожного пути в карьере определяется горнотехническими условиями. Она характеризуется планом и профилем пути. План пути — это горизонтальная проекция трассы, профиль — вертикальная. Путь в плане состоит из прямых участков и закруглений, сопряженных переходными кривыми. Наименьший радиус закруглений зависит от типа подвижного состава. Номинальными для постоянных путей карьера при колее 1524 мм являются радиусы менее 200 мм, для временных — 100—120 м.

Продольный профиль пути состоит из подъемов, уклонов и горизонтальных участков. Величина подъема измеряется тангенсом его угла /

и представляет собой отношение высоты подъема h к его длине L_n , выраженное в тысячных долях (%):

$$i = \text{tg} I = h/L_n.$$

Вследствие того что в железнодорожном транспорте уклоны малы, вместо проекции уклона L_n в отношении принимают непосредственно длину уклона L :

$$i = h/L$$

Максимальный подъем стационарных путей в грузовом направлении при паровой тяге составляет 25 ‰, электровозной—40 ‰; при применении тяговых агрегатов—80 ‰. Максимальное значение этого подъема допускается применять только на прямых участках пути, на кривых он уменьшается на величину t^4 , эквивалентную дополнительному сопротивлению движению поезда по кривой.

На временных путях на отвале допускается уклон не более 5‰, на рабочих горизонтах—1 ‰, на скользящих съездах в карьере—15‰.

Подвижной состав

Подвижной состав карьерных железных дорог состоит из вагонов и локомотивов.

Вагоны для перевозки вскрыши называются думпками, полезного ископаемого—гондолами и хопперами.

Думпкар представляет собой мощную платформу, способную выдерживать большие динамические нагрузки при разгрузке ковшей экскаваторов. Разгрузка думпкара осуществляется наклоном его в одну или другую сторону с помощью пневматических цилиндров. При этом борт думпкара откидывается или поднимается рычажным механизмом.

Гондолы и хопперы представляют собой вагоны без крыши с разгрузкой через отверстия, образующиеся в гондолах открытием люков в днище, в хопперах — в нижней части боковых стенок.

Техническая характеристика подвижного состава включает основные данные:

грузоподъемность вагона — наибольшая масса груза, допустимая к перевозке. Его вместимость устанавливается с учетом меньшей объемной массы породы, перемещаемой на карьерах;

масса тары вагона—собственная масса вагона;

количество осей вагона характеризует давление на ось. Максимальная допустимая нагрузка на ось при существующей конструкции путей составляет 280—300 кН;

коэффициент тары—отношение массы тары вагона к его грузоподъемности.

Техническая характеристика думпкаров

Думпкары.	5BC - 60	BC - 85	2BC - 105	BC - 145	2BC - 180
Грузоподъемность, т . .	60	85	105	145	180
Вместимость, кузова, м ³ .	26,2	38	48,5	72	59,2
Масса тары, т	29	35	48	64,5	68
Коэффициент тары ...	0,48	0,41	0,45	0,45	0,38
Число осей	4	4	6	8	8
Нагрузка на ось, Н . . .	215,8	245,2	245,2	255	304,1
Угол наклона кузова, градус		45	45	45	45
Габариты, м:					
длина	10	10,6	13,4	16	16,2
ширина	3,2	—	3,8	3,5	3,5
высота.	2,7	3,2	3,2	3,7	3,7

В качестве локомотивов на карьерах применяют в основном электровозы и в некоторых случаях тепловозы. Электровоз имеет специальную конструкцию, способную обеспечить эффективную работу железнодорожного транспорта на карьерах с большой интенсивностью движения, сложностью трасс с малыми радиусами закруглений, большими подъемами, наличием временных забойных и отвальных путей, большой грузоподъемностью составов и неблагоприятными климатическими условиями.

Основной характеристикой электровозов является сцепной вес—это вес, отнесенный к приводным осям.

Для увеличения сцепного веса локомотивов, а следовательно, и грузоподъемности поезда специально для карьеров сконструированы тяговые агрегаты, состоящие из электровоза и одного или двух моторных думпкаров, которые включаются в состав поезда.

Питание электровозов осуществляется от контактной сети (троллей) через токоприемники (пантографы). В местах погрузки горной массы в забоях троллей располагается сбоку от железнодорожного пути, поэтому электровозы оборудуются дополнительными боковыми токосъемниками. Напряжение постоянного тока 1500— 3000 В обеспечивается карьерной преобразовательной подстанцией, располагаемой на поверхности.

Чтобы исключить трудности эксплуатации контактной сети на рабочей площадке и на отвале, тяговый агрегат имеет небольшую дизель - генераторную установку, которой достаточно, чтобы перемещать состав по забойным горизонтальным путям с небольшой скоростью.

Для тепловозной тяги в карьерах используются промышленные тепловозы.

Подвижной состав железнодорожного транспорта в карьерах включает вагоны и локомотивы

Для перевозки полезного ископаемого широко используются **карьерные вагоны** типа "гондола" грузоподъемностью 60 – 90 тонн и, частично, типа «хopper», грузоподъемностью 60 тонн. У вагонов типа "гондола" дно составлено из отдельных щитов, вращающихся на шарнирах у хребтовой балки. Опущенные щиты образуют наклонные плоскости, по которым груз высыпается на обе стороны от оси пути. Вагон типа "хopper" имеет наклонные торцовые стенки и разгружается через люки, расположенные ниже рамы вагона. Груз сыпается между рельсами или на сторону.

Карьерные вагоны характеризуются такими параметрами как грузоподъемность, вместимость кузова, коэффициент тары, нагрузка на ось, нагрузка на 1 метр пути.

Таблица 3.3.1

Характеристика карьерных вагонов

Показатели	МОДЕЛИ ДУМПКАРОВ						
	6BC-60 (модель 31-638)	7BC-60 (модели 31- 656,31- 661)	BC- 85	2BC- 105	BC-145 (модель 34-667)	BC-145 (модель 34-669)	2BC- 180
Грузоподъемность, т	60	60	85	105	145	145	180
Масса вагона, т	27	28	35	48,5	78	74,5	68
Вместимость кузова, м ³	30	32	38	50	68	50	58
Число осей	4	4	4	6	8	8	8
Нагрузка на рельсы от оси, кН	212,7	214,9	294	256	273,17	272,6	304
Длина по осям автосцепок, м	11,83	11,83	12,17	14,9	17,63	17,63	17,58
Ширина, м	3,21	3,204	3,52	3,75	3,5	3,38	3,46
Высота, м	2,867	2,99	3,236	3,241	3,635	3,49	3,285
Коэффициент тары	0,45	0,468	0,41	0,46	0,538	0,537	0,38
Число разгрузочных цилиндров	4	4	4	4	8	8	8

Грузоподъемность – максимальный вес груза, который может быть погружен в вагон по условию его прочности.

Для перевозки полезных ископаемых из карьера на расстояние более 20-25 км используют вагоны грузоподъемностью 63, 94 и 123 т. При меньших расстояниях для перевозки угля экономичнее применять специализированные вагоны-самосвалы грузоподъемностью 90-140 т при вместимости до 142 м³.

Вместимость - объём кузова вагона. При погрузке «с верхом» объём перевозимой насыпной горной массы может на 20-25% превышать объём кузова вагона. Для перевозки вскрышных пород и полезного ископаемого применяются саморазгружающиеся вагоны - думпкары грузоподъемностью до 180 т с односторонней или двухсторонней разгрузкой.

По условиям прочности и загрузки вместимость думпкара должна быть в 4-6 раз больше емкости ковша экскаватора. Масса отдельных кусков не должна превышать 3-3,5 т при высоте разгрузки от дна вагона $h_p = 2 \dots 2,5$ м и 5-6 т при $h_p \leq 0,5$ м.

Степень использования грузоподъемности вагона и его вместимости зависит от плотности перевозимой породы. Масса (т) перевозимой породы в вагоне определяется по формуле

$$q_{zp} = E_e \gamma_n k_{zag}, \quad (4.2.1)$$

где: E_e - вместимость вагона, м³;

γ_n - насыпная плотность породы в вагоне, т/м³;

k_{zag} - коэффициент загрузки вагона, доли ед.

$$\gamma_n = \frac{\gamma_u}{k_p} \quad (4.2.2)$$

где: γ_u - плотность породы в целике, т/м³;

k_p - коэффициент разрыхления породы в вагоне, доли ед.

При недогрузке вагона $k_{zag} < 1$, при погрузке «с верхом» $k_{zag} > 1$. Так как масса породы в вагоне не должна превышать его грузоподъемности q_e , то коэффициент загрузки вагона определяется по формуле

$$k_{zag} = \frac{q_e}{E_e \gamma_n} \quad (4.2.3)$$

При $\gamma_n > q_e/E_e$ вместимость вагона используется частично и величина $k_{zag} < 1$. При $\gamma_n < q_e/E_e$ вагон может грузиться с верхом ($k_{zag} \leq 1,25$).

Коэффициент тары вагона

$$k_m = \frac{q_m}{q_e} \quad (4.2.4)$$

где q_m - масса вагона, т.

Масса тары зависит от типа вагона и способа его разгрузки. Наибольшую массу имеют думпкары (за счет опрокидного устройства), наименьшую – глухие гондолы. В равных условиях с уменьшением коэффициента тары возрастает экономичность перевозок. У карьерных вагонов k_m изменяется от 0,28 - 0,3 до 0,5 - 0,7. Сумма полезной и собственной массы вагона составляет его общую массу.

Часть общего веса вагона (тара и полезный вес), приходящаяся на каждую ось, характеризует нагрузку на ось и определяет требования, предъявляемые к верхнему строению пути. Суммарная грузоподъемность вагонов одного поезда составляет его полезную массу.

Допустимая нагрузка на ось, определяемая конструкцией и прочностью верхнего строения пути, обычно составляет 260 - 300 кН. С увеличением грузоподъемности вагонов число осей повышается с четырех до шести-восьми.

Нагрузка на 1 м пути равна отношению общего веса вагона к его длине. Она характеризует возможность проезда по искусственным сооружениям (мосты, путепроводы и др.)

Локомотивы. В качестве локомотивов на карьерах применяются электровозы, тепловозы и тяговые агрегаты.

Достоинствами электровозов являются относительно высокий КПД, равный 14-16%, высокая скорость движения на руководящем подъеме, способность преодоления подъемов до 40 ‰, постоянная готовность к работе, простое обслуживание и надёжная работа в суровых климатических условиях. Наибольшее применение получили контактные электровозы, работающие на постоянном токе напряжением 1500 и 3000 В (табл. 4.2.2). Недостатками электровозов являются зависимость от источника энергии и значительные затраты на строительство контактной сети и тяговой подстанции.

Таблица 1.19.2

Характеристика электровозов для карьеров

Параметры	Электровозы постоянного тока				Электро- возы пере- менного тока
	EL-2	EL-1	21E	26EM	Д-94
Сцепной вес, кН	1000	1500	1500	1800	940
Осевая формула	2 ₀ +2 ₀	2 ₀ +2 ₀ + 2 ₀	2 ₀ +2 ₀ +2 0	2 ₀ +2 ₀ + 2 ₀	2 ₀ +2 ₀
Напряжение сети,	1500	1500	1500	1500	10000

В					
Мощность (при часовом режиме), кВт	1350	2020	1510	2480	1650
Тяговое усилие (при часовом режиме), кН	160	242	198	317	200
Скорость движения, км/ч	30	30	28	28,7	30
Нагрузка на ось, кН	250	250	250	300	235
Минимальный радиус кривой, м	50	60	60	60	75
Высота (с опущенным пантографом), мм	4660	4660	4800	4960	5250
Длина, мм	13820	21320	20960	21470	16400

Наличие контактной сети на забойных путях усложняет организацию взрывных и выемочно-погрузочных работ. Устройство, содержание и передвижка забойных и отвальных железнодорожных путей у контактной сети сложнее по сравнению с путями бесконтактной сети. Основным элементом контактной сети является контактный провод. В качестве контактного провода используется медный провод сечением 65,85 и 100 мм². Для подвески контактного провода применяются деревянные, металлические и железобетонные опоры для исключения контактной сети на передвижных путях электровозы оборудуются дизель-генераторным агрегатом, который используется при движении по передвижным путям. Такие локомотивы называются дизель - электровозами.

Тепловозы имеют дизельный двигатель внутреннего сгорания, что обеспечивает его автономность и исключает необходимость контактной сети, стоимость которой составляет 12-15% общей стоимости железнодорожного транспорта. Тепловозы обладают высоким КПД, равным 24-26%, и способны преодолевать значительные подъемы. Большинство современных тепловозов имеют электрическую трансмиссию. От главного генератора электроэнергия поступает к тяговым двигателям постоянного тока, установленным непосредственно на полуосях тепловоза. Применяемые в карьерах тепловозы предназначены для работы на путях МПС и не отвечают специфическим особенностям работы карьерного транспорта, поскольку резко снижают скорость при движении на подъем. К недостаткам тепловозов относится также сложность их ремонта.

Тяговые агрегаты представляют собой сочетание электровоза управления, секции автономного питания (дизельная секция) и несколько моторных думпкаров.

Электровозы и тепловозы характеризуются мощностью, силой тяги, расчетной и сцепной массой, расположением и назначением осей, давлением на ось и проходимостью по кривым. Мощность локомотивов N_l (кВт) может быть выражена через индикаторную силу тяги F (кН) и скорость движения v (км/ч).

$$N_l = \frac{Fv\eta}{3,7}$$

где η - КПД передачи от двигателя к ведущим колесам.

Сцепной вес локомотива $P_{сц}$ и сцепная масса его $M_{сц}$ - часть веса (массы), приходящаяся на движущие оси. В электровозах и мотовозах обычно все оси являются движущими, а общий (расчетный) вес и масса локомотива P_p и M_p - это и есть его сцепной вес (масса) для электровозов и мотовозов

$$P_p = P_{сц},$$

или

$$M_p = M_{сц},$$

Сцепная сила тяги $F_{сц}$ - внешняя сила, затрачиваемая в основном на преодоление сопротивления движения и уменьшающаяся с увеличением скорости. При небольших скоростях движения, характерных для карьерного транспорта, сила тяги ограничивается сцепной силой тяги (Н):

$$F_k \geq F_{сц} = 1000\psi P_{сц}$$

где F_k и $F_{сц}$ - касательная и сцепная сила тяги;

$P_{сц}$ - сцепная масса, т;

ψ - коэффициент сцепления между бандажами ведущих колес локомотива и рельсами, при движении $\psi_{дв} = 0,18-0,26$, а при трогании с места $\psi_{тр} = 0,24-0,34$

Наличие моторных думпкаров в составе тягового агрегата позволяет значительно увеличить сцепной вес и полезную массу поезда (в 2-2,5 раза по сравнению с электровозами) или руководящий подъем (до 60 промилле). Наличие же дизельной секции в составе тягового агрегата обеспечивает возможность исключения контактной сети на передвижных путях.

Тепловозы (в основном с электрической трансмиссией) имеют высокий КПД, автономность питания, небольшой расход условного топлива и не требуют строительства контактной сети и сопутствующих сооружений. Основные их недостатки - недопустимость перегрузки

двигателей внутреннего сгорания, малая величина преодолеваемых подъемов (до 30%), относительно быстрый износ дизелей, узлов и деталей, сложность ремонта. Область рационального использования магистральных тепловозов сцепной массой 150-180 т ограничивается карьерами с грузооборотом до 25 млн. т/год и глубиной до 100 м, а тепловозов сцепной массой до 70 т – карьерами с грузооборотами до 5 млн. т/год.

Тенденции развития промышленности свидетельствуют об увеличении единичной мощности применяемого на карьерах оборудования. Увеличение сцепного веса локомотивов влечет за собой повышение полезной массы поезда до 1200 – 1500 тонн. При использовании мощных экскаваторов уменьшается их общее количество в карьере, упрощаются схемы путевого развития на уступах и руднике в целом.

Наибольшее распространение получила в настоящее время тупиковая схема с расположением обменного пункта за пределами фронта работ. Она обеспечивает минимальные объемы путепереукладочных работ, низкие затраты на содержание пути, простую организацию движения поездов на уступе. Недостатком схемы является низкий коэффициент обеспечения забоя порожняком. Особенно он снижается при большой протяженности фронта работ.

Рельсовые пути. По условиям эксплуатации рельсовые карьерные пути делятся на стационарные, сохраняющие свое положение постоянно или в течение длительного времени (пути на поверхности, транспортных бермах и в капитальных траншеях), и временные пути, периодически перемещаемые (на уступах и отвалах).

Главным параметром рельсового пути является ширина колеи. На средних и крупных карьерах принята стандартная колея шириной 1520 мм (рис. 4.2.1). На карьерах с небольшим грузооборотом применяют узкую колею шириной 750 мм, иногда 900 и 1000 мм. Линия, положение которой в пространстве определяет план и профиль оси земельного полотна, называется трассой пути. Горизонтальная проекция трассы является планом пути, вертикальная – его продольным профилем.

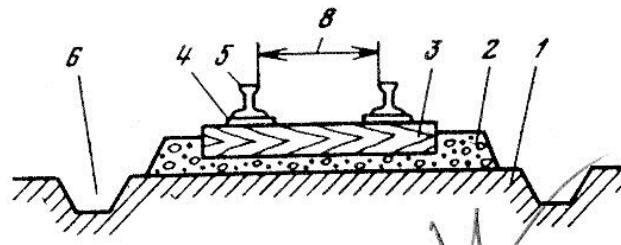


Рис. 4.2.1 Схема строения железнодорожного пути:

1 – земляное полотно; 2 – балласт; 3 – шпала;
4 – подкладка; 5 – рельс;
6 – водоотводная канава; B – ширина колеи

Рельсовый (железнодорожный) путь (рис. 4.2.1) состоит из верхнего и нижнего строений. Нижнее строение представляет собой земляное полотно с водоотливными и искусственными (мост) сооружениями. Верхнее строение пути состоит из балласта, шпал, рельсов со креплениями. Балласт необходим для равномерного распределения давления и смягчения ударов от подвижного состава на земляное полотно и защиты его от промерзания, отвода поверхностных вод. Шпалы служат для крепления к ним рельсов и передачи давления от подвижного состава на балласт. Применяются железобетонные, металлические и деревянные шпалы. Стандартная длина шпал 270 см. Рельсы служат для направления колес подвижного состава и передачи давления на шпалы. Применяемые на карьерах типы рельсов отличаются между собой массой 1 м. Применяют рельсы типов: Р-18, Р-22, Р-34, Р-50 и др. (соответственно 18, 22, 34 и 50 кг). Тип рельсов выбирается в зависимости от нагрузки на ось подвижного состава, назначения пути и интенсивности движения. Стандартная длина рельса 12,5 и 25 м.

Путь в плане состоит из прямых и закруглений, сопряженных переходными кривыми. Минимальный радиус закругления R зависит от типа подвижного состава и ширины колеи. Нормальными для всех карьерных путей считаются радиусы не менее 200 м для колеи шириной 1520 мм и 100 м для колеи шириной 750 мм. На временных путях допускаются радиусы кривых 120-150 м.

Продольный профиль пути состоит из наклонных и горизонтальных участков. Величина подъема уклона пути i , выражается в виде десятичной дроби или в промиллях (числом тысячных единиц тангенса угла подъема, т.е. $i = 1000 \operatorname{tg} \alpha, ‰$).

Максимальный затяжной подъем пути в грузовом направлении, по величине которого определяется масса поезда при движении с расчетной скоростью, называется руководящим подъемом i_p . Экономически эффективная величина руководящего подъема для железнодорожного

электрифицированного транспорта при однократной тяге не превышает 40 и 60‰ соответственно с использованием электровозов и тяговых агрегатов.

Величина уклона пути i_p , зависит, прежде всего, от величины сцепного веса локомотива, полезной массы поезда [1, 2]:

$$i_p = \frac{F_{сч}}{k_{\omega}(P_p + nq_{\epsilon}k_{\epsilon})}, \text{ ‰}$$

Где i_p - руководящий уклон, ‰;

$F_{сч}$ - сцепная сила тяги, т;

P_p - вес локомотива, т;

n - количество вагонов в составе, штук;

q_{ϵ} - грузоподъемность вагона, т;

k_{ϵ} - коэффициент общей массы вагона $K_B = 1 + k_m$;

k_{ω} - коэффициент, учитывающий основное сопротивление движению, $k_{\omega} \approx 1,1 \dots 1,2$.

Технология работы железнодорожного транспорта

Технология работы железнодорожного транспорта заключается в перевозке горной массы к местам разгрузки. Порожние составы со станций направляются в забой под погрузку к экскаватору, который к моменту подхода порожняка должен закончить погрузку состава. Ввиду того что на карьере в работе находится много экскаваторов, сбор информации о состоянии погрузки составов централизован. Информация накапливается у диспетчера через радиосвязь, который по своему опыту или с помощью ЭВМ определяет время окончания погрузки состава у каждого экскаватора и время движения к нему порожнего состава. Исходя из минимума простоев экскаваторов и подвижного состава, он определяет маршрут порожняка. При движении груженого состава из карьера локомотив находится в голове поезда, при подаче порожнего состава в забой — в конце. Погрузку начинают с последнего вагона периодической

передвижкой состава по сигналу машиниста экскаватора, а разгрузку на отвале — с первого вагона поезда.

После отработки заходки на горизонте или заполнения полосы на отвале железнодорожные пути передвигают. В среднем на 100 тыс. м³ породы, разрабатываемой на карьере и разгружаемой на отвале, перемещается соответственно 0,8—1 и 0,4—0,6 км путей.

Передвижка пути при разработке скальных пород является многооперационным трудоемким процессом, который выполняется 3

зависимости от механизации с разборкой пути или без нее. Процесс передвижки пути с разборкой заключается в планировке трассы, разборке звеньев пути и последовательном их перемещении железнодорожным краном на новую трассу, перемещении опор контактной сети, соединении звеньев, рихтовке но оси пути и выравнивании пути в горизонтальной плоскости, подштопке и устранении повреждений крепления рельсов к шпалам, которые происходят при отрыве шпальной клетки от земляного полотна, особенно в зимнее время.

Переукладка пути краном может проводиться наступающим и отступающим ходом. При переукладке звеньев отступающим ходом - кран движется от туника. В этом случае можно начинать переукладку пути еще до окончания отработки экскаваторной заходки. При переукладке пути наступающим ходом кран должен прежде всего уложить рельсовое звено, а затем уже перемещать звенья старого пути. В случае, когда вылет стрелы крана меньше шага переукладки, работа ведется в два приема. Сначала кран, двигаясь от тупика, раскладывает звенья в промежутке между старой и новой трассой, а потом наступающим ходом укладывает звенья в новую трассу.

Передвижка пути без разборки осуществляется тур - подозером или путепередвижателем цикличного действия за несколько проходов после планировки трассы и всей поверхности. Шаг передвижки за цикл у турнодозера составляет 0,2—0,3 м, у путепередвижателя цикличного действия 0,7—0,9 м. Опоры контактной сети, если они установлены на независимых от пути основаниях, перемещаются турнодозером или специально оборудованной для этой цели машиной на базе трактора. Опоры, закрепленные на шпалах, перемещаются вместе с железнодорожным путем. После его передвижки

производятся операции рихтовки и выравнивания в горизонтальной плоскости и ремонт пути. К сожалению, все операции, кроме самого перемещения или передвижки, мало механизированы, поэтому они выполняются бригадой в 8—12 чел., включая машинистов крана, турнодозера или путепередвижателя.

Производительность крановой переукладки 500—700 м/ч, путепередвижателя цикличного действия—450—550 м/ч, турнодозера—5—7 тыс. м²/ч.

При разработке мягких горных пород многоковшовыми или роторными экскаваторами, особенно с транс - портно - отвальными мостами, передвижка пути осуществляется путепередвижателями непрерывного действия без разъединения рельсовых стыков и вместе с опорами контактной сети. Путь последовательно сдвигается в сторону до тех пор, пока не займет нового положения.

Путепередвигатели непрерывного действия подразделяются по способу передвижения на прицепные и самоходные и по конструкции — на консольные и мостовые. Прицепной путепередвигатель, присоединенный к транспортно - отвальному мосту или многоковшовому экскаватору, перемещает путь сразу вслед за экскаватором на ширину заходки.

Принцип работы путепередвигателей непрерывного действия заключается в том, что путь с помощью роликовых захватов поднимается на высоту 0,2—0,4 м и смещается в сторону на 0,2—0,4 м. Самоходный или прицепной к локомотиву путепередвигатель перемещает путь при движении со скоростью 8—12 км/ч. Преимуществом консольного типа передвижки пути является возможность осуществления ее в тупиках, а мостового—большой шаг передвижки.

Производительность путепередвигателей непрерывного действия достигает 1000 м²/ч при практическом отсутствии необходимости вспомогательных работ по рихтовке пути и небольшом объеме его ремонта. Обслуживание и ремонт подвижного состава железнодорожного транспорта осуществляются в специальном депо на промплощадке. Осмотр подвижного состава производится регулярно на станциях перед выходом в карьер.

3.4 Перевозка горной массы автомобильным транспортом

Автомобильный транспорт имеет широкое распространение на карьерах благодаря своей автономности, мобильности, высокой эффективности работы в сложных топографических, геологических и суровых климатических условиях и является более простым по сравнению с железнодорожными транспортными коммуникациями.

Наиболее эффективная область применения автомобильного транспорта — карьеры малой и средней производительности, глубокие горизонты крупных карьеров в комбинации с железнодорожным транспортом или подъемниками. Применение автомобильного транспорта на карьерах относится к периоду его возникновения и развития.

Автомобильный транспорт на карьерах характеризуется, как и железнодорожный, грузооборотом, т. е. количеством груза в тоннах, перевозимого в единицу времени.

Как вид транспорта он представляет собой емкость с индивидуальным двигателем на пневмоходу.

Принцип его работы заключается в перемещении горной массы по автодороге из забоев к пунктам приема и разгрузке ее.

Автомобильные дороги в карьере разделяются на капитальные и временные. Капитальные дороги сооружаются на стационарных участках трассы на

поверхности карьера, в траншеях и на транспортных бермах. Временными являются дороги в забоях, на рабочей площадке, скользящих съездах и отвалах. Дороги характеризуются *грузонапряженностью*, т. е. - количеством груза в тоннах, отнесенного к одному километру пути, и *интенсивностью движения*, т. е. числом машин, проходящих в одном направлении в единицу времени. В зависимости от грузоподъемности и интенсивности движения капитальные дороги делятся на три категории, каждая из которых характеризуется своими особенностями покрытия дорог и их параметрами.

Капитальная автомобильная дорога состоит из основания с кюветами, водоводными каналами, насыпями, путепроводами, мостами, дорожного полотна, включающего проезжую часть с обочинами.

Параметрами дорог являются: ширина проезжей части, радиус закруглений, уклон в продольном направлении и в поперечном на виражах, наименьшее расстояние видимости поверхности дороги и автомобиля.

Покрытие дорог выполняется из бетона, асфальтобетона с щебеночным основанием. Толщина покрытия зависит от грузоподъемности автосамосвалов и интенсивности движения.

На подверженных снежным заносам участках капитальных автомобильных дорог сооружаются снегозащитные устройства пассивного или активного действия. Снегозащитные устройства пассивного действия устанавливаются в зимнее время, они осаждают снега снеговетрового потока с подветренной стороны дороги. Снегозащитные устройства активного действия представляют собой постоянные сооружения в виде сплошных щитов высотой до 6 м, устанавливаемых на опорах на высоте 2 м от поверхности дороги с наклоном в сторону господствующих ветров. Принцип их действия заключается в том, что снеговой поток сжимается до величины щели, тем самым увеличивается его скорость, которая препятствует осадению снега на дороге.

Временные дороги не имеют нижнего строения и мощного покрытия, как капитальные. Временные дороги в карьере и на отвалах прокладываются бульдозерами с подсыпкой щебенки. Участки дороги с нескальным основанием могут иметь покрытие из железобетонных плит.

Трассы автомобильных дорог в карьере сложные, они включают в плане прямые участки и петли с радиусами 100—200 м и в профиле—горизонтальные и наклонные участки с уклоном до 100‰ на капитальных дорогах и до 120—150‰—на временных.

Основным показателем автомобильной дороги является пропускная способность, зависящая от качества и состояния ее. Для повышения пропускной способности автомобильной дороги в карьере применяется

освещение дорожными фонарями или общекарьерными специальными светильниками.

Пропускная способность автодороги (машин/ч) в одном направлении определяется по выражению

$$N = v/a,$$

где v — расчетная скорость движения автосамосвала, км/ч; a —расстояние видимости, равно не менее 50 м. В обычных условиях расстояние видимости (м)

$$a = v + 0,04v^2 + 6.$$

Схема дорожного движения в карьерах строится с учетом правостороннего примыкания к главной трассе грузопотока от рабочих горизонтов отвала без пересечений и возможного обеспечения поточности движения.

Автомобильный транспорт на карьерах в настоящее время представлен автосамосвалами грузоподъемностью от 12 до 110 т отечественного производства и 110—250 т—производства фирм “Камацу” (Япония), “Лектрахол” (Канада). Автосамосвалы оборудованы гидроподъемниками для опрокидывания кузова назад при разгрузке. Радиусы разворота—от 8,3 до 14 м, скорость движения — до 60 км/ч. Самосвалы грузоподъемностью до 45 т имеют дизельный двигатель с механической передачей на задние колеса. Самосвалы большой грузоподъемности оборудуются дизель - генераторной установкой с электрической передачей энергии мотор - колесам. Техническая характеристика карьерных автосамосвалов приведена в табл.

Полуприцепы используются обычно в качестве рудовозов и углевозов и с этой целью оборудуются кузовами с разгрузкой через дно или при наклоне набок, осуществляемом специальным стационарным или передвижным механизмом. На карьерах строительных материалов для перевозки горной массы применяются думпторы, обладающие минимальным радиусом разворота и кузовом, позволяющим осуществлять разгрузку опрокидыванием назад без гидравлического подъемника.

На Кальмокырском карьере успешно эксплуатировался созданный впервые в мире троллейвоз (электросамосвал), представлявший собой автосамосвал с электроприводом и питанием от контактной сети через токосъемники. Его производительность выше, чем у автосамосвалов аналогичной грузоподъемности. В настоящее время в связи с увеличением загазованности от эксплуатации автотранспорта на глубоких горизонтах карьеров и ограничением в расходах дизельного топлива интерес в мире к использованию троллейвозов на карьерах возрастает. Современные самосвалы большой грузоподъемности с мотор - колесами способны

использовать питание от контактных приводов на стационарных участках трассы.

БелАЗом разработаны типовые дизель - троллейвозы - полуприцепы грузоподъемностью от 60 до 125 т. Скорость движения дизель - троллейвозов на горизонтальном участке пути составляет при питании от контактной сети 60 км/ч, от дизель - генераторной установки— 15 км/ч.

В связи с ростом выемочно - погрузочной техники увеличивается грузоподъемность карьерных автосамосвалов.

Выбор и обоснование грузоподъемности и модели автосамосвала

Автомобильный транспорт является составной частью единого погрузочно-транспортного комплекса карьера. Поэтому технологические параметры автосамосвалов и экскаваторов должны соответствовать друг другу. Только в этом случае возможно достижение высоких технико-экономических показателей добычи полезных ископаемых. В связи с изложенным в основу выбора типа и грузоподъемности автосамосвала положена взаимосвязь между вместимостью кузова автосамосвала и емкостью ковша экскаватора, на которые в свою очередь влияет производительность карьера. Поскольку главной задачей погрузочно-транспортного комплекса является обеспечение производительности карьера, то выбор моделей погрузочных и транспортных средств начинается с оценки рационального сочетания параметров «производительность карьера - емкость ковша погрузочного средства - вместимость кузова транспортного средства». Для этого используется схема рекомендуемых сочетаний грузопотока карьера, емкости ковша экскаватора и вместимости кузова автосамосвала (рис. 4.3.1). При этом учитывается, что вместимость кузова автосамосвала V_a и емкости ковша экскаватора V_k должно находиться в соотношении $V_a : V_k = 3...6$. Причем большие значения целесообразно принимать при дальности транспортирования 5 ... 7 км, а также при грузопотоках более 50 ... 70 млн. т в год. В расчетах объем кузова принимается «с шапкой», поскольку именно он является полезным объемом, который в среднем в 1,3 раза больше геометрического объема кузова. Например, для грузопотока 100 млн. т/год целесообразно применять экскаваторы с ковшом емкостью от 12,5 до 32,0 м³ при грузоподъемности автосамосвала соответственно от 90 до 355 т (рис. 1.20.1).



Рис. 1.20.1. Схема рекомендуемых соотношений грузопотока карьера, модели экскаватора - мехлопаты и автосамосвала для выбора экскаваторов и автосамосвалов

При таком широком диапазоне изменения параметров в силу вступают другие факторы, влияющие на выбор оборудования. В частности, такие, как пригодность ремонтной базы, наличие квалифицированного персонала, параметры дорог карьера и т.п. При разработке сложноструктурных месторождений ограничивающим фактором может стать качество товарной руды, для обеспечения которого требуется применение экскаваторов с ковшами определенной емкости. Учет дополнительных факторов позволяет значительно сузить диапазон оборудования, целесообразного к применению в данных условиях. Так, например, ширина проезжей части дорог в 25 м не позволяет использовать автосамосвалы грузоподъемностью более 150 т, ширина которых превышает 6,6 м. Кроме того, ремонтная база может быть приспособлена, например, для автосамосвалов грузоподъемностью не более 120 т и экскаваторов с ковшом емкостью до 15 м. Тогда для указанных условий рациональным сочетанием будет экскаватор с ковшом емкостью 12,5 м и автосамосвал грузоподъемностью 110 т. В этом случае соотношение $V_{куз}/V_k \approx 5$, что находится в рациональных пределах.

Если модель экскаватора выбрана, то диапазон рациональной грузоподъемности автосамосвалов изначально сужается [4-7].

Выбранный погрузочно-транспортный комплекс оборудования проверяется на соответствие геометрическим параметрам, таким, как высота разгрузки ковша и высота кузова автосамосвала. Так, например, высота разгрузки ковша экскаватора ЭКГ-12,5, равная 15,8 м, позволяет загружать автосамосвалы БелАЗ-7519 с «шапкой», поскольку высота кузова составляет 6,1 м. При насыпной массе $\gamma < 1,5$ т/м³ вместо автосамосвала может быть принят тягач с полуприцепом.

Таким образом, выбор и обоснование грузоподъемности и модели автосамосвала осуществляется в следующей последовательности:

- Устанавливается грузооборот карьера.
- Определяется диапазон возможного изменения грузоподъемности автосамосвала и емкости ковша экскаватора (рис. 4.3.1).
- Определяются факторы, ограничивающие возможность применяемого выемочно-погрузочного и транспортного оборудования в карьере.
- Уточняется диапазон рациональных соотношений грузоподъемности автосамосвала и емкости ковша экскаватора.
- Выбирается модель автосамосвала и модель экскаватора.

Таблица 1.20.1

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ с гидромеханической трансмиссией

Показатели	БелАЗ 7540Д	БелАЗ 7545	БелАЗ 7555	БелАЗ 7557
Грузоподъемность, т	30	45	55	90
Масса снаряженного автомобиля, т	21,75	35,0	41,5	74,0
Габариты, мм	7133х 3480х 3560	8375х 4125х 4525	8890х 4740х 4555	10340х 5400х 5340
Погрузочная высота, мм	3560	4525	4555	5340
Наименьший радиус поворота, м	8,7	9,0	9,2	11,0
Объем кузова, м ³ :				
геометрический	15	23	28	37,3
с «шапкой»	18	29	35	53,3
Двигатель	ЯМЗ- 240НМ2	ЯМЗ- 8401	КТТА-19	QST-30С
Номинальная мощность, кВт	309	405	522	783

- длина, ширина, высота

- Проверяется соответствие геометрических параметров автосамосвала геометрическим параметрам экскаватора, а также ширине проезжей части дорог в карьере в зависимости от их категорий.

Таблица 1.20.2

**Техническая характеристика автосамосвалов зарубежных фирм
(колесная формула 4x2)**

Показатели	Юнит-Риг М120	Комацу НД1200	Юклид R170	Катерпиллер Cat 789	Юнит-Риг 200	Дрессер 830Е
Грузоподъемность, т	108	120	154	154	180	218
Масса, т	63	85	101	134	144	149
Объем кузова, м ³ геометрический с «шапкой»	42 52,6	46 59,8	54 70,2	55 71,5	84 109,2	92,5 120,25
Мощность двигателя, кВт	883	883	1194	1340	1820	1641
Габариты*, мм	9980x 5230x 5310	10980x 6550x 5510	1190x 6650x 5690	12100x 6930x 5610	1430x 7800x 6450	13500x 7300x 6900
Погрузочная высота, мм	4650	4610	5300	5230	5510	6100
Радиус поворота, м	9,45	9,5	12,5	-	16,4	14,2

* длина, ширина, высота

Таблица 1.20.3

**Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ с
электромеханической трансмиссией**

Показатели	БелАЗ-7513	БелАЗ-7530	БелАЗ-7560
Грузоподъемность, т	190	220	320
Масса снаряженного автомобиля, т	107	151	240
Габариты, мм	1170x6980x5700	1390x7820x6650	14900x9250x7220
Погрузочная высота, мм	5700	6650	7220
Наименьший радиус поворота, м	13	16	15
Объем кузова, м ³ геометрический с «шапкой»	82 108	98 132	142 191
Двигатель	8РАЧ-175	QSK-60С	QSK-78С
Номинальная мощность, кВт	809	1716	2610
Мощность тягового двигателя, кВт	360	1100	1695

Примечание: *) длина, ширина, высота

Таблица 1.20.4

**Техническая характеристика дизель-троллейбусов*(колесная
формула 4x2)**

Дизель-троллейвоз	БелАЗ	«Комацу» (Япония)	«Юнит-Риг» (США)	«Вабко» (США)
Грузоподъемность, т	120	120	154	154
Масса автомобиля, т	90	87	95	102
Ток	Постоянный	Переменный	Постоянный	
Напряжение, в	1800	1000	1200	1200
Мощность дизеля, кВт	770	880	1180	1180
Наименьший радиус поворота, м	12	10	13	14
Тип токоприемника	Штанговый		Пантограф	

Примечание: *) объем кузова принимается по характеристике базового автосамосвала.

Таблица 1.20.5

Скорости движения дизель-троллейвоза и дизельного автосамосвала в различных условиях

Показатели	Значения									
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Динамический фактор ($i + W_o$), Н/кН	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Дизель-троллейвоз (120 т)	40	40	32	29	25	22	20	19	18	
Автосамосвал БелАЗ-7519 (110 т)	29	25	21	17	15	13	11	10	9	

Примечание: *) i – уклон дороги;

W_o - сопротивление качению

В СНГ в МГИ на кафедре открытых горных работ был впервые выполнен проект специального карьерного автопоезда большой грузоподъемности, обладающего преимуществами автомобильного и железнодорожного транспорта. Конструктивно он представляет собой поезд из емкостей большой грузоподъемности с мотор - колесами,, получающими питание от дизель - генераторной станции. На постоянных участках дороги предусматривается питание от троллейной линии. Помимо большой грузоподъемности (до 500 т) одним из важнейших достоинств его является возможность движения в прямом и обратном направлениях без разворота на рабочих площадках в забоях и на отвалах. Для этого предусмотрены две кабины в голове и хвосте карьерного автопоезда.

Организация работ автотранспорта

Работа автомобильного транспорта на карьере заключается в перевозке из карьера вскрыши, некондиционных руд на отвалы, полезного ископаемого — на склад или к бункерам обогатительной фабрики по карьерным автодорогам, объединенным во вскрышные грузопотоки и грузопотоки полезного

ископаемого. При широкой рабочей площадке или заходке автосамосвал подается под погрузку к экскаватору, совершая петлевой разворот в стесненных условиях.

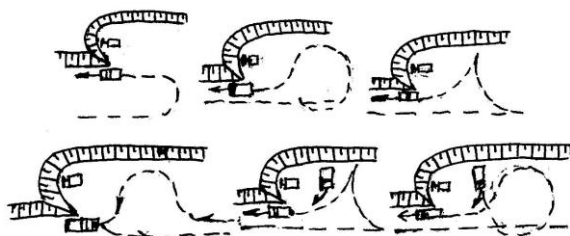


Рис 1.21.1 Схема подачи автосамосвалов под погрузку в забой на карьере:

а—с петлевым распоротом на рабочей площадке; б—с петлевым разворотом внутри заходки; в—с тупиковым разворотом внутри заходки; г—с петлевым разворотом внутри заходки и тупиковой подачей под погрузку, д и е — при установке двух машин под погрузку в забое

При ограниченной рабочей площадке и узкой заходке и несовпадении направления движения порожнего самосвала и экскаваторной заходки автосамосвал выполняет петлевой или тупиковый разворот внутри заходки, а при совпадении направления движения порожнего самосвала и экскаваторной заходки автосамосвал подается на погрузку задним ходом после тупикового разворота внутри заходки. Во всех случаях подача автосамосвала должна быть такой, чтобы при погрузке ковш экскаватора не проходил над кабиной водителя, а угол поворота экскаватора от забоя был минимальным.

Ввиду высокой стоимости автотранспортных средств их простои, как и простои выемочно - погрузочной техники, должны быть минимальными. Для их уменьшения на карьерах используют два вида организации работ автотранспорта: с закреплением определенного числа самосвалов за экскаватором в течение смены (детерминированный режим работы автотранспорта) и без закрепления, с подачей машины под погрузку каждый раз по команде диспетчера.

Организация работы автотранспорта с закреплением за экскаваторами наиболее простая и обеспечивает большую производительность, но ее применение возможно при надежной работе выемочно - погрузочной, отваловообразующей техники для перевозки вскрышных пород и однородного по составу полезного ископаемого. Организация работы без закрепления автосамосвалов за экскаваторами осуществляется с помощью авто-

матической системы, включающей средства передачи информации о состоянии экскаваторов, каждого автосамосвала, средства передачи команд водителям и электронно - вычислительную машину. Она применяется на карьерах, где требуется усреднение руды, поступающей на обогатительную фабрику из разных забоев.

В настоящее время создано несколько таких систем. Принцип работы их заключается в том, что у диспетчера накапливается информация о состоянии погрузки автосамосвалов в каждом забое и количестве отгруженной руды определенного качества с начала смены. При подходе автосамосвала - порожняка к контрольному пункту карьера высвечиванием номера экскаватора на пульте водитель получает направление движения. При подаче на разгрузку автосамосвал с рудой взвешивается, при этом автоматически считывается его условный номер и передается в запоминающее устройство ЭВМ вместе с весом и качеством доставленной руды.

Эффективность работы автотранспорта на карьере зависит от состояния автодорог. Для обслуживания дорог на карьерах, ремонта и строительства новых предусматривается специальная дорожная служба. Обслуживание дорог включает: постоянное их патрулирование для удаления с поверхности осыпавшихся с кузовов кусков породы быстроходными бульдозерами на пневмоходу, зачистку поверхности забоев от просыпи бульдозерами, очистку водоводных канав постоянных дорог, планировку временных дорог в карьере и на отвалах грейдерами, полив дорог растворами для подавления пыли в летнее время специальными карьерными поливальными машинами, посыпание песком поверхности дороги во время гололеда пескоразбрасывателями.

Строительство новых дорог по мере развития карьера планируется вместе с горными работами. Сооружение основания дороги выполняется эксплуатационной горной техникой. Профилировка поверхности дороги, сооружение водоводных канав на стационарных участках трассы, покрытие дороги выполняются автодорожной службой. Для обеспечения щебнем, песком и бетоном предусматриваются дробильно - сортировочный и растворный узлы. В качестве щебня может использоваться порода вскрыши или добываемые на специальных карьерах прочные породы. На некоторых карьерах с вечномерзлыми полускальными породами для нормальной эксплуатации мощных автосамосвалов в летнее время необходимо для предохранения оттаивания мерзлоты и уменьшения на нее динамической нагрузки покрытие дорог мощным слоем щебня.

Обслуживание автосамосвалов осуществляется в специальных помещениях автохозяйства на промплощадке. Оно предусматривает контроль

систем автосамосвалов и текущий ремонт на линии, профилактику, плановый и капитальный ремонты узлов в специализированных мастерских.

Схемы работы карьерного автотранспорта

Эффективность использования автотранспорта на карьерах в значительной степени зависит от схемы подъезда автосамосвала к забою и установки его у экскаватора. В зависимости от способа вскрытия рабочих горизонтов, размеров рабочих площадок и условий работы экскаваторов возможны сквозной подъезд автосамосвалов к экскаватору, подъезд с петлевым и тупиковым разворотом (рис. 4.3.7). Сквозной подъезд применяется при наличии двух выездов с горизонта. Автосамосвалы в этом случае движутся поточно, съезжая с магистральных дорог на забойные. Подъезд с петлевым разворотом применяется при одном выезде с горизонта. Он не требует сложных маневров. Обычно время обмена автосамосвалов не превышает продолжительности рабочего цикла экскаватора, чем достигается высокое использование экскаваторов во времени. Подъезд с тупиковым разворотом применяется в стесненных условиях при невозможности осуществления петлевого разворота. В основном эта схема подъезда применяется в тупиковых заходках при проведении траншей. При ширине рабочей площадки (основания траншей) меньше радиуса поворота автосамосвала устраиваются специальные ниши для обеспечения более свободного маневра при развороте (рис. 4.3.7). Подъезд с тупиковым разворотом вызывает уменьшение производительности автосамосвалов на 10 - 15% (по сравнению с другими схемами подъезда).

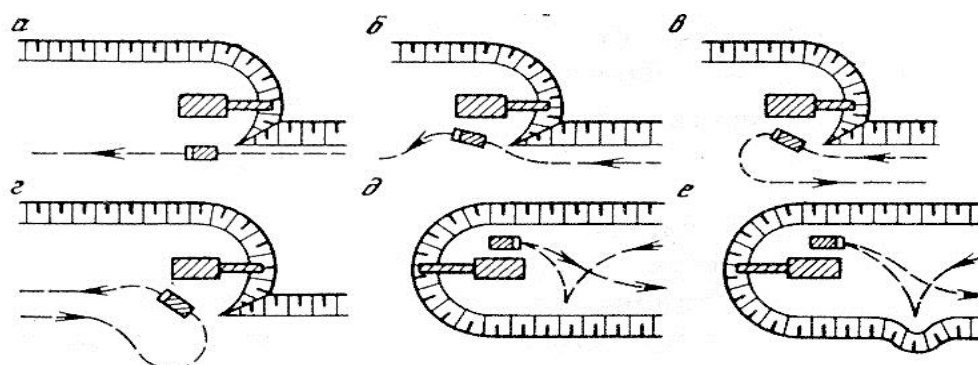


Рис. 1.21.2. Схемы подъезда автосамосвалов к экскаваторам:

а, б - сквозной подъезд; в, г - подъезд с петлевым разворотом; д, е - подъезд с тупиковым разворотом.

В зависимости от числа автосамосвалов, находящихся одновременно в забое, применяется одиночная или спаренная установка их под погрузку.

Одиночная установка автосамосвалов может производиться параллельно оси забоя (при заходках небольшой ширины), либо с разворотом (при более широких заходках). Установка автосамосвалов с разворотов позволяет уменьшить угол поворота экскаватора. Спаренная установка автосамосвалов обеспечивает более высокую производительность экскаваторов. При спаренной односторонней установке несколько осложняются маневры автосамосвалов (особенно в ночное время). Спаренная двухсторонняя установка в большей степени обеспечивает использование экскаватора во времени. Она применяется в условиях широких заходов и тупиковых забоев. Однако спаренная установка требует некоторого увеличения рабочего парка автосамосвалов. Во всех случаях установка автосамосвала под погрузку должна обеспечить минимум времени на маневры автосамосвала в забое, минимальный угол поворота экскаватора при погрузке и хорошую видимость машинистом экскаватора кузова автосамосвала в момент погрузки.

3.4 Отвалообразование вскрышных пород.

Отвалообразование и складирование являются заключительными технологическими процессами в разработке горных пород на карьерах. Насыпь пустых пород называется *породным отвалом*, насыпи пород плодородного слоя, некондиционных руд и полезного ископаемого — *складами*.

Породные отвалы различают по месту расположения относительно контура карьера, количеству ярусов отсыпки и средствам механизации отвальных работ. При разработке горизонтальных и пологих месторождений отвалы располагаются в выработанном пространстве внутри карьера. Эти отвалы называются внутренними. При разработке наклонных и крутых месторождений отвалы располагаются на поверхности за контуром карьера и называются внешними.

Отвалы отсыпаются в один или несколько ярусов. Высота яруса определяется устойчивостью, которая зависит от свойств складироваемых пород, характера рельефа поверхности, гидрогеологических и климатических условий и технологии отвалообразования. В каждом конкретном случае с учетом этих факторов устанавливается высота яруса и указывается в паспорте отвалообразования. Увеличение высоты яруса снижает затраты на Отвалообразование за счет уменьшения путевых работ и повышения производительности средств механизации отвалообразования.

Складирование полезного ископаемого обычно производится с целью усреднения качества и создания резерва для последующей переработки или отгрузки потребителю.

Механизация отвальных работ и складирования зависит от свойств горных пород и связана с видом транспортирования горной массы из карьера.

Отвалообразование мягких горных пород при конвейерном транспорте производится транспортно - отвальными мостами и консольными отвалообразователями, при доставке железнодорожным транспортом — абзет-церами или средствами гидромеханизации. Отвалообразование крепких горных пород при железнодорожном транспорте производится механическими лопатами, драглайнами, отвальными плугами и бульдозерами, при автомобильном — бульдозерами.

Отвалообразование транспортно - отвальными мостами

При разработке горизонтальных пластовых месторождений с мягкими покрывающими породами применяют внутреннее отвалообразование транспортно - отвальными мостами.

Они представляют собой конвейер на самоходных опорах с отвальной консолью, который принимает от соединенного с ним многоковшового или роторного экскаватора горную породу и перемещает ее в отвал. Мосты проектируются и изготавливаются практически индивидуально для каждого месторождения с учетом его гидрогеологических условий. Одна из опор моста располагается на породном подступе или кровле пласта, другая — на кровле пласта или на отвальном подступе. Длина моста достигает 500 м, скорость движения ленты — 10 м/с. Наибольшее распространение транспортно - отвальные мосты получили в ГДР при разработке бурого угольных месторождений.

Технология отвалообразования заключается в отсыпке с отвальной консоли в выработанное пространство при перемещении моста вдоль фронта работ. Железнодорожные пути, на которые опираются опоры моста, передвигаются встроенными путепередвижателями и поэтому при движении моста в обратном направлении производится отсыпка следующей заходки отвала.

В конструкции моста с опорой на предотвале предусмотрен сброс части породы с конвейера для отсыпки самого предотвала. После отсыпки порода в предотвале для повышения устойчивости уплотняется виброкатками.

Устойчивость отвала играет решающую роль в надежности работы транспортно - отвального моста и, следовательно, в целом карьера. Она зависит от свойств отвалообразующих пород, климатических и гидрогеологических условий. Для исключения скопления подземных и атмосферных вод в основном отвале предусматривается укладка перпендикулярно отвалу керамических и дренажных труб, по которым вода поступает в выработанное пространство и откачивается на поверхность.

Параметры отвала определяются конструкцией транспортно - отвального моста. Максимальная - высота отвала (м)

$$H_{\max} = h + H_0 - 1,5,$$

где h — мощность пласта полезного ископаемого, м;

H_0 — высота разгрузки отвалообразователя.

Вместимость отвала (м²) на 1 м фронта работ

$$S = BH_0 - 0,25B^2 \operatorname{tg} \beta,$$

где. B — шаг отвалообразования, равный толщине стружки экскаватора или ширине заходки экскаватора, м; β - угол откоса отвала.

Производительность транспортно - отвального моста определяется его технической характеристикой. Коэффициент использования в течение смены равен 0,95— 0,97. Транспортно - отвальные мосты выпускаются в ГДР.

Отвалообразование консольными отвалообразователями

Консольные отвалообразователи применяются для складирования пустых пород внутри выработанного пространства и вне контуров карьера.

Отвалообразователи представляют собой консольно установленный конвейер на гусеничном или шагающем ходу. Длина отвальной консоли достигает 225 м, угол наклона 17—18°, длина приемной консоли 60 м. Основные параметры консольных отвалообразователей приведены на рис. 20.

Технология внутреннего отвалообразования схожа с технологией отвалообразования транспортно - отвальным мостом, котопыш располагается на кровле пласта около роторного экскаватора. Через приемную консоль порода от роторного экскаватора попадает на конвейер отвальной консоли, который перемещает ее в выработанное пространство. В процессе отсыпки отвальная консоль перемещается по дуге, более полно заполняя выработанное пространство. При отработке за - ходки отвалообразователь перемещается по фронту на шаг передвижки параллельно движению роторного экскаватора.

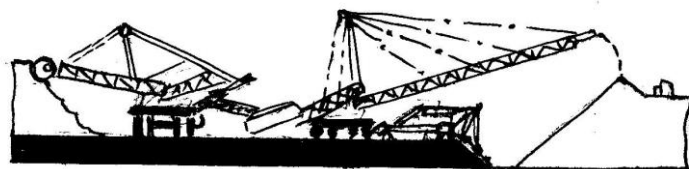


Рис 1.22.1 Схемы отвалообразования с применением:

a — консольного отвалообразователя при внутреннем отвалообразовании; b — то же, при внешнем отвалообразовании; $в$ — абзегцера; $1, 2, 3$ — порядок отсыпки заходов внешнего отвала; a — ширина заходки отвала.

Отвалообразование внешних отвалов консольными отвалообразователями применяется при конвейерном транспорте горных пород. Его начинают с отсыпки передовой насыпи. Горная порода с отвального конвейера через разгрузочное устройство попадает на приемную консоль отвалообразователя и отвальной консолью укладывается в отвал. Затем этот отвал планируется и на него перемещается отвальный конвейер и отвалообразователь, который производит отсыпку нижнего яруса, перемещаясь вдоль одной стороны отвального конвейера, и отсыпку второго яруса, перемещаясь вдоль другой его стороны. В период отсыпки верхнего яруса поверхность отвала нижнего яруса планируется бульдозерами, затем отвальный конвейер перемещается на шаг передвижки и цикл повторяется.

Высота передовой насыпи, а в дальнейшем и нижнего яруса h_1 зависит от свойств горных пород и составляет обычно 30—40 м. Высота верхнего яруса h_2 определяется высотой разгрузки отвалообразователя.

С учетом уменьшения высоты первого яруса вследствие планировки его бульдозерами и необходимого расстояния между концом, консоли и вершиной отвала вместимость (m^3) 1 м внешнего отвала при двухъярусной отсыпке составит

$$S_0 = z(h_1 + h_2 - b),$$

где z — шаг передвижки конвейера, м.

Отвалообразование абзетцерами применяется при железнодорожном транспорте мягких пород вскрыши. Абзетцер представляет собой роторный или многоковшовый экскаватор с отвальной консолью на рельсовом или гусеничном ходу, оборудованный для самостоятельной планировки отвала планирующим устройством в виде многоковшового звена длиной 10—12 м.

Благодаря возможности поворота отвальной консоли на 180° абзетцер может отсыпать двухъярусный отвал.

Технология отвалообразования заключается в следующем. Порода, доставляемая железнодорожным транспортом, разгружается в траншею глубиной 2—3 м, которую образует сам абзетцер. Двигаясь вдоль траншеи, абзетцер производит выемку этой породы и конвейером отвальной консоли укладывает попеременно в нижний и верхний ярусы отвала. По мере заполнения нижнего яруса его поверхность планируется, траншея засыпается, после чего передвигателем пути абзетцера и железнодорожного транспорта перемещаются в новое положение. Затем производится выемка траншеи и цикл повторяется. Вместимость отвала нижнего яруса, как и при отвалообразовании консольным отвалообразователем, определяется его высотой h_1 с учетом планировки и шагом передвижки Z :

$$S_1 = zh_1.$$

Вместимость отвала верхнего яруса

$$S_2 = zh_2 - 0,25z^2 \operatorname{tg} \beta,$$

где β — угол откоса отвала.

отвалообразование крепких горных пород одноковшовыми экскаваторами

При разработке месторождений с крепкими горными породами и перевозке железнодорожным транспортом применяется Отвалообразование одноковшовыми экскаваторами, механическими лопатами и драглайнами.

Технология отвалообразования заключается в разгрузке породы из думпкаров и укладке ее в отвал. Экскаватор располагается ниже уровня железнодорожных путей на величину высоты разгрузки экскаватора. Для приема породы из думпкаров экскаватор сооружает приемный бункер. После разгрузки породы экскаватор производит выемку ее из приемного бункера и укладку сначала в нижний подступ, затем в верхний. Учитывая усадку пород в отвале, верхний подступ отсыпается высотой, несколько превышающей уровень железнодорожного пути.

Высота экскаваторных отвалов зависит от свойств складироваемых пород (Рис 21).

Схема отвалообразования пород механической лавинной местности составляет около 30 м. Шаг передвижки пути при экскаваторах ЭКГ - 5 и ЭКТ - 8 обычно составляет 20—30 м, при драглайнах ЭШ - 5/45М, ЭШ - 10/60—70—100 м. В конце отвального тупика отсыпку верхнего подступа экскаватор производит таким образом, чтобы создать себе возможность выезда на поверхность отвала, по которой он перемещается в начало траншеи, где по съезду первоначальной насыпи он опускается на поверхность нижнего подступа, сооружает приемный бункер, и после передвижения путей в новое положение цикл повторяется.

Первоначальную насыпь сооружают в период строительства карьера эксплуатационной техникой, т. е. механическими лопатами, драглайнами, скреперами или бульдозерами.

Материалом для первоначальной насыпи могут служить породы, экскавируемые из так называемого “резерва” (траншеи) на месте строительства отвала, или породы, привозимые из карьера.

Вместимость отвального тупика (м^3) при отвалообразовании одноковшовыми экскаваторами

$$V_0 = zH_0L_T$$

где z —шаг переукладки "путей, м; H_o —высота отвала, м; L_T —длина отвального тупика, м.

$$z = \sqrt{R_{ч.у.}^2 - l_b^2/4 + R_p}$$

где $R_{ч.у.}$ —радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м; l_b —длина приемного бункера, м; R_p —радиус разгрузки экскаватора, м.

Количество отвальных тупиков в работе, необходимых для отвалообразования пород, поступающих из карьера,

$$n_T = V_I / V_c$$

где V_I — суточный объем породы, поступающей из карьера на отвал, м³; V_c —приемная способность отвального тупика, м³/сут;

$$V_c = N n g = \{ f T_c / (t_o + t_p) \} n q,$$

N —число поездов, которое может быть разгружено на отвале; nq — вместимость состава, м³; f — коэффициент, учитывающий неравномерность работы отвального тупика ($f = 0,85—0,95$); T_c — продолжительность работы отвального тупика в сутки, ч; t_o — продолжительность обмена поездов, ч ($t_o = 2L_o/v_{cp} + \tau$); L_o —длина отвального тупика, км;" U_{cp} —средняя скорость движения по отвальным путям, км/ч; τ — время, затрачиваемое на обмен поездов, ч; t_p —время разгрузки состава поезда, ч ($t_p = tn$);

t —время разгрузки одного думпкара, ч; n —число думпкаров в поезде.

Общее число отвальных тупиков По должно учитывать резерв для организации переукладки пути на одном из тупиков

$$n_0 = n_t (1 - t_{п.п.}/t),$$

где n_t —расчетное число тупиков для отвалообразова - ния; $t_{п.п.}$ — продолжительность прееукладки пути, сут; t —продолжительность работы отвального тупика, сут ($t = V_o/V_c$).

Емкость ковша экскаватора (м³), необходимая для отвальных работ на отвальном тупике, устанавливается из условия равенства его производительности и приемной способности отвального тупика:

$$Q_{сут} = V_c$$

или

$$E n_{ц} T_c k_э k_{и} = f T_c / (t_o + t_p).$$

откуда

$$E = f n q / [n_{ц} k_э k_{и} (t_o + t_p)]$$

Здесь $n_{ц}$ — число рабочих циклов экскаватора; $k_{ц}$ — коэффициент использования экскаватора в течение суток.

Применение одноковшовых экскаваторов обеспечивает надежность отвалообразования крепких пород. Пути совершенствования этого способа связаны с применением новых схем отвалообразования, экскаваторов с увеличенными рабочими параметрами и увеличением степени использования отвальных тупиков.

При железнодорожном транспорте для складирования пород на отвалах принимаются мехлопаты, драглопаты, отвальные плуги, бульдозеры.

Экскаваторными называются отвалы, на которых породу после выгрузки ее из транспортных средств размещают в отвале одноковшовыми экскаваторами. Наиболее часто этот способ отвалообразования применяется при железнодорожном транспорте.

Технология складирования пород в отвалы одноковшовыми экскаваторами включает три основные, последовательно выполняемые операции: собственно отвалообразование, перевод экскаватора на новую заходку и переукладку железнодорожного пути [11].

Сущность экскаваторного отвалообразования заключается в перемещении выгруженной из вагонов породы в отвал экскаватором (рис.5.4.1.).

Для этого отвальный уступ разбивается на два подступа. Породу из вагонов разгружают в специальный приемный котлован, создаваемый экскаватором у нижней бровки верхнего подступа, откуда ее экскаватором переваливают в двух направлениях: вперед по ходу экскаватора наоткос нижнего подступа и назад в верхний подступ.

Длину приемного котлована принимают не менее длины одного -двух

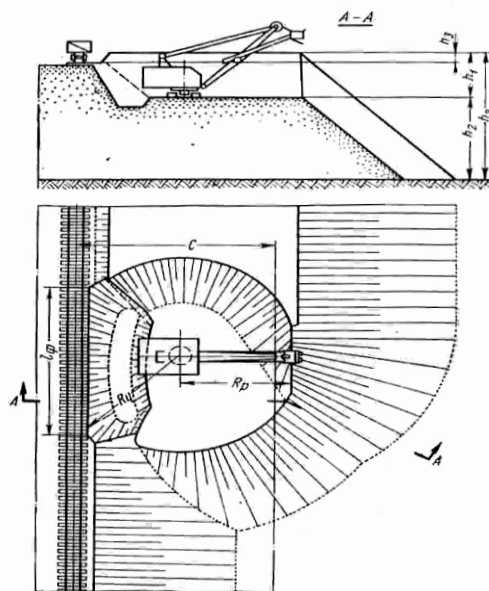


Рис.1.23.1. Схема экскаваторного отвала:

h_3 — высота отвала; h_1 и h_2 — соответственно высоты верхнего и нижнего подступа отвала; h_3 — превышение вновь отсыпаемой отвальной заходки над старой; c — шаг передвижки путей; $R_ч$ и $R_р$ — соответственно радиус черпания и разгрузки экскаватора; $l_{ф}$ — длина фронта разгрузки.

вагонов (обычно 15-20 м), глубину 0,8-1 м, что обеспечивает предохранение ходовой части экскаватора от ударов крупных кусков породы при разгрузке вагонов.

Экскаваторные отвалы, как правило, развиваются в результате параллельного подвигания фронта работ. После того, как экскаватор отсыпал породой отвальную заходку, переносят железнодорожный путь в новое положение, а экскаватор переводят на новую заходку по верхней или нижней площадке отвала.

Расчет экскаваторных отвалов при применении одноковшовых экскаваторов в основном сводится к определению высоты отвала, числа отвальных тупиков, эксплуатационной производительности отвального экскаватора.

Высота отвала при использовании мехлопат изменяется в широких пределах и зависит от свойств складироваемых пород и пород основания отвала, рельефа местности и линейных параметров экскаватора. На равнинной местности при складировании полускальных пород высота отвала составляет 15-30 м.

Высота экскаваторного отвала определяется по формуле:

$$H_0 = h_1 + h_2, \text{ м}$$

где h_1 – высота верхнего подступа, м;

h_2 – высота нижнего подступа (принимается в зависимости от устойчивости пород), м.

Высота верхнего подступа зависит от высоты разгрузки экскаватора и составляет 4-6, 6-8 и 7-9 м соответственно для экскаваторов ЭКГ-5, ЭКГ-8И и ЭКГ-12,5.

Шаг переукладки отвальных путей (м) зависит от линейных параметров экскаватора и определяется по формуле

$$A_0 = (R_u + R_p) k_n$$

где: R_u, R_p - соответственно радиус черпания и разгрузки экскаватора, м;

$k_n = 0,85 \dots 0,9$ – коэффициент, учитывающий использование линейных параметров экскаватора.

Для экскаваторов ЭКГ-5, ЭКГ-8 и ЭКГ-12,5 шаг переукладки составляет соответственно 25, 30 и 35 м.

Оптимальная длина отвальных тупиков, обеспечивающая наиболее экономичное использование горного и транспортного оборудования, устанавливается на основе технико-экономических расчетов и составляет 1500-2000 м.

Высота отвального уступа h_o , шаг переукладки отвальных путей и длина $L_{o.m}$ отвального тупика являются основными параметрами отвала. При установленных основных параметрах отвала отвальные его параметры определяются по следующим формулам.

1. Приемная способность отвального тупика (по объему в целике) между двумя переукладками пути

$$V_{o.m} = \frac{h_o A_o L_{o.m.}}{k_{p.o.}}, \text{ м}^3$$

где: $k_{p.o}$ – коэффициент разрыхления пород в отвале, $k_{p.o} = 1,2 \dots 1,4$;

$L_{o.m}$ – длина отвального тупика, м.

2. Продолжительность работы отвального тупика между двумя переукладками пути

$$t_{p.t} = \frac{V_{o.t}}{V_c}, \text{ сутки}$$

где: V_c – суточная приемная способность (по объему в целике) отвального тупика, $\text{м}^3/\text{сутки}$;

$$V_c = \frac{n_c n_g q_{cp}}{\gamma_u}$$

где: n_c – число локомотивосоставов, которые могут быть разгружены в сутки;

n_g – количество вагонов в составе, шт;

q_{cp} – грузоподъемность вагона, т;

γ_u – плотность пород в целике, $\text{т}/\text{м}^3$.

$$n_c = \frac{k_{n.p.} T_c}{t_0 + t_p}, \text{ составов}$$

где: $k_{n.p.} = 0,85 \div 0,95$ – коэффициент, учитывающий неравномерность работы транспорта;

T_c – число часов работы тупика в сутки;

t_0 – продолжительность обмена локомотивосостава на отвале, ч;

t_p – продолжительность разгрузки локомотивосостава, ч;

$$t_0 = \frac{2L_o}{v_l} + \tau$$

где: L_o – расстояние от обменного пункта до середины отвального тупика, км;

v_l – средняя скорость движения локомотивосостава по отвальным путям, км/ч;

τ – продолжительность железнодорожной сцепки (связи), ч;

$$t_p = n_g t_e$$

где: n_g – число думпкаров в локомотивосоставе;

t_e – продолжительность разгрузки думпкара, ч.

3. Число отвальных тупиков в работе

$$N_{m.p.} = \frac{V_{в.с.}}{V_c}$$

где $V_{в.с.}$ - суточный объем вскрыши, поступающий на отвал, м³.

4. Общее количество отвальных тупиков с учетом резерва,

$$N_{m.o} = N_{m.p} \left(1 + \frac{t_{n.m.}}{t_{p.t}}\right)$$

где $t_{n.m.}$ — продолжительность переукладки пути на отвальном тупике, сут.

Отвалообразование бульдозерами. Укладка крепких горных пород в отвалы при доставке их автомобильным, а иногда и железнодорожным транспортом производится мощными бульдозерами. Автосамосвалы разгружаются на некотором расстоянии от бровки по периферии отвала. Бульдозеры перемещают ее под откос, оставляя на бровке предохранительный вал. Для безопасности поверхность отвала имеет подъем 3° в сторону откоса.

В последнее время, с появлением на перевозке пород вскрыши 110 - тонных и более мощных автосамосвалов, предохранительный вал оказывается недостаточно безопасным. Большая динамическая нагрузка колесами может привести к разрушению этого вала и падению машины с отвала. В этом случае периферийная зона отвала планируется бульдозером с обратным уклоном.

Автосамосвалы разгружают породу на этой площадке, а бульдозеры перемещают ее под откос. Для обеспечения одновременной работы автотранспорта и бульдозеров отвал разделяется на участки, на одних из которых производится разгрузка самосвалов, на других перемещение уже разгруженной породы под откос.

Число отвальных участков рассчитывается из мощности грузопотока W :

$$n = W / (n_b Q_{см})$$

где W — объем вскрыши, доставляемой на отвал в смену, м³; n_b — число бульдозеров, работающих на отвале; $Q_{см}$ — производительность бульдозера, м³/смену. Длина отвального участка (м)

$$L = Q_{см} / V$$

где V — приемная способность 1 м длины отвала ($V = E_a k / b$); E_a — вместимость кузова автосамосвала, м³; k — коэффициент кратности разгрузки по ширине кузова автосамосвала (для БелАЗ - 540 $k=1,5$; для КрАЗ - 256 $k=2,5$); b — ширина кузова автосамосвала, м.

Высота отвала зависит от свойств складироваемых пород и основания отвала. Обычно в равнинной местности высота бульдозерного отвала

принимается равной 25—30 м. При устойчивых породах применяется многоярусное отвалообразование. На нагорных карьерах высота отвалов может быть равна высоте склона. Например, на карьере “Центральный” ПО “Апатит”, 4 - Л высота отвала составляет 400 м. В этом случае за состоянием отвала ведется пристальное наблюдение.

При доставке горной массы железнодорожным транспортом отвал по высоте разделяется на два S подступа, как в схемах с отвалообразованием ванием одноковшовыми экскаваторами. Высота верхнего подступа определяется условием размещения разгружаемой породы на приемной площадке. При доставке горной породы думпками большой емкости она составляет 2—3 м. Высота

нижнего подступа определяется общей устойчивостью отвала и составляет 30—70 м.

Технология отвалообразования заключается в разгрузке породы из думпков на разгрузочную площадку под откос верхнего подступа. Эта порода бульдозером перемещается под откос нижнего подступа. Максимальное расстояние перемещения породы по площадке, что соответствует шагу передвижки железнодорожных путей, составляет 45—50 м.

Бульдозерное отвалообразование применяют обычно при доставке породы на отвал большегрузными автосамосвалами или тракторными прицепами, реже железнодорожным транспортом. Сущность бульдозерного отвалообразования, заключается в перемещении породы под откос или ее планировке на площадке отвала, которое выполняется бульдозерами.

Технология такого отвалообразования включает три операции: разгрузка породы из автосамосвалов на отвальной площадке; перемещение пород бульдозером под откос отвала; перенос автодорог и разгрузочных секторов.

Существуют два способа бульдозерного отвалообразования - **площадный и периферийный** (рис. 5.6.1 а; б). При периферийном отвалообразовании автосамосвалы разгружаются вдоль отвального фронта в непосредственной близости от верхней бровки откоса отвала или на его откос. Затем порода сталкивается бульдозерами под откос. При площадном способе отвалообразовании порода из транспортных средств размещается на верхней площадке отвала, а затем из нее бульдозерами формируют слой, увеличивая высоту отвала. После наращивания слоя по всей площади цикл отвалообразования повторяют. Чаще применяют более экономичное периферийное отвалообразование, при котором объем планировочных работ меньше. Площадное отвалообразование применяется иногда при

складировании мягких пород, склонных к деформации, и скальных пород при большой высоте отвала [12].

При периферийном отвалообразовании фронт отвальных работ делится на разгрузочную, планировочную резервную части (сектора).

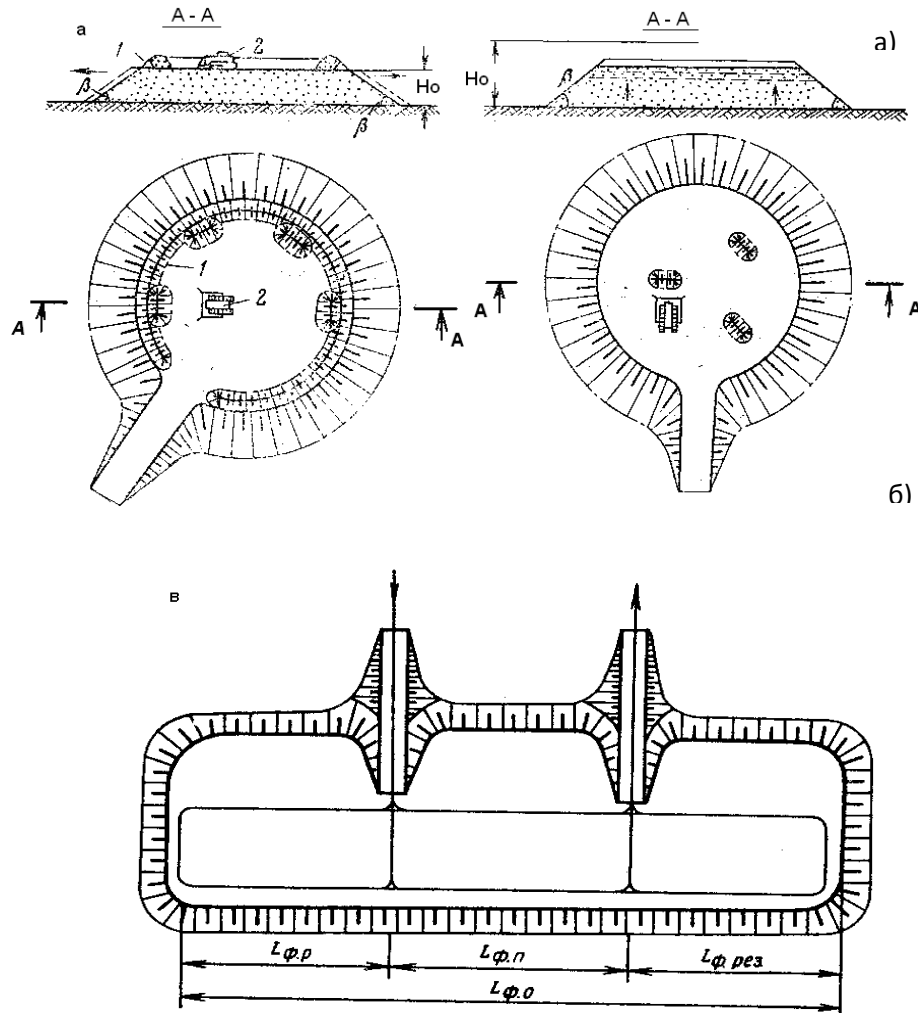


Рис. 1.24.1. Площадной (а) и периферийный (б) способы бульдозерного отвалообразования:

1 – предохранительный породный вал, 2 – бульдозер; $L_{ф.о}$, $L_{ф.р}$, $L_{ф.п}$, $L_{ф.рез}$ – соответственно длина фронта отвальных работ разгрузочного, планировочного и резервного секторов.

Бульдозерные отвалы по месту расположения могут быть внутренними и внешними, а по конструкции – одно- и многоярусными (в зависимости от горнотехнических условий).

После заполнения нижнего подступа на ширину оптимального расстояния транспортирования породы бульдозером (45—50 м) аналогично заполняется верхний подступ, после чего пути перемещаются в новое положение.

Отвалообразование плугами. Отвалообразование разнопрочных и хорошо дробленных скальных пород при доставке их на отвалы железнодорожным транспортом может производиться отвальным плугом, который представляет собой самоходный или прицепной вагон специальной конструкции, оборудованный с одной или с двух сторон отвальными лемехами. Спереди отвальный плуг имеет лобовые листы с подкрылками для очистки путей от просыпи породы или снега. Обычно используется отвальный прицепной плуг МОП - 1.

Технология отвалообразования отвальным плугом заключается в перемещении во время своего движения по путям разгруженной из думпкаров породы отвальными лемехами в сторону откоса отвала.

При разгрузке часть породы скатывается под откос, другая образует навал породы около железнодорожных путей. При отвалообразовании за несколько проходов отвального плуга перемещается верхняя часть навала породы, затем лемех опускается и производится перемещение породы, находящейся ниже уровня пути.

Циклы разгрузки и отвалообразования отвальным плугом повторяются до тех пор, пока не будет заполнено пространство отвала, равное шагу передвижки пути $s = 1,5—2,5$ м.

$$z = b - c,$$

где B — максимальный вылет главного лемеха отвального плуга от оси пути, м; c — безопасное расстояние от оси пути до бровки отвального уступа, м.

После этого путь перемещается в новое положение путепередвижателем. Отвалообразование производится по всей длине отвальных путей. При плужном отвалообразовании может применяться тупиковая и кольцевая формы отвала, обеспечивающие постоянную подачу составов на разгрузку и одновременное отвалообразование отвальным плугом.

Высота отвала при использовании отвальных плугов составляет обычно 10—25 м, длина тупика—500—2500 м.

Расчет объема отвала и числа тупиков, необходимых для отвалообразования поступающих из карьера пород, производится аналогично экскаваторному отвалообразованию. В ГДР отвальные плуги применяются для отвалообразования мягких горных пород. Для этой цели используются плуги со встроенными путепередвижателями. В этом случае шаг передвижки

уменьшается, но совершенно исключаются простои тупика во время передвижки пути.

Пути совершенствования отвалообразования отвальными плугами предусматривают применение более мощных плугов, а следовательно, и более тяжелых рельсов.

Отвалообразование консольными отвалообразователями при конвейерном транспорте

При конвейерном транспорте вскрышные породы размещают в отвалы консольными ленточными отвалообразователями работающими в комплексе с передвижными ленточными конвейерами или многочерпаковыми экскаваторами.

Технология отвалообразования консольными отвалообразователями заключается в следующем. Оборудование отвала включает отвальный ленточный конвейер, принимающий породу с магистрального конвейера, и консольный ленточный отвалообразователь, который принимает породу с отвального конвейера и отсыпает ее в отвал. Иногда между отвалообразователем и отвальным конвейером устанавливают ленточный перегружатель, что позволяет значительно увеличить приемную способность отвала при одном положении отвального конвейера. Отвальная заходка отсыпается путем поворота отвальной консоли в горизонтальной плоскости. Фронт отвальных работ при использовании ленточного отвалообразователя развивается по веерной и по параллельным схемам. Поверхность отвалов планируется бульдозерами, а отвальные ленточные конвейеры передвигаются бульдозерами.

Высота отвала, образуемого консольным ленточным отвалообразователем, зависит от физико-технических характеристик пород и линейных параметров отвалообразователя. В карьере Мурунтау применяются отвалообразователи типа ОШС 4000/125 с длиной отвальной консоли 90 м, и приемной консоли 30 м, что обеспечивает отсыпку пород в отвал на расстояние до 125м.

Консольный отвалообразователь представляет собой одноопорную металлическую форму, смонтированную на поворотной платформе, имеющей самостоятельный ход (рис.5.5.1). Для работы в комплексе с цепными экскаваторами отвалообразователи изготавливают на рельсовом ходу. Приемная консоль отвалообразователя может подниматься и опускаться в вертикальной плоскости, меняя высоту приемного бункера над уровнем земли.

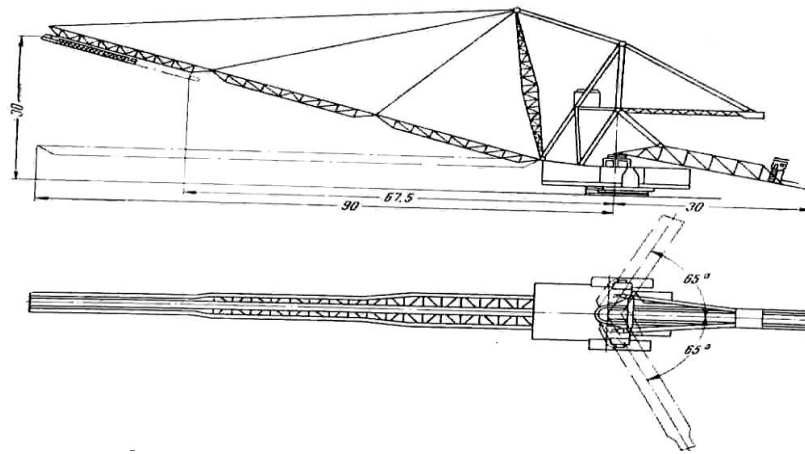


Рис. 1.24.2. Схема консольного отвалообразователя

Схемы складирования пород с применением консольных отвалообразователей должны быть просты, экономичны, обеспечивать высокую производительность труда, минимальное число передвижек конвейеров и максимальную приемную способность отвала.

Пример формирования отвалов с использованием консольных отвалообразователей в условиях карьера Мурунтау приведен на рис. 5.5.2 и 5.5.3.

При конвейерном транспорте применяют схемы развития отвалов с параллельным и веерным перемещением фронта работ (рис.5.5.4). При выборе схемы формирования отвала следует учитывать не только технологические простои, связанные с передвижкой конвейеров, но безопасность работ, связанную с устойчивостью основания и высотой яруса отвала.

Конвейерный способ отвалообразования при доставке породы из карьера на отвалы конвейерным транспортом является наиболее простым и экономичным, обеспечивающим наибольшую приемную способность отвалов и производительность труда.



Рис. 1.24.2. Пример формирования нижнего яруса отвала устойчивой высоты

Эффективность работы комплекса отвалообразования зависит от технологических схем, различающихся затратами времени на передвижку отвальных конвейеров, на маневр отвалообразователя при формировании первоначальной насыпи отвала, на обход мертвых зон, работу в тупиках и другие операции, требующие затрат времени на их выполнение [12]. Доля непроизводительных технологически необходимых затрат времени на передвижку отвальных конвейеров зависит от ширины заходки и высоты яруса отвала и при существующих схемах значительна.

Отсыпку породы в отвал консольным отвалообразователем, как правило, проводят в два яруса. При этом сначала отсыпают отвальную заходку в нижний ярус, а затем при обратном ходе отвалообразователя вдоль отвального конвейера – в верхний ярус, расположенный по другую сторону отвального конвейера. При работе отвалообразователя с вылетом консоли 100 м ширина отвальной заходки достигает 115 м при общей высоте отвала более 130 м.



Рис. 1.24.3. Пример ограничения высоты отвала высотой разгрузки отвалообразователя

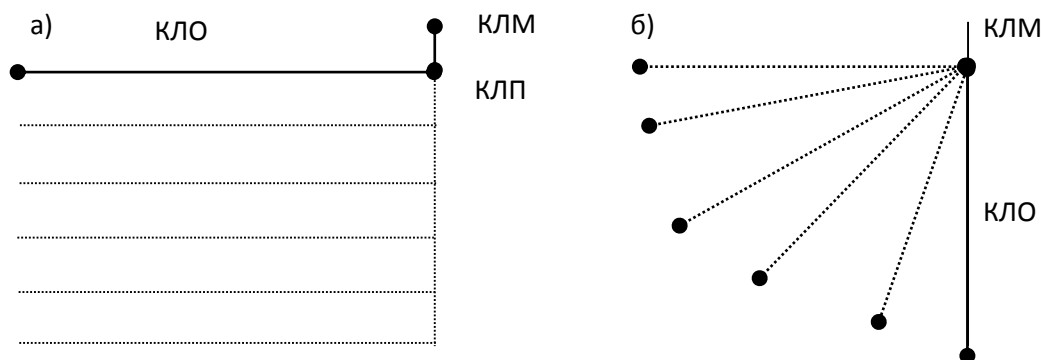


Рис. 1.24.4 Варианты перемещения конвейерной линии с параллельной (а) и веерной (б) передвижкой отвального конвейера: КЛО, КЛМ и КЛП - соответственно отвальный, магистральный и передаточный конвейеры.

При веерной схеме развития отвала отвальные конвейерные линии имеют постоянную длину, поэтому нет необходимости наращивать соединительные конвейеры. Недостатком такой системы является переменная по фронту ширина заходки, которая должна регулироваться при отсыпке отвала.

При параллельной схеме развития отвала заходка имеет постоянную ширину, что значительно упрощает технологию отвалообразования. Однако эта схема требует удлинения соединительных конвейеров.

Характеристика консольных отвалообразователей, широко применяемых на отечественных карьерах и за рубежом приведена в табл. 5.5.1.

Основными параметрами консольных отвалообразователей, являются производительность, длина отвальной консоли и вес консольного отвалообразователя. Длина отвальной консоли определяет общую высоту отвала и протяженность фронта отвальных работ.

С увеличением длины отвальной консоли возрастает приемная способность отвала, следовательно, сокращается фронт отвальных работ. Кроме того, длина отвальной консоли влияет на вес консольного отвалообразователя.

Главным параметром яруса при верхней отсыпке является его максимальная высота, которая определяется из выражения:

$$H_{яр\ max} = (R_o - a) \operatorname{tg} \beta_k + h - \Delta h, \text{ м}$$

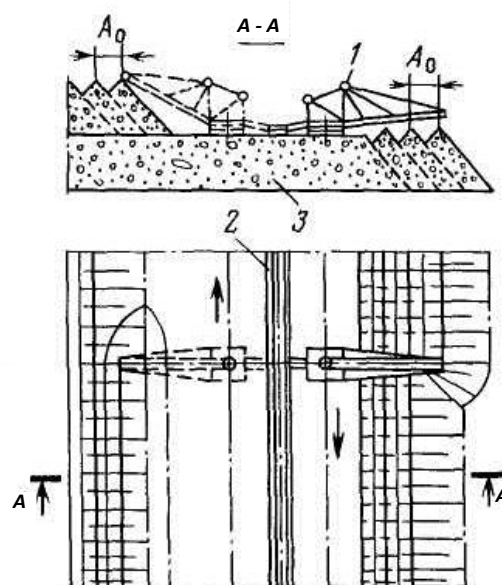


Рис. 1.24.5. Схема отвалообразования консольным отвалообразователем:

1 – отвалообразователь; 2 – отвальный конвейер; 3 – основание отвала; A_o – шаг разгрузки; ← направление перемещения отвалообразователя

где R_o – радиус отсыпки пород в отвал, м;

a – расстояние от оси вращения отвалообразователя до пяты отвальной консоли, м;

β_k – максимальный угол наклона отвальной консоли к горизонту, $\beta_k = 18^\circ$;

h – расстояние от поверхности отвала до пяты отвальной консоли, м

Δh – минимальное расстояние между концом отвальной консоли и гребнем отвала, $\Delta h = 1,5$ м.

Радиус отсыпки пород в отвал может быть определен по формуле:

Таблица 1.24.1.

Технические характеристики консольных отвалообразователей

Показатели	Отвалообразователи				
	ОШ-1	ОГ 850/75	ОШ1500/ 125	ОШ4500/ 90	ОШС 4000/12 5
Максимальная производительность (в рыхлой массе), м ³ /ч	650	850	1500	4500	4000
Максимальный радиус отсыпки, м	80	75	125	90	125
Максимальная высота отсыпки, м	25	28	40	30	30
Длина приемной консоли, м	14,8	21	37,5	30	
Ход	Шагающий	Гусеничный	Шагающий	Шагающий	Шагающий-рельсовый
Масса отвалообразователя, т	195	225	500	765	740

$$R_o = L_{ок} \cos \beta_k + a, \text{ м}$$

где $L_{ок}$ – длина отвальной консоли, м;

После подстановки известных значений и преобразований получаем формулу для определения максимальной высоты верхнего яруса отвала

при отсыпке консольными отвалообразователем:

$$H_{яp\ max} = 0,3 L_{ок} + h - \Delta h, \text{ м.}$$

Ширина отвальной заходки при отсыпке верхнего яруса отвала определяется из выражения:

$$A_v = L_{ст} - l_{бр}, \text{ м}$$

где: $L_{ст}$ - вылет отвальной консоли отвалообразователя, равный максимальному расстоянию по горизонтали от конвейера до конца отвальной консоли, м;

$l_{бр}$ - расстояние от конвейера до нижней бровки отвала, м.

При параллельной передвижке отвального конвейера вместимость верхнего яруса отвала может быть определена по формуле:

$$V_v = A_v \cdot H_{яp\ max} \cdot L_{отв} \cdot k_{зап} \cdot (1 - k_{ус}), \text{ м}^3$$

где $L_{отв}$ - длина отвального конвейера, м;

$k_{зап}$ - коэффициент использования длины отвального конвейера для продуктивной работы отвалообразователя, $k_{зап} = 0,80-0,95$.

$k_{ус}$ - коэффициент усадки пород в отвале, $k_{ус} = 0,15-0,18$.

Главным параметром яруса при нижней отсыпке является его максимальная высота, которая при отсыпке скальных пород определяется несущей способностью пород основания, а при отсыпке песчано-глинистых пород - сочетанием несущей способности пород основания и устойчивости формируемого отвала.

Ширина отвальной заходки при отсыпке нижнего яруса зависит от линейных параметров отвалообразователя, устойчивости пород и определяется по формуле:

$$A_n = L_{ст} - v_б, \text{ м}$$

где: $v_б$ - безопасное расстояние от опорной (ходовой) части отвалообразователя до верхней бровки яруса отвала (определяется по графику рис. 5.3.4 а), м.

При параллельной передвижке отвального конвейера вместимость нижнего яруса отвала может быть определена по формуле:

$$V_n = A_n \cdot H_{ня} \cdot L_{отв} \cdot k_{зап} \cdot (1 - k_{ус}), \text{ м}^3$$

где: $H_{ня}$ - высота нижнего яруса отвала, м.

Шаг передвижки конвейера на отвале определяется шириной отвальной заходки при отсыпке нижнего яруса отвала. Тогда вместимость отвала при отсыпке нижнего и верхнего яруса за одну параллельную передвижку отвального конвейера будет равна:

$$V_{пер} = V_v + V_n, \text{ м}^3.$$

При веерной передвижки отвального конвейера вместимость отвала на одну передвижку уменьшается в два раза, поэтому значение V_b , V_n и $V_{пер}$ должны быть уменьшены в двое.

Длина отвального фронта работ при конвейерном транспорте зависит от длины отвальных конвейеров и на практике изменяется от 0,5 до 2,0 км

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют процессы очистки выемки при разработке угольных месторождений ?
2. При каких условиях применяется подземная газификация угля?
3. Какие системы разработки угольных месторождений вы знаете и в каких условиях они применяются?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 Alabama USA
2. William A.H., Richard L. Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebovo Sweden.
3. Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.

4-тема: Вскрытие и система открытой разработки. Режимы горных работ карьера.

План:

1. Способы вскрытия карьера
2. Классификация способов вскрытия.
3. Системы открытой разработки МПИ.
4. Режимы горных работ.

Ключевые слова и фразы: система разработки, камерно столбовая система разработки, система разработки с магазинированием, система разработки с обрушением, система разработки подэтажными штреками, система разработки подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды

4.1 Способы вскрытия карьера

Способы вскрытия карьерных полей классифицируются по наличию, положению, количеству, назначению и виду вскрываемых выработок (табл. 4.1.1).

Таблица 4.1.1.

Виды вскрывающих выработок	Группа	Способ вскрытия
Капитальные траншеи	Внешние траншеи	Отдельными траншеями групповыми траншеями общими траншеями парными траншеями
	Внутренние траншеи	Отдельными траншеями групповыми траншеями общими траншеями парными траншеями крутыми траншеями
	Комбинированные траншеи	Различные сочетания основных способов
Подземные выработки	Горизонтальные выработки	Штольнями туннелями
	Шахтные стволы	Наклонными шахтными стволами вертикальными шахтными стволами
Бестраншейное вскрытие		Вскрывающие выработки отсутствуют
Комбинированное вскрытие	Комбинация траншейного вскрытия с бестраншейным	Бестраншейное вскрытие породных уступов и траншейное добычных траншейное вскрытие породных уступов и бестраншейное добычных траншейное вскрытие породных уступов и шахтными стволами добычных

Наличие капитальных горных выработок для вскрытия месторождения является обязательным в случае применения железнодорожного и автомобильного транспорта. Если горную породу перемещают в рабочих органах грузоподъемных или горных машин, необходимость в проведении вскрывающих горных выработок для всех или части уступов карьера отпадает. Так, при разработке месторождения с пологим залеганием пласта с применением ленточных конвейеров надобность в капитальных траншеях отпадает.

Транспортные коммуникации карьера сооружают либо отдельно для каждого уступа, либо для группы или для всех уступов карьера в целом. Количество капитальных траншей в каждом из указанных случаев разное: их больше в первом случае и меньше в последнем [1].

Вскрывающие выработки и большая часть капитальных траншей служат для перемещения груженых и порожних сосудов. Иногда капитальные траншеи используются так, что по одним движутся груженые поезда, а по другим - порожние. При этом капитальные траншеи проводятся однопутными. Величина подъема траншей, служащих для движения

груженых поездов, равна руководящему; уклон траншей для движения порожняка делают более крутым.

Наклонные и крутопадающие месторождения, залегающие ниже господствующей отметки поверхности и месторождения, расположенные на возвышенности, вскрывают обычно общими капитальными траншеями или подземными выработками: тоннелями, штольнями, шахтными стволами.

Задачей вскрытия является установление транспортной связи между рабочими площадками уступов и земной поверхностью. Основные горные выработки – капитальные и разрезные траншеи. **Капитальные траншеи** – наклонные горные выработки, предназначенные для вскрытия рабочих горизонтов; эти выработки служат длительный срок и используются для расположения в них транспортных коммуникаций. **Разрезные траншеи** – горизонтальные горные выработки, предназначенные для создания фронта работ на уступах. Разрезные траншеи на рабочем горизонте карьера являются продолжением капитальных траншей, вскрывающих данный рабочий горизонт.

Карьерной поле вскрывают при помощи капитальных траншей и подготавливают его к разработке проведением разрезных траншей. Капитальные траншеи могут быть внешними, расположением за пределами контура карьера на его бортах, и внутренними, находящимися внутри контура карьера. Внутренние траншеи обычно располагают на нерабочих бортах карьера.

Относительно фронта работ уступов вскрывающие выработки могут иметь центральное или фланговое заложение. Движение транспорта при этом может быть возвратное, соответствующее тупиковому фронту работ, и поточное, соответствующее сквозному фронту работ.

Основными элементами систем открытой разработки являются высота уступа, ширина заходки, ширина рабочей площадки, длина блока, длина фронта работ, скорость подвигания фронта работ, темпы углубления горных работ.

Высота уступа определяется параметрами применяемого горного и транспортного оборудования с учетом безопасности работ.

Увеличение высоты уступа сокращает число рабочих уступов в карьере, в результате чего уменьшается длина транспортных коммуникаций и снижается стоимость их строительства и содержания, в то же время повышается производительность экскаваторов и т. д.

Оптимальная высота уступа обеспечивает максимальную производительность экскаваторов и минимальные затраты на буровзрывные и путевые работы. Высоту уступа обычно устанавливают опытным путем.

Ширина рабочей площадки уступа определяется физико-механическими свойствами горных пород, рабочими параметрами выемочно-погрузочной машины, видом транспорта. При разработке крепких горных пород с применением буровзрывных работ минимальная ширина рабочей площадки L устанавливается из условия размещения развала a горной массы I , транспортной полосы T , необходимого зазора между развалом и транспортной полосой z , величина призмы обрушения c и самой заходки экскаватора B . (Рис.1)

$$L=B+l+z+T+c.$$

Величина призмы обрушения (м)

$$c=h(\operatorname{ctg}\alpha-\operatorname{ctg}\gamma),$$

где α —угол откоса рабочего уступа ($\alpha=60\div 80^\circ$); γ — угол устойчивого откоса уступа ($\gamma=35\div 60^\circ$).

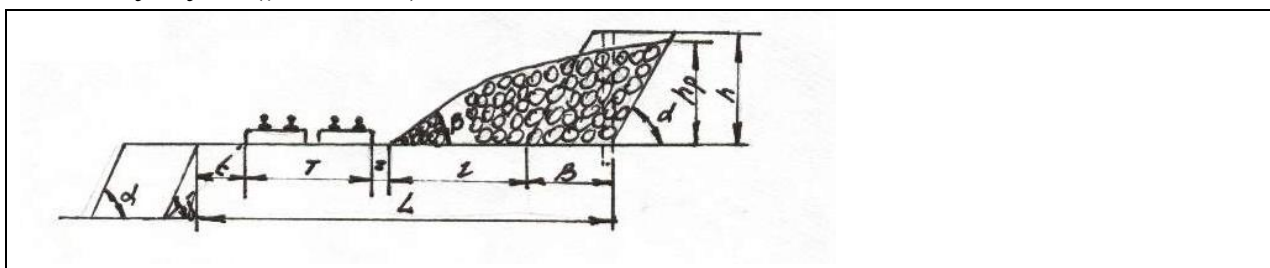


Рис.2.1.1 Схема к определению ширины рабочей площадки в скальных породах

Ширина транспортной полосы при одноколейном рельсовом пути $T=3$ м, при двухколейном $T=7,5\div 12$ м в зависимости от ширины междупутья. При автомобильном транспорте в зависимости от грузоподъемности автосамосвала $T=15\div 40$ м.

Величина развала горной породы (м) после взрыва

$$l=(2k_p(h/h_p)-1)B,$$

де k_p — коэффициент разрыхления горной породы; h высота уступа, м; h_p —высота развала, м.

Обычно высота развала

$$h_p=(0,8\div 0,9)h.$$

При применении автомобильного транспорта высота уступа определяется из условий эффективности подготовки горной массы к экскавации, которая, в свою очередь, зависит от требований к качеству горной массы, техники и технологии ее подготовки.

На угольных карьерах и карьерах стройматериалов, где подготовка горной массы производится рыхлителями с предварительным взрывом на сотрясение или без него, высота уступа может составлять 1,8—2 м. Это минимальная высота, при которой обеспечивается эффективное наполнение ковша

экскаватора. Необходимая высота забоя может быть создана бульдозером, который после рыхления штабелирует горную массу.

При применении автомобильных погрузчиков на этих же месторождениях штабелирование горной массы необязательно.

На рудных карьерах высота уступа также определяется эффективностью подготовки горной массы к экскавации и выемочно-погрузочным оборудованием.

При больших экскаваторах и мощных буровых станках высота уступа составляет 1,5 высоты черпания экскаватора.

При необходимости высокой степени дробления горной массы в случае применения буровых станков с малым диаметром скважин высота уступа может быть 5—10 м.

При разработке сложных залежей, требующих отдельной выемки, высота уступа определяется природными условиями и обычно составляет 10—15 м.

Длина блока определяется условиями залегания месторождения, организационно-техническими условиями, главным образом интенсивностью разработки, высотой уступа и возможностью бесперебойного обеспечения забоев транспортом. Длины блоков при железнодорожном транспорте принимают в мягких породах не менее 200—400 м, а в скальных — 300—500 м. При автомобильном транспорте длина блоков может составлять 100—250 м.

Длина фронта работ на уступе складывается из длин экскаваторных блоков.

Число блоков на одном уступе при железнодорожном транспорте по условиям обменных операций обычно не превышает 3, при автотранспорте оно может достигать 5—6.

Сумма вскрышного и добычного фронтов составляет фронт работ карьера. Чем больше длина фронта работ, тем больше производительность карьера.

Скорость продвижения фронта работ и темп углубления горных работ зависят от мощности залежи полезного ископаемого, производственной мощности карьера и организации работ.

Скорость продвижения фронта работ (м/год)

$$V_{\phi} = \Pi(L_{\phi}h),$$

где Π —производственная мощность карьера по полезному ископаемому, м³/год; L_{ϕ} — длина фронта работ карьера, м; h — высота уступа, м.

Темп углубления горных работ (м/год)

$$U_{\Gamma} = V_{\Gamma.п.р.}(nQ_{\text{год}})$$

$V_{\Gamma.п.р.}$ —объем горно-подготовительных работ, м³;

$Q_{\text{год}}$ — годовая производительность экскаваторов на проведении разрезных траншей, м³/год.

технология разработки горизонтальных и пологих месторождений

Геологические условия горизонтальных и пологих месторождений позволяют полностью или частично использовать выработанное пространство для размещения пород вскрыши. Мощность пласта полезного ископаемого и вскрыши, рабочие параметры вскрышного оборудования и технология добычных работ в основном определяют технологию и комплексную механизацию горных работ.

При разработке горизонтальных и пологих залежей возможно внутреннее расположение породных отвалов. В случае неглубокого залегания породы на внутренние отвалы переваливают вскрышными, экскаваторами непосредственно или при помощи консольных отвалообразователей или транспортно-отвальных мостов;

при более глубоком залегании породы на отвал перевозят. В первом случае капитальные траншеи к породным забоям не проводят, а во втором они имеют небольшую протяженность.

Поперечные размеры карьера и мощность отрабатываемой вскрыши при перемещении пород непосредственно экскаваторами в образующееся выработанное пространство ограничиваются линейными размерами рабочего оборудования. Поэтому эту группу систем разработки целесообразно рассматривать в зависимости от вида применяемого вскрышного оборудования:

1) разработка с непосредственной перевалкой породы в выработанное пространство;

2) разработка с кратной перевалкой породы на отвале;

3) разработка с перемещением пород консольным отвалообразователем;

4) разработка с перемещением пород транспортно-отвальным мостом;

5) разработка с перевозкой вскрыши во внутренние отвалы;

6) разработка с перевозкой вскрыши на внешние отвалы;

7) разработка с перевозкой вскрыши на внутренние и внешние отвалы;

8) разработка с перевалкой и перевозкой породы в выработанное пространство;

9) разработка с перевалкой породы во внутренний отвал (непосредственная или кратная) и перевозкой на внешние отвалы.

Разработка с перевалкой вскрыши в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами

Для производства работ по этой технологии применяются вскрышные экскаваторы с большими рабочими параметрами. Механическая лопата находится на кровле пласта полезного ископаемого и разрабатывает всю толщу покрывающих пород одним уступом (Рис.2). Вслед за подвиганием породного уступа вскрытый пласт полезного ископаемого зачищается бульдозерами от остатков пустых пород и вынимается одноковшовыми экскаваторами (как правило, с верхней погрузкой) или погрузчиками.

Расчет технологической схемы заключается в выборе рабочих параметров вскрышных экскаваторов для конкретной мощности покрывающих пород в зависимости от ширины заходки экскаватора B , мощности пласта полезного ископаемого h , углов откосов уступов α и отвала β . В основу расчета положено условие равенства объемов вскрышной заходки V_1 на единицу подвигания и породы в отвале V_2 .

Объем породы на единицу подвигания вскрышной заходки (m^3)

$$V_1 = BHk_p$$

где H —мощность вскрыши, м; k_p —коэффициент разрыхления породы.

Объем отвала на единицу длины фронта горных работ (m^3)

$$V_2 = BH_o - 0,25B^2 \text{tg}\beta,$$

где H_o —высота отвала, м; β —угол откоса отвала, градус.

Для размещения породы в отвал необходимо, чтобы $V_1 = V_2$, т. е.

$$Bhk_p = BH_o - 0,25B^2 \text{tg}\beta.$$

Отсюда высота отвала (м)

$$H_o = Hk_p + 0,25B \text{tg}\beta$$

и высота разгрузки экскаватора

$$h_p \geq H_o - h = Hk_p + 0,25B \text{tg}\beta - h.$$

Радиус разгрузки экскаватора

$$R_p \geq c + h \text{ctg}\alpha + z + H_o \text{ctg}\beta,$$

где c — расстояние от оси вскрышного экскаватора до верхней бровки уступа полезного ископаемого, м; z —ширина свободного выработанного пространства, м.

При решении обратной задачи — определения возможной мощности вскрыши обрабатываемой в конкретных условиях вскрышным экскаватором, можно воспользоваться следующими формулами:

с учетом высоты разгрузки экскаватора

$$H < h_p - 0,25B \text{tg}\beta + h/k_p;$$

с учетом радиуса разгрузки экскаватора

$$H < (R_p - (c + h \text{ctg}\alpha + z + 0,25B)) / k_p \text{ctg}\beta)$$

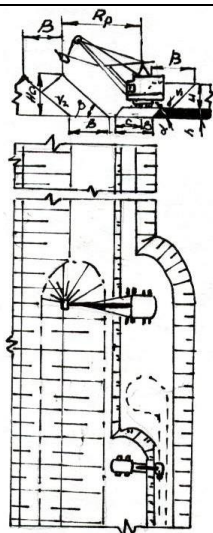


Рис.2.2.1 Технологическая схема разработки с перевалкой вскрыши механической лопатой

За окончательное принимается минимальное значение. При конструировании технологической схемы стремятся к уменьшению ширины свободного выработанного пространства, увеличению угла откоса внутреннего отвала и расстояния от оси вскрышного экскаватора до верхней бровки уступа полезного ископаемого для возможности применения при вскрышных работах экскаваторов с меньшими рабочими параметрами. Минимальная ширина свободного выработанного пространства определяется параметрами водоотводной канавы, которая прокладывается вдоль добычного уступа с уклоном в сторону зумпфа для отвода воды из карьера. Уменьшению ширины свободного выработанного пространства способствует размещение транспортных коммуникаций для доставки полезного ископаемого на кровле пласта. Увеличению угла откоса внутреннего отвала способствует применение эффективного дренажа в основании отвала. Для этой цели в основании отвала в сторону дренажной канавы укладывают дренажные трубы.

При производстве вскрышных работ драглайн может располагаться на кровле вскрышного уступа или промежуточном горизонте (Рис.3). В первом случае достигается максимальная его производительность, но, находясь на большем расстоянии от выработанного пространства, он должен иметь большие рабочие параметры. При расположении на промежуточном горизонте часть мощности вскрыши драглайн черпает выше уровня стояния, что несколько снижает его производительность при разработке трудноэкскавируемых пород. Но по отношению к отвалу он находится ближе, и при таком размещении требуются меньшие рабочие параметры его.

Расчет технологической схемы при этом производится с учетом тех же условий, что и при применении механической лопаты.

Необходимая высота отвала (м) по условию размещения вскрыши в выработанном пространстве

$$H_0 = Hk_p + 0,25B \operatorname{tg} \beta.$$

Необходимая высота разгрузки драглайна (м)

$$h_p \geq H_0 - h - H = 0,25B \operatorname{tg} \beta - h + H(k_p - 1).$$

Радиус разгрузки драглайна (м)

$$R_p \geq b + H \operatorname{ctg} \gamma + a + h \operatorname{ctg} \alpha + z + H_0 \operatorname{ctg} \beta$$

где b - расстояние от оси вскрышного драглайна до верхней бровки породного уступа; γ - угол устойчивого откоса породного уступа, градус; α - ширина площадки, м.

В случае расположения драглайна на промежуточном горизонте вначале рассчитывается высота нижнего вскрышного подступа (м) по условию размещения пород вскрыши в выработанном пространстве:

$$H_n = H_0 - h - H_p = Hk_p + 0,25B \operatorname{tg} \beta - h - H_p.$$

Высота верхнего вскрышного подступа (м)

$$H_B = H - H_n$$

Она принимается не более 0,5—0,7 высоты разгрузки экскаватора h_p .

Максимальная мощность вскрыши (м), обрабатываемая драглайном по этой схеме,

$$H = (R_p - (b + a + z + h \operatorname{ctg} \alpha + 0,25B) + H_B \operatorname{ctg} \gamma) / (k_p \operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma)$$

Драглайны получили широкое распространение на карьерах при разработке горизонтальных и пологих залежей с непосредственной перевалкой вскрыши в выработанное пространство. Драглайны имеют большие рабочие параметры по сравнению с механическими лопатами. В простейших условиях один драглайн может работать по схеме экскаватор — карьер, поочередно производя вскрышные и добычные работы.

разработка с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами

Для увеличения использования емкости выработанного пространства применяют переэкскавацию породы во внутренний отвал, перемещая ее в глубь отвала с помощью драглайнов. Это позволяет увеличить высоту вскрышного уступа.

Из многих вариантов схем этой технологии наиболее типичными являются четыре:

разработка и перевалка вскрыши механической лопатой в выработанное пространство с засыпкой части пласта полезного ископаемого и переэкскавация ее внутри отвала драглайном;

разработка и перевалка вскрыши драглайном в выработанное пространство также с засыпкой части пласта полезного ископаемого и переэкскавация ее внутри отвала драглайном ;

разработка части вскрышного уступа и перевалка вскрыши в выработанное пространство драглайном и одновременная разработка оставшейся части вскрыши в забое и переэкскавация ее драглайном внутри отвала;

разработка, перевалка и переэкскавация вскрыши в выработанное пространство одним драглайном.(Рис. 4)

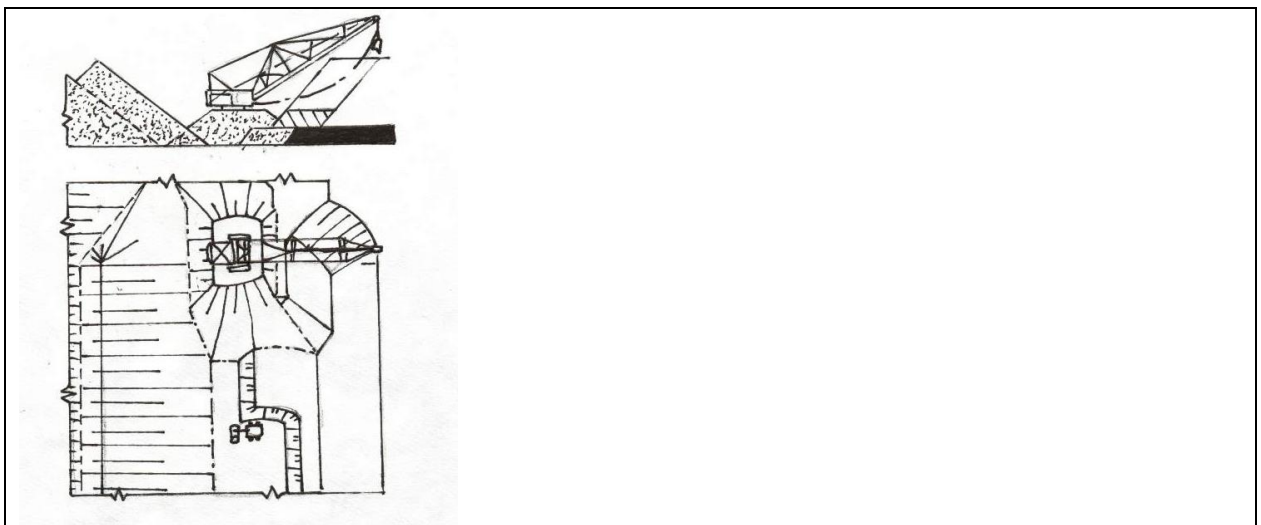


Рис. 2.3.1 Технологические схемы разработки с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами

Расчетная схема объемов переэкскавации представлена на (рис. 5)

Объем экскавируемой породы на единицу подвигания забоя (м³)

$$V_1 = V_2 = BHk_p$$

Необходимый объем переэкскавируемой породы

$$V_{\text{н}} = L (H_0 - 0.25L \operatorname{tg}\beta) - 0.5h^2 (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta),$$

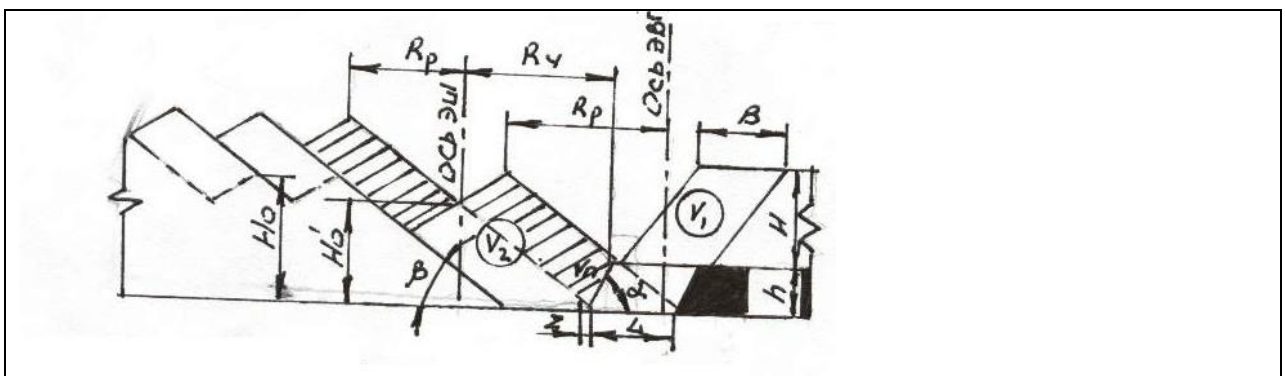


Рис. 2.3.2 Расчетная схема объемов переэкскавации
где H_o —высота отвала; H'_o —высота установки драглайна на переэкскавации; L —ширина заходки;

$$L=z+h(\operatorname{ctg}\alpha+\operatorname{ctg}\beta).$$

Переэкскавируемую породу размещают в верхнем ярусе отвала.

Производительность драглайна на переэкскавации должна соответствовать необходимому объему переэкскавации. В этом случае драглайн должен иметь рабочие параметры:

$$R_q+R_p=2H_o\operatorname{ctg}\beta-h\operatorname{ctg}\alpha+H_p\operatorname{ctg}\beta$$

при коэффициенте переэкскавации $k_{п} = V_{п} / V_2$.

Отвальный экскаватор освобождает добычной уступ от навала породы и подготавливает в выработанном пространстве место для размещения породы из следующей заходки.

Затраты на переэкскавацию не должны превышать затрат на перевозку 1 м^3 породы во внутренние отвалы.

Основные достоинства систем с экскаваторной перевалкой породы в отвал: низкая стоимость вскрышных работ, высокая производительность вскрышных экскаваторов, простая организация работ.

При разработке с кратной перевалкой породы в отвал применяют два мощных экскаватора. Один из них - вскрышной, с большими линейными размерами рабочего оборудования - отработывает породный уступ с перевалкой породы в выработанное пространство; другой экскаватор - драглайн устанавливают на отвале и он производит перевалку части породы, перемещенной в отвал вскрышным экскаватором. Таким образом, отвальный экскаватор освобождает добычной уступ от навала породы и подготавливает в выработанном пространстве место для размещения породы из следующей заходки. В качестве вскрышного экскаватора может быть использована механическая лопата или драглайн, которые работают так же, как при системе с непосредственной перевалкой вскрыши.

Кратчайшее расстояние между спаренно работающими экскаваторами должно быть не меньше суммы их наибольших радиусов действия (с учетом величины заброса ковша драглайна) (рис. 6.4.2).

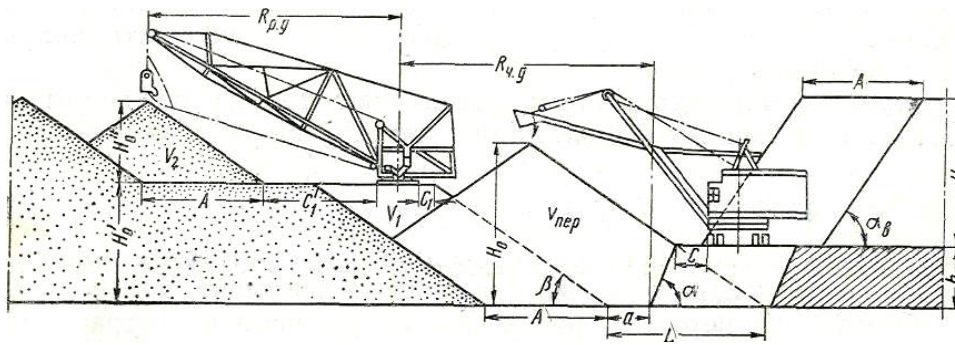


Рис. 2.2.3. Вариант разработки с кратной перевалкой породы в отвал

В зависимости от размеров вскрышного экскаватора и мощности покрывающих пород может быть большое количество вариантов системы разработки с кратной перевалкой породы в отвал.

Технология производства горных работ при схемах с непосредственной и кратной перевалкой породы в отвал в общем случае включает процессы: на вскрыше - рыхление породы, экскавацию и укладку породы в отвал, на добыче - рыхление полезного ископаемого, погрузку в средства транспорта, транспортирование и разгрузку полезного ископаемого на поверхности. Все основные производственные процессы, равно как и вспомогательные работы, здесь механизированы.

Параметры рабочего оборудования и производительность вскрышных и добычных экскаваторов технологически взаимосвязаны; они взаимосвязаны и с геометрическими параметрами систем разработки. Именно поэтому ширина заходки по полезному ископаемому принимается равной или кратной ширине заходки по породе. Это условие обеспечивает равномерность подвигания фронта вскрышных и добычных работ и необходимую их цикличность. Фронт работ, обслуживаемый одним вскрышным и одним-двумя добычными экскаваторами, представляет независимый участок карьера с самостоятельным транспортным выходом на поверхность. Здесь траншея может проводиться в выработанном пространстве - через внутренние отвалы вкrest простирания.

Системы с непосредственной и кратной перевалкой породы в отвал применяются для разработки тонких и средней мощности неглубоко залегающих горизонтальных пластов угля, бокситовых и фосфоритных руд, а также огнеупорных глин и других полезных ископаемых.

Разработка с перемещением породы в выработанное пространство консольным отвалообразователем

Эта технология (Рис. 6) получила широкое применение благодаря созданию комплексов роторных экскаваторов с консольными

отвалообразователями. Их производительность обычно на 25—40 % выше производительности экскаваторов, работающих с погрузкой в средства железнодорожного транспорта.

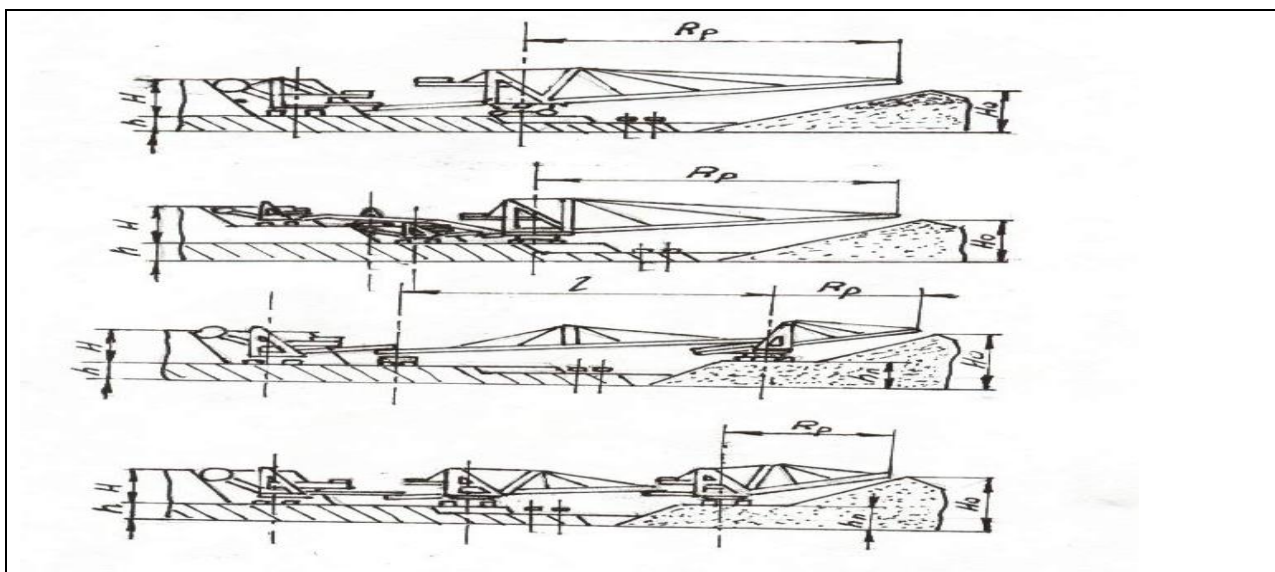


Рис. 2.3.4 Технологические схемы разработки месторождения с консольным отвалообразователем:

а и б — с расположением отвалообразователя на кровле пласта; в и г— с расположением отвалообразователя в выработанном пространстве на предот-вале соответственно с использованием перегружателя и отвалообразователя в качестве перегружателя

Консольный отвалообразователь может располагаться на кровле пласта при минимальных вскрытых запасах полезного ископаемого в заходке позади роторного экскаватора, при максимальных вскрытых запасах— на максимальном расстоянии от роторного экскаватора ближе к внутреннему отвалу. Возможно размещение отвалообразователя на почве пласта в выработанном пространстве.

При достаточной устойчивости внутренних отвалов для увеличения вскрытых запасов возможна установка отвалообразователя на предотвале с передачей вскрыши от экскаватора через перегружатель.

Расчет технологической схемы заключается в определении параметров отвала и ширины вскрытых запасов в зависимости от линейных параметров отвалообразователя и роторного экскаватора.

Технология разработки с консольным отвалообразователем обеспечивает высокую производительность труда и поточность производства, автоматизацию управления производством, а следовательно, низкую себестоимость вскрыши.

разработка с перемещением породы в выработанное пространство транспортно-отвальным мостом

Технология разработки месторождений с перемещением вскрыши транспортно-отвальным мостом аналогична технологии с консольными отвалообразователями.

Параметры технологической системы разработки с использованием транспортно-отвального моста определяются пролетным строением и длиной отвальной консоли.

Транспортно-отвальные мосты, как правило, проектируются и изготавливаются индивидуально для конкретных условий.

Самый большой транспортно-отвальный мост использовался на карьере Эспенхайн в ГДР, его длина составляла более 500 м .

Применение транспортно-отвальных мостов позволяет обеспечить поточность производства, высокую производительность выемочного оборудования и труда и низкую себестоимость вскрышных работ.

Разработка с перевалкой породы в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами и перемещением пород вскрыши консольным отвалообразователем

Если рабочие параметры драглайна или отвалообразователя не позволяют перемещать породы вскрыши в выработанное пространство или имеется разнопрочная вскрыша, состоящая из полускальных пород с мощными наносами, применяют комбинированную технологическую схему, в которой нижний горизонт обрабатывается драглайном с непосредственной перевалкой пород вскрыши в выработанное пространство, а наносы разрабатываются роторным экскаватором с консольным отвалообразователем. (Рис. 7)

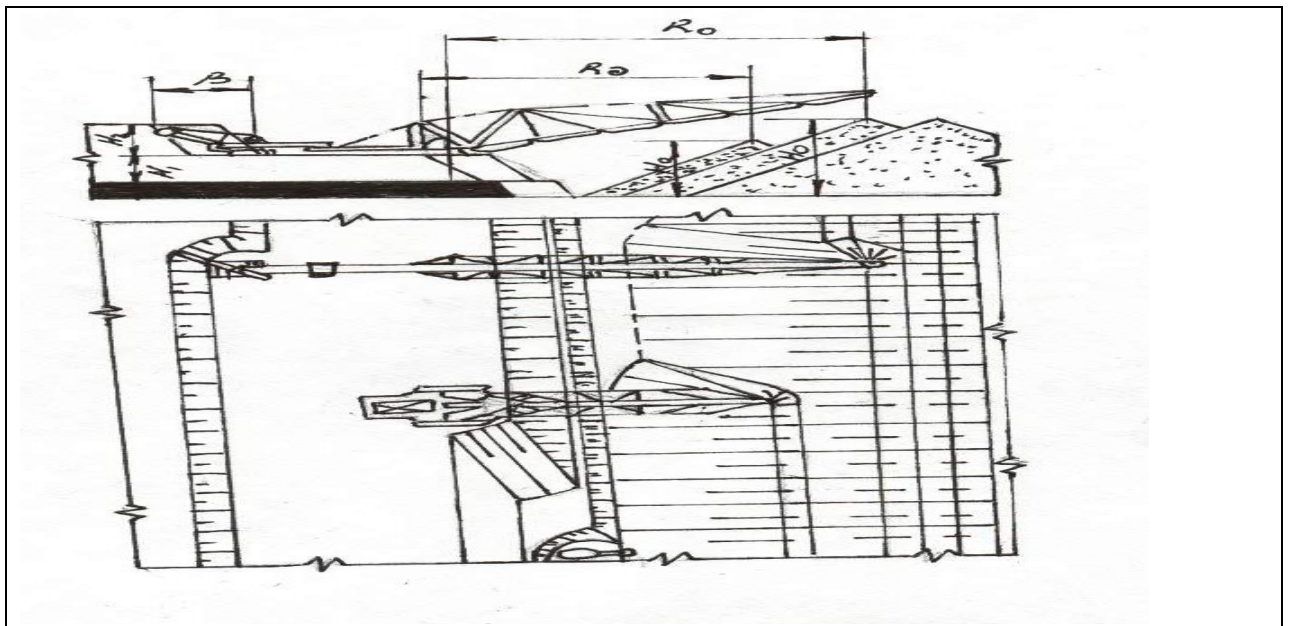
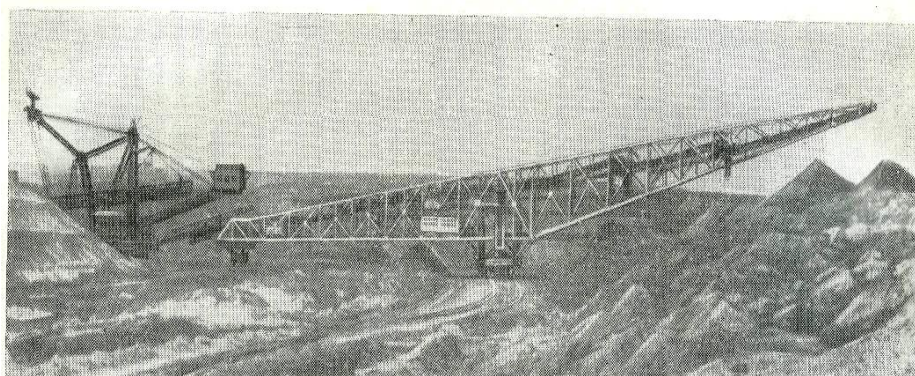


Рис.2.4.1 Комбинированная схема разработки с перевалкой вскрыши в выработанное пространство драглайном и перемещением консольным отвалообразователем.

Размещение мягких пород с плодородным слоем в верхней части отвала упрощает рекультивацию нарушенных земель.

Транспортно-отвальный мост представляет собой подвижную металлическую конструкцию, которая соединяет вскрышные забои с породными отвалами по кратчайшему расстоянию. Он объединяет в один производственный процесс экскавацию, перемещение породы и размещение ее в отвал (рис. 6.4.4.).



2.4.2. Общий вид транспортно-отвального моста

Транспортно-отвальный мост состоит из несущей конструкции главной фермы, которая покоится на двух опорах - экскаваторной (забойной) и отвальной, снабженных ходовым механизмом. Несущая конструкция предназначена для установки ленточного конвейера. Для погрузки породы на

мост работают многочерпаковые цепные или роторные экскаваторы, соединяющиеся с ним жестко или при помощи соединительной фермы. Порода с экскаваторов поступает на соединительный ленточный конвейер, а с последнего - на главный конвейер моста и в отвал. Во время работы мост и экскаваторы движутся вдоль фронта работ со скоростью 4-8 м/мин.

Основными параметрами транспортно-отвальных мостов являются: пролетное строение - расстояние между опорами моста; длина отвальной консоли; высота отсыпки породы -расстояние от горизонта установки отвальной опоры моста до нижней части конца консоли; расположение забойной и отвальной опор- моста. Эти параметры устанавливаются с учетом следующих природных и горнотехнических факторов: мощности покрывающих пород, их физико-механических свойств и водоносности, производственной мощности карьера, величины вскрытых и готовых к выемке запасов полезного ископаемого и др. Таким образом, конструкцию и параметры моста проектируют в соответствии с конкретными горногеологическими условиями карьера, на котором мост будет работать.

При разработке с транспортно-отвальным мостом возможны два (способа перемещения фронта работ - параллельный и веерный.

Параллельное перемещение фронта работ характеризуется равномерным подвиганием его по всей длине карьерного поля. Для равномерного размещения породы в отвале, скорости движения забойной отвальной опор должны быть постоянными и одинаковыми во всех пунктах карьера. Мостовые экскаваторы обрабатывают тупики только с той стороны моста, на которой расположен поворотный экскаватор; противоположный тупик обрабатывается дополнительными средствами.

Веерное перемещение фронта работ характеризуется его угловым поворотом. Равномерное размещение породы в отвале достигается здесь за счет изменения соотношений скоростей забойной и отвальной опор моста в различных пунктах карьера.

Разработка с перевозкой вскрыши во внутренние отвалы

Технологию разработки месторождений с перевозкой породы во внутренние отвалы применяют при разработке более глубоких и мощных горизонтальных и пологих залежей сразу на всю мощность несколькими уступами. При этом разработку уступов при перемещении вскрыши во внутренние отвалы производят одноковшовыми и многоковшовыми или роторными экскаваторами с погрузкой породы в вагоны железнодорожного транспорта, на ленточные конвейеры или в автосамосвалы.

При железнодорожном транспорте пути вскрышных уступов, проходящие через один из торцов карьера, соединяют с путями отвальных уступов. Подъ-

ем пути от забоев до отвалов с целью достижения максимальной эффективности эксплуатации транспорта не превышает 8—15%. Если покрывающие породы разрабатывают двумя подступами, то вскрыша размещается отвальными экскаваторами соответственно в двух отвальных подступах. В этом случае высота расположения рабочей площадки на отвале может быть выражена следующей зависимостью: $h + h_2 = k_p h_2$

Иногда вскрышные уступы соединяют железнодорожными путями по одному из торцов карьера непосредственно с отвальными уступами по горизонтали или с уклоном в грузовом направлении. В этом случае выход груженых поездов на поверхность исключается. На поверхность по специальной траншее с большим подъемом выходят для ремонта и экипировки только порожние поезда.

Грузопотоки породы и полезного ископаемого при этой системе разработки рассредоточены. Их транспортные пути пересекаются на разных отметках. В месте пересечения сооружается путепровод.

Технологическая схема разработки месторождения с конвейерным транспортом с перевозкой вскрышных пород во внутренние отвалы приведена на рис. 7

Успешное применение этой технологии зависит от осушения и предотвращения обводнения внутренних отвалов. Иногда в обводненных карьерах в основании отвальных уступов размещаются водопроницаемые породы, а в подошве отвала укладывают дренажные трубы для выхода воды в выработанное пространство.

разработка с перевозкой вскрыши во внешние отвалы

В тех случаях, когда при разработке горизонтальных и пологих месторождений невозможно размещать отвалы в выработанном пространстве, вскрышу перевозят на отвалы, которые расположены за контуром карьера.

Перевозка породы во внешние отвалы часто имеет место при разработке строительных материалов, когда мощность полезного ископаемого велика, а мощность покрывающих пород незначительна. При разработке полезного ископаемого на глубину двух-трех горизонтов с постоянной рабочей зоной, несмотря на образующееся выработанное пространство, складировать вскрышные породы не представляется возможным, так как в случае необходимости и экономической целесообразности возможна дальнейшая отработка запасов полезного ископаемого на большую глубину. Перемещение вскрышных пород во внешние отвалы применяется при разработке вечномерзлых россыпей, где требуется вскрытие их на большой площади для обеспечения ее оттаивания посредством солнечной радиации.

Вскрышные работы на россыпях производятся бульдозерами с размещением отвалов на борту полигона.

К этому варианту относятся технологические схемы разработки пород вскрыши средствами гидромеханизации с расположением гидроотвалов за контуром карьера.

Разработку с перевозкой породы на внутренние и внешние отвалы применяют при глубоких месторождениях с горизонтальным или пологим залеганием мощных пластов, когда всю породу возможно разместить на внутренних отвалах (рис.2.5.1.).

Иногда при разработке глубоких месторождений, представленных двумя или большим числом пластов, породу внешней вскрыши транспортируют на внешние отвалы, а породу из междупластья — на внутренние.

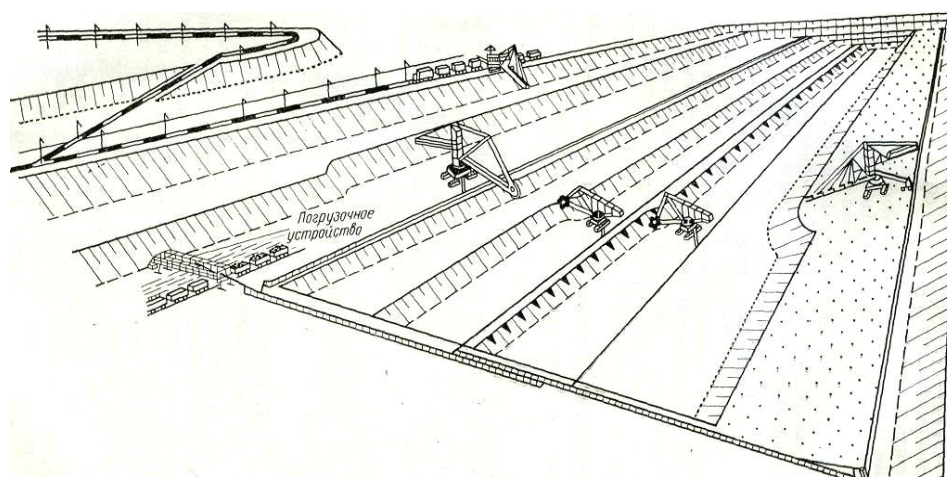


Рис. 2.5.1. Схема разработки с перевозкой породы на внутренние и внешние отвалы

Таким образом, исключается необходимость перевозки на внешние отвалы наиболее трудных по условиям эксплуатации транспорта объемов вскрыши. Наиболее распространенными способами вскрытия карьерных полей здесь являются способы вскрытия отдельными или групповыми траншеями внешнего или внутреннего заложения.

Разработка с перевозкой вскрыши во внутренние и внешние отвалы

Разработку с перевозкой породы во внутренние и внешние отвалы применяют на месторождениях с горизонтальным или пологим залеганием мощных пластов, на большой глубине, когда всю породу невозможно разместить на внутренних отвалах. Иногда при разработке таких месторождений, представленных двумя или большим числом пластов, породу вскрыши транспортируют во внешние отвалы, а породу из

междупластья — во внутренние. Таким образом, исключается необходимость перевозки во внешние отвалы всего объема породы.

Разработка с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем, транспортно-отвальным мостом и конвейерным транспортом

Комбинации технологических схем применяют для разработки мощных покрывающих пород горизонтальных или пологих пластов, когда линейные размеры рабочего оборудования экскаваторов, консольных отвалообразователей или транспортно-отвальных мостов не обеспечивают разработку всей толщи покрывающих пород с перемещением их в выработанное пространство. В таких случаях толщу покрывающих пород делят по вертикали на две части: верхнюю часть разрабатывают с перемещением пород во внутренние отвалы средствами транспорта, а нижнюю — с перемещением породы в выработанное пространство консольными отвалообразователями или транспортно-отвальными мостами.

Разработка с перемещением вскрыши одноковшовыми экскаваторами, отвалообразователем или транспортно-отвальным мостом и перевозкой вскрыши в выработанное пространство средствами транспорта

Комбинированные технологические схемы с перевалкой вскрыши одноковшовыми экскаваторами и перевозкой средствами транспорта во внутренние отвалы применяются при разработке мощной толщи вскрышных пород. Примером применения такой технологии является разработка Роздольского серного месторождения, где нижняя часть вскрыши отрабатывается драглайнами ЭШ-14/75 и переэкскавируется во внутреннем отвале экскаватором ЭШ-10/60. Вышележащий уступ отрабатывается механическими лопатами с перевозкой вскрыши автомобильным транспортом во внутренний отвал. Наносы на этом карьере удаляются средствами гидромеханизации.

На рис. 8 показан вариант разработки карьера большой мощности с применением двух роторных экскаваторов ЭРГ-1600—31 и двух консольных отвалообразователей. Один экскаватор разрабатывает верхний вскрышной уступ и грузит породу на ленточные конвейеры, которые транспортируют эту породу на консольный отвалообразователь ОШ-90/4500, установленный на отвале. Второй экскаватор разрабатывает нижний вскрышной уступ и грузит породу непосредственно на консольный отвалообразователь ОШ-150/4500, транспортирующий ее в выработанное пространство карьера.

разработка с перевозкой вскрыши во внутренний отвал и перевозкой на внешние отвалы

Такой способ применяют для разработки горизонтальных и пологих залежей при большой мощности покрывающих пород.

Один из вариантов этой системы применяется на Богословских угольных разрезах, на которых верхние уступы отрабатывают с перевозкой породы железнодорожным транспортом во внешние отвалы, а нижний — одноковшовым экскаватором с кратной перевалкой вскрыши драглайном, который перемещает породу в выработанное пространство карьера. Этот вариант системы разработки достаточно эффективен даже при сложных условиях залегания месторождения.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ НАКЛОННЫХ И КРУТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геологические условия наклонных и крутых пластовых месторождений, распространяющихся на большую глубину рудных залежей, не позволяют использовать

выработанное пространство для размещения пустых пород, поэтому при разработке этих месторождений широко применяется технология с перевозкой вскрыши на внешние отвалы средствами транспорта. Эту систему применяют около 55 % угольных карьеров, до 90% железорудных и почти 100 % карьеров, добывающих руды цветных металлов. Она применяется также при разработке месторождений с косогорным рельефом.

При разработке наклонных и крутых месторождений горные работы развиваются в глубину; рабочая зона, т. е. число уступов, находящихся в одновременной работе, в процессе эксплуатации изменяется. Горно-подготовительные работы производят в течение всего срока существования карьера и их относительный объем на каждом уступе обычно возрастает с углублением рабочей зоны. Длина фронта уступа уменьшается, а расстояние транспортирования внутри карьера увеличивается.

Система открытой разработки с перевозкой породы на внешние отвалы имеет наибольшее распространение. Эту систему применяют около 55 % угольных карьеров, до 90% железорудных и почти 100% карьеров, добывающих руды цветных металлов. Она применяется также при разработке месторождений, расположенных в гористой местности.

При разработке наклонных и крутопадающих месторождений горные работы развиваются в глубину, рабочая зона, т. е. число уступов, находящихся в одновременной работе, в процессе эксплуатации изменяется. Горноподготовительные работы производят в течение всего срока существования карьера, и их относительный объем на каждом уступе обычно

возрастает с понижением рабочей зоны. Длина фронта уступа уменьшается, а расстояние транспортирования внутри карьера увеличивается.

В связи с этим расходы на перемещение горной массы в общей себестоимости добычи полезного ископаемого на этих месторождениях достигает 70%. Поэтому технологию горного производства, а следовательно варианты систем разработки наклонных и крутопадающих месторождений, рассматривают в зависимости от вида применяемого транспорта:

- 1) разработка с перевозкой вскрыши железнодорожным транспортом;
- 2) разработка с перевозкой вскрыши автомобильным транспортом;
- 3) разработка с перемещением вскрыши конвейерным транспортом;
- 4) разработка с применением комбинации нескольких видов транспорта.

В связи с этим расходы на перемещение горной массы в общей себестоимости добычи полезного ископаемого на этих месторождениях достигает 70 %, поэтому" технологию горного производства, а следовательно, и варианты технологии разработки наклонных и крутых месторождений рассматривают в зависимости от вида применяемого транспорта.

Разработка с перевозкой вскрыши железнодорожным транспортом

При разработке месторождений, имеющих большое протирание и большие объемы перевозок, применяется железнодорожный транспорт. Отличительной особенностью данной разработки является необходимость размещения большого количества транспортных коммуникаций на рабочих площадках и на борту карьера. (Рис. 2.6.1)

При большой глубине карьера трасса железнодорожного пути, служащего для связи забоев с внешними отвалами и пунктами приема полезного ископаемого, даже при максимальном угле наклона ее является сложной и большой по протяженности. Необходимость устройства обменных пунктов вблизи забоев в карьере и отвальных тупиков на отвалах, площадок в пунктах примыкания забойных путей к наклонной траншее, принятый способ вскрытия, необходимая интенсивность развития горных работ, параметры применяемого оборудования определяют особые требования к элементам системы разработки.

Для уменьшения расходов на содержание транспортных коммуникаций и передвижку путей при разработке месторождений с перевозкой вскрыши железнодорожным транспортом целесообразно иметь возможно меньшее число горизонтов в работе, а следовательно, возможно большую высоту уступа.

Ширина рабочих площадок должна обеспечить производительную работу оборудования при безопасном размещении основных горных машин и

транспортных коммуникаций, линий электропередач, вспомогательного транспорта и оборудования. Она включает резервную полосу для независимого подвигания смежных уступов и берму безопасности.

В период строительства карьера ширину рабочих площадок принимают минимальной с целью сокращения объема горно-капитальных работ. В период эксплуатации рабочие площадки расширяют, чтобы форсировать вскрышные работы и увеличить вскрытые запасы полезного ископаемого.

При определении ширины рабочей площадки необходимо учитывать также возможность расположения на площадке дополнительного оборудования и коммуникаций (сети сжатого воздуха, осветительных линий, водопровода), а также движение и маневры автотранспорта, бульдозеров, машин для зарядки и забойки скважин и т.д. Обычно предусматривают дополнительную полосу шириной 5—6 м.

Контрольные вопросы:

1. Что такое система разработки?
2. Какие существуют классификации систем разработки месторождений полезных ископаемых при открытой разработке?
3. Условия применения систем разработки в конкретных горно-геологических условиях?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 Alabama USA
2. William A.H., Richard L. Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebo Sweden.
4. Ткачев В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.

IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-практическая работа:

Расчет показателей потерь и разубоживания руды

Цель: Образование навыков порасчету показателей потерь и разубоживания руды по добычному участку

Постановка задачи: Определения потерь и разубоживания руды по добычному участку

Потерями руды при добыче считается часть балансовых запасов, не извлеченная из недр при разработке или оставленная в местах складирования, погрузки и транспортирования. Под потерями качеств (разубоживанием) понимается снижение содержания полезного компонента в добытой руде (рудной массе) по сравнению с содержанием его в балансовых запасах¹.

В соответствии с Единой классификацией потерь твердых полезных ископаемых принимаются следующие основные показатели,

1. Показатели извлечения по металлу (полезному компоненту);

коэффициент потерь металла (полезного компонента)

$$K_p = c_n / (Бс)$$

где n — количество руды, потерянной из балансовых запасов, т;

$Б$ — количество погашенных балансовых запасов руды, т;

$с$ — содержание металла (полезного компонента) в погашенных балансовых запасах, % или г/т;

$с_n$ — содержание металла (полезного компонента) в потерянной руде, % или г/т.

При $с = с_n$

$$k_n = nБ$$

коэффициент разубоживания руды

$$p = (с - a) / с,$$

где a — содержание металла (полезного компонента) в добытой рудной массе, % или г/т.

2. Показатели извлечения по руде (полезному ископаемому), % потери руды

$$П = (n : Б) 100 - (1 - k_{np}) 100$$

разубоживание руды (%)

$П = (В / Д) 100$, где $В$ — количество пород, засоривших руду, т;

$Д$ — количество добытой рудной массы, т.

В свою очередь

$$Д = Б - п + В = Б(1 - k_n) / (1 - p) = Бk_n / (1 - p)$$

извлекаемый запас руды

$$И = Бk_{np}$$

¹William A.H., Richard L.Bullock.Underground mine methods-Enginiring Fundamentals and International Case Studies 2009 Orebvo Sweden

где k_{np} - коэффициент извлечения рудных запасов.

Средние по блоку (добычному участку) потери и разубоживание руды, подсчитываются как средневзвешенные величины из отдельных элементов блока (добычного участка).

При подсчете коэффициентов извлечения k_{np} и разубоживания руды следует принимать:

для подготовительных и нарезных выработок, проводимых полным сечением по руде, а также при частичном выпуске отбитой руды в системах с магазинированием $k_{np}=1; p = 0$

для подготовительных и нарезных выработок, проводимых частично по руде и частично по породе без сортировки, $k_{np} = 1;$

$$= (S - S_p)/S,$$

где S — сечение выработки, m^2 ; S_p - сечение выработки по рудам, m^2 .

С отборкой породы

$$k_{np} = 0,9-0,95, p = V - (V_p + V_c * 1/K_p) / V$$

где V - полный объем выработки, m^3 ; V_p -объем выработки по руде, m^3 ; V_c -объем отсортированной породы, m^3 ; K_p - коэффициент разрыхления отсортированной породы.

Для очистных работ в несколько стадий подсчитывают средние значения k_{np} и p .

Значения k_{np} и p для очистной выемки зависят от условий и системы разработки месторождения и принимаются по практическим или нормативным данным.

Показатели по блоку (добычному участку) сводят в табл. 1

Таблица 1

Стадии работ	Балансовы е запасы Б, т	Коэффициент извлечения руды k_{np}	Коэффициент разубоживания руды, p	Извлекаемые запасы руды, И,	Количество добытой рудной массы Д, т	Доля участия в добыче рудной. массы из блока
Подготовительные работы	B_p	k_{np_p}	P_p	I_p	D_p	K_p
Итого	B_n	k_{np_n}	P_n	I_n	D_n	K_n
Нарезные работы	$B_{ок}$	k_{np_k}	P_k	I_k	D_k	$K_{оч}$
Итого	$B_{оч}$	$k_{np_ч}$	$P_и$	$I_и$	$D_ч$	$K_и$
Очистные работы:	$B_о$	$k_{np_о}$	$P_о$	$I_о$	$D_о$	$K_о$
	B	k_{np}	P	I	D	$K=1$

Выемка камеры						
Выемка целиков						
Итого Всего по блоку						

По данным таблицы определяем средние значения коэффициентов извлечения и разубоживания руды:

из подготовительных работ $k_{np} = I_{п} / B_{п}$; $P_{п} = (D_{п} - I_{п}) / D_{п}$;

из нарезных работ $k_{нрн} = I_{н} / B_{н}$; $P_{н} = (D_{н} - I_{н}) / D_{н}$;

из очистных работ $k_{про} = I / B_0$; $p_a = (D_0 - I_0) / D_0$;

по блоку $k_{пр} = I / B$; $p = (D - I) / D$.

Доля участия в добыче рудной массы из блока определяется по следующим формулам:

для подготовительных работ $K_{п} = D_{п} / D$

для нарезных работ $K_{н} = D_{н} / D$,

для очистных работ $K_0 = D_0 / D$

ПРИМЕР. Угол падения рудного тела $\varphi = 90^\circ$, мощность $m = 10$ м, содержание молибдена в погашаемых балансовых запасах блока $c = 0,08$ %; суммарные затраты на добычу, транспортирование и переработку 1 т руды $C_r = 5$ сум; высота уступа $h_y = 10$ м.

Определить нормативные показатели потерь $P_{н}$ и разубоживание $P_{н}$ руды по справочным, данным и рассчитать коэффициент изменения качества K_k и извлечения полезного ископаемого из недр $K_{изв.н}$.

РЕШЕНИЕ. 1. По исходным данным отыскиваем в справочном материале (табл. П.53) значения нормативных потерь и разубоживания, которые равны соответственно $P_{н} = 5,8$ и $P_{н} = 5,5$ %.

2. Определяем содержание молибдена в добываемой руде по формуле

$$a_c = c (1 - 0,01 P_{н})$$

где c — содержание металла в погашаемых балансовых запасах, %.

$$a_c = 0,08 (1 - 0,01 \cdot 5,5) = 0,07\%$$

3. Определяем коэффициент K_k изменения качества:

$$K_k = a_c / c$$

$$K_k = 0,07 / 0,08 = 0,95.$$

4. Определяем коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр:

$$K_{изв.н} = \frac{100 - P_{н}}{100 - P_{н}} K_k$$

$$K_{изв.н} = \frac{100 - 5,8}{100 - 5,5} 0,95 = 0,95$$

ПРИМЕР. Определить ущерб, вызванный сверхнормативными потерями и разубоживанием.

Угол падения рудного тела $\varphi=50^\circ$. Мощность рудного тела 25 м, высота уступа 10 м; содержание условного металла (по вольфраму) в балансовых запасах $c_6=0,2\%$; содержание металла в товарной руде, добытой из рассматриваемого блока, $0,19\%$; коэффициент извлечения металла из руды рассматриваемого блока в концентрат на обогатительной фабрике $K_{изв.р}=0,87\%$; суммарные затраты на добычу, транспортирование и переработку 1 т руды составляют 5 сум.; фактические потери $P_\phi=3\%$; разубоживание $R_\phi=6,25\%$; оптовая цена 1 т полезного ископаемого в концентрате $C_0=6700$ сум/т.

РЕШЕНИЕ. 1. По исходным данным находим в справочном материале (табл. П.53) значение экономических последствий $\mathcal{E}_{п.бн}$, которые равны 6,4 сум/т. Затем рассчитываем фактические экономические последствия по формуле

$$\mathcal{E}_{п.б\phi} = \frac{1 - P_\phi}{1 - R_\phi} (0,1c_m K_{изв.р} C_0 - C_{т.ф})$$

где P_ϕ и R_ϕ — соответственно фактические потери и разубоживание при разработке блока, доли единицы;

c_m — содержание металла в товарной руде, добытой из блока, %;

$K_{изв.р}$ — коэффициент извлечения металла из руды блока в концентрат на обогатительной фабрике;

$C_{т.ф}$ — фактические суммарные затраты на добычу, транспортирование и переработку 1 т товарной руды по блоку, сум/т.

$$\mathcal{E}_{п.б\phi} = \frac{1 - 0,03}{1 - 0,0625} (0,1 \cdot 0,19 \cdot 0,87 \cdot 6700 - 5) = 6,26$$

2. Определяем ущерб, нанесенный сверхнормативными потерями и разубоживанием, по формуле

$$Y = \mathcal{E}_{п.бн} - \mathcal{E}_{п.б\phi}$$

где $\mathcal{E}_{п.бн}$ — экономические последствия при разработке блока с нормативными потерями и разубоживанием, принимаемые по справочным данным, сум/т.

$$Y = 6,41 - 6,26 = 0,15 \text{ сум/т}$$

ПРИМЕР. Определить дополнительную прибыль за счет улучшения использования недр, если фактические потери $P_\phi=2,5\%$, разубоживание $R_\phi=7,5\%$, суммарные затраты на добычу, транспортирование и переработку 1 т руды составляют 4 сум. Остальные исходные данные те же, что и в примере 2.

РЕШЕНИЕ. 1. Определяем экономические последствия при разработке блока с фактическими потерям, и разубоживанием:

$$\mathcal{E}_{п.б\phi} = \frac{1 - 0,025}{1 - 0,075} (0,1 \cdot 0,19 \cdot 0,87 \cdot 6700 - 4) = 7,34 \text{ сум/т}$$

2. Определяем дополнительную прибыль по формуле

$$P_p = \mathcal{E}_{п.б_ф} - \mathcal{E}_{п.б_н}$$

$$P_p = 7,34 - 6,41 = 0,93 \text{ сум/т}$$

Задача 1. Для различных вариантов разработки молибденового месторождения с мощностью рудного тела $m=10$ м определить нормативные показатели потерь P_n и разубоживания руды P_n по справочным данным (при угле падения рудного тела $\varphi=90^\circ$) и рассчитать изменения качества K_k и извлечения полезного ископаемого из недр $K_{изв.н}$

Показатели	Вариант разработки				
	1	2	3	4	5
Высота уступа h_y , м	5	10	10	15	15
Содержание молибдена в балансовых запасах c , %	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08
Суммарные затраты на добычу, транспортирование и переработку 1 т руды C_t , руб.	2	3	4	5	6

Задача 2. Для различных вариантов разработки вольфрамового месторождения определить ущерб, вызванный сверхнормативными потерями и разубоживанием. Угол падения рудного тела $\varphi=50^\circ$, мощность рудного тела $m=25$ м, высота уступа 10 м, содержание условного, металла (по вольфраму) в балансовых запасах $c=0,2$ %; оптовая цена 1т полезного ископаемого в концентрате $C_0 = 6700$ сум.

Показатели	Вариант			
	1	2	3	4
Фактические потери P_f , %	2,5	2,5	1	1
Фактическое разубоживание P_f , %	7	7,5	6,5	5
Суммарные затраты на добычу, транспортирование и переработку 1 т руды C_t , руб/т	5	4	5	5
Содержание металла в товарной руде a_c , %	0,18	0,18	0,19	0,19
Коэффициент извлечения металла из руды в концентрат на обогатительной фабрике $K_{изв.р}$	0,87	0,86	0,87	0,84

Контрольные вопросы:

1. Что такое потери?
2. Что такое разубоживание?
3. Что влияет показатели потери и разубоживания руды при добыче?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 Alabama USA

2. William A.H., Richard L.Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebo Sweden.

3. Милехин Г.Г. Вскрытие и подготовка рудных месторождений. Учебное пособие: Мурманск издательство МГТУ 2004.

4. Ткачѳв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.

2-практическая работа:

Расчеты параметров работ выемочно-погрузочных машин

Цель : Образование навыков у слушателей по процессу выемочно погрузочных работ.

Постановка задачи: Расчитать процессы выемочно-погрузочных работ.

№1

ПРИМЕР. Определить ширину торцевого забоя A экскаватора— механической лопаты ЭКГ-4,6 при разгрузке породы в железнодорожный и автомобильный транспорт.

РЕШЕНИЕ. Определяем ширину торцевого забоя для экскаватора ЭКГ-4,6 при разгрузке породы:

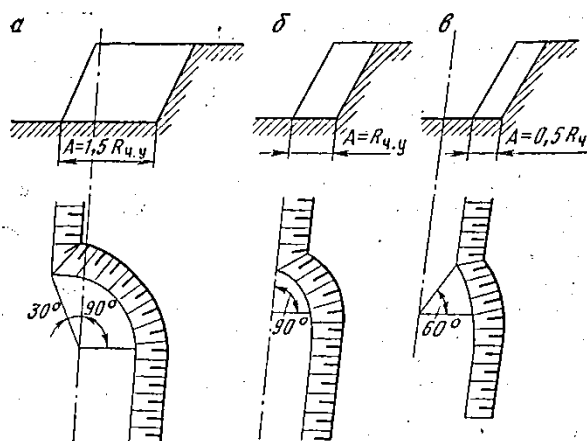


Рис. Схемы к определению ширины забоя A механической лопаты:
 a — при железнодорожном транспорте; $б$ и $в$ — при автомобильном

в железнодорожный транспорт по формуле

$$A = (1,5 \div 1,7) R_{q,y}.$$

где $R_{q,y}$ — радиус черпания на горизонте установки экскаватора, м (находим по табл. П.13).

$$A = 1,5 \cdot 8,7 = 13 \text{ м};$$

в автомобильный транспорт по формуле

$$A = (1,5 \div 1) R_{q,y}.$$

$$A = 1 \cdot 8,7 = 8,7 \text{ м}.$$

ПРИМЕР. Определить максимальную ширину забоя экскаватора ЭКГ-4,6 в скальных взорванных породах.

РЕШЕНИЕ. Находим максимальную ширину забоя по формуле $A = 2R_{ч.у.}$

$$A = 2 \cdot 8,7 = 17,4 \text{ м.}$$

ПРИМЕР. Определить максимальную ширину забоя драглайна ЭШ-5/45, если углы рабочего разворота $\omega_1=40^\circ$, $\omega_2=30^\circ$.

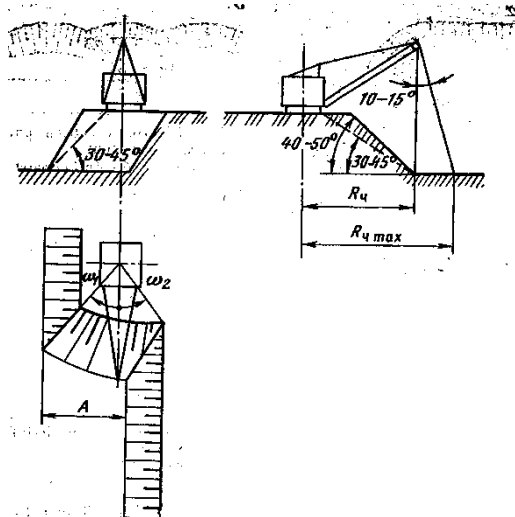


Рис. Схема бокового забоя драглайна с нижним черпанием

РЕШЕНИЕ.

1. Находим радиус черпания по табл.П.16. Для драглайна ЭШ-5/45 $R_{ч}=43$ м.

2. Определяем максимальную ширину забоя A драглайна по формуле

$$A=R_{ч} (\sin \omega_1 + \sin \omega_2),$$

$$A=43 (\sin 40^\circ + \sin 30^\circ) = 43 (0,6 + 0,5) = 47,3 \text{ м.}$$

Расчеты параметров работ выемочно-транспортных машин

ПРИМЕР. Определить параметры работ по организации бульдозерных отвалов при доставке породы на отвалы автомобильным транспортом. Объем вскрышных пород, размещаемых в отвалы за смену, $Q_{см}=11850 \text{ м}^3$. Расстояние транспортирования 20 м.

Число автосамосвалов БелАЗ-540А $n_a=15$, число бульдозеров Д-271, работающих на отвальном участке, $n_b=10$. Продолжительность рейса автосамосвала $T_p=20$ мин.

РЕШЕНИЕ.

1. Определяем длину (м) отвального участка по условиям планировки:

$$L_0 = Q_б / V_0,$$

где $Q_б$ – производительность бульдозера, $\text{м}^3/\text{смену}$ (на отвальных работах определяется по табл.П.24);

V_0 — удельная приемная способность отвального участка, $\text{м}^3/\text{м}$.

$$V_0 = V_a K_{кр} / b_a$$

где V_a — вместимость кузова автосамосвала, м³;

$K_{кр}$ — коэффициент кратности разгрузки по ширине кузова (для БелАЗ-540 $K_{кр}=1,5$, для КрАЗ-256 $K_{кр}=2,5$);

b_a — ширина кузова автосамосвала, м (находим по табл. П.15).

$$V_0 = 15,3 \cdot 1,5 / 3,5 = 6,6 \text{ м}^3/\text{м}.$$

Тогда

$$L'_0 = 395 / 6,6 = 59,8 \text{ м}.$$

2. Определяем длину (м) отвального участка по условиям разгрузки автосамосвалов:

$$L''_0 = n_a b_{п.а.} t_p / T_p$$

где n_a — число работающих на отвальном участке автосамосвалов;

$b_{п.а.}$ — ширина полосы, занимаемой автосамосвалом при разгрузке и маневрировании, м ($b_{п.а.}=20 \div 30$ м);

t_p — продолжительность разгрузки и маневрирования автосамосвала на отвале, мин ($t_p=1 \div 2$ мин);

T_p — продолжительность рейса автосамосвала, мин.

$$L''_0 = 15 \cdot 30 \cdot 2 / 20 = 45 \text{ м}.$$

Из полученных значений L'_0 и L''_0 для дальнейшего расчета принимается большее, т.е. 59,8 м.

3. Определяем длину отвального участка:

$$L_{уч} = L'_0 n_б$$

$$L_{уч} = 59,8 \cdot 10 = 598 \text{ м}.$$

4. Определяем число отвальных участков:

$$N_0 = Q_{см} / (Q_б n_б).$$

$$N_0 = 11850 / (395 \cdot 10) = 3.$$

5. Определяем общую длину фронта отвальных работ:

$$L_{общ} = L_{уч} K_0$$

где K_0 — коэффициент, учитывающий, резервные участки при попеременной отсыпке и планировке ($K_0=1 \div 1,4$).

$$L_{общ} = 598 \cdot 3 \cdot 1 = 1794 \text{ м}.$$

ПРИМЕР. Определить параметры работ по организации трапециевидных скреперных отвалов.

Условия работы следующие: мощность пустых, пород $m_n=4$ м; подъем выезда $i_{п-в}=0,12$; подъем поверхности в направлении проведения выезда $i_{п-п}=0,04$.

РЕШЕНИЕ.

1. Определяем длину выезда l_B при подъеме поверхности по формуле

$$l_B = m_n / (i_{п-в} - i_{п-п})$$

$$l_B = 4 / (0,12 - 0,04) = 50 \text{ м}.$$

2. Определяем объем работ по проходке выезда:

$$W = 0,5 b_T l_B m_n + 0,3 K_{з.б} l_B m_n^2$$

где $b_T=4$ м — ширина основания траншеи, м;

$K_{3,6}=1,1\div 1,3$ — коэффициент заложения борта траншеи; принимаем $K_{3,6}=1,2$.

$$W=0,5 \cdot 4 \cdot 50 \cdot 4 + 0,3 \cdot 1,2 \cdot 50 \cdot 4^2 = 688 \text{ м}^3.$$

Контрольные вопросы:

1. В каких условиях применяется буровзрывной способ выемки горных пород при подземной разработке?
2. Исходя из каких параметров выбираются типы взрывчатых веществ?
3. Как располагаются шпуров или скважины при добыче полезных ископаемых ?

Используемая литература:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 Alabama USA
2. William A.H., Richard L. Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebovo Sweden.
3. Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.
4. Б. А. Картозия, Б. И. Федунец, М. М. Шуплик и др . Шахтное и подземное строительство. Учебник для вузов. Том 1. Издательство Академии горных наук. Москва 2001 г.

3-практическая работа:

Решение задач по вскрытию карьерных полей и системе разработки.

Цель : Образование навыков по у слушателей составление паспорта БВР при проходке горных выработок.

Постановка задачи: Определение расчета взрывных работ при проходке горных выработок.

Определение параметров бестранспортной системы разработки

ПРИМЕР. Определить максимальную ширину заходки А и ширину рабочей площадки Ш при работе экскаватора ЭВГ-15 с перевалкой вскрыши в выработанное пространство.

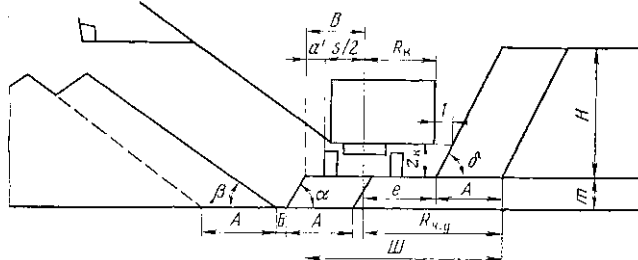


Рис. Схема перевалки пород мехлопатовой при холостых переходах экскаватора

Обработку угля и вскрыши ведут в одном блоке. Для обратного холостого прохода экскаватора на кровле пласта оставляют площадку. Транспортирование угля по кровле пласта осуществляют автосамосвалами; угол устойчивого откоса вскрышного уступа $\delta=60^\circ$.

РЕШЕНИЕ. Максимальную ширину заходки (м) определим по формуле $A=R_{ч.у} - e_{\min}$

где $R_{ч.у}$ — максимальный радиус черпания, вскрышного экскаватора на горизонте его установки, м;

$e_{\min} = R_k + 1 \cdot z_k \cdot \operatorname{ctg} \delta$ — минимальное расстояние от оси экскаватора до нижней бровки вскрышного уступа, м;

R_k — радиус вращения кузова экскаватора, м;

1 м — минимальный по нормам безопасности зазор между откосом уступа и кузовом;

z_k — просвет под поворотной платформой экскаватора, м.

У экскаватора ЭВГ-15 $R_{ч.у}=20,5 \text{ м}$; $R_k=12 \text{ м}$; $z_k = 6 \text{ м}$. $e_{\min} = 12+1 - 6 \operatorname{ctg} 60^\circ=9,5 \text{ м}$;

$A=20,5-9,5=11 \text{ м}$.

Ширина рабочей площадки

$Ш = a' + s/2 + e + A$

где a' — минимальное расстояние от ходового устройства экскаватора до верхней бровки добычного уступа, принимаемое не менее 2—3 м;

s — ширина хода экскаватора (у ЭВГ-15 $s = 13,5 \text{ м}$).

$Ш = 2 + 13,5/2 + 9,5 + 11 = 29 \text{ м}$.

ПРИМЕР. Определить скорость подвигания фронта работ и возможную производительность карьера по полезному ископаемому.

Вскрышной уступ высотой $H=20 \text{ м}$ отрабатывают по простой бестранспортной схеме экскаватором ЭШ-15/90; годовая производительность экскаватора $Q_{\text{э}} = 3,5 \text{ млн. м}^3$, длина фронта работ по вскрыше $L_{\text{ф.в}}=2000 \text{ м}$, по добыче $L_{\text{ф.д}}=1950 \text{ м}$; средняя мощность пласта полезного ископаемого $t=3 \text{ м}$; плотность $\gamma=1,2 \text{ т/м}^3$; коэффициент извлечения $k_{\text{изв}}=0,95$.

РЕШЕНИЕ. Скорость подвигания фронта работ

$v_{\text{ф}} = Q_{\text{э}} / (L_{\text{ф.в}} \cdot H) = 3\,500\,000 / (2000 \cdot 20) = 87,5 \text{ м/год}$.

Производительность карьера по полезному ископаемому

$Q_{\text{п.и}} = t \cdot L_{\text{ф.д}} \cdot v_{\text{ф}} \cdot k_{\text{изв}} \cdot \gamma = 3 \cdot 1950 \cdot 87,5 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 583,5 \text{ тыс. т/год}$

№14

Расчет параметров транспортно-отвальная система разработки

ПРИМЕР. Определить необходимую ширину полосы вскрытых запасов на зимний период A_3 при отработке месторождения по транспортно-отвальной схеме.

Производительность карьера по полезному ископаемому $W_{и}=5$ млн. т/год; продолжительность зимней остановки вскрышного комплекса $N_3=3$ мес; мощность пласта полезного ископаемого $t=5$ м; длина фронта добычных работ $L_{ф.и} = 2500$ м; плотность полезного ископаемого $\gamma=1,5$ т/м³; коэффициент извлечения полезного ископаемого $K_{изв}=0,95$; минимально допустимое опережение отвалообразователя добычным забоем $l_1=150$ м; минимально допустимое опережение добычного забоя отвалообразователем $l_2= 250$ м; ширина заходки $A=70$ м.

РЕШЕНИЕ.

$$A_3 = W_{и}N_3 / (12t L_{ф.и} \gamma K_{изв}) - A (L_{ф.и} - l_1 - l_2) / l_{ф.и} = 5 \cdot 000 \cdot 0000 \cdot 3 / (12 \cdot 5 \cdot 2500 \cdot 1,5 \cdot 0,95) - 70 (2500 - 150 - 250) / 2500 = 11,4 \text{ м.}$$

ПРИМЕР. Определить производительность вскрышного комплекса $Q_{в.к}$ необходимую высоту разгрузки $H_{р.о}$ и радиус разгрузки $R_{р.о}$ консольного отвалообразователя.

Мощность горизонтального пласта полезного ископаемого $t=2$ м; высота вскрышного уступа, отрабатываемого по транспортно-отвальной схеме, $H=35$ м; коэффициент разрыхления пород в отвале $K_p=1,15$; длина фронта добычных работ $L_{ф.и}=2000$ м; длина фронта вскрышных работ $L_{ф.в}=2100$ м; длина фронта отвальных работ $L_{ф.о}=1970$ м; ширина вскрышной заходки $A=50$ м; угол естественного откоса пород в отвале $\beta_e=38^\circ$; устойчивый угол откоса отвала $\beta_1=22^\circ$; угол откоса добычного уступа $\alpha=45^\circ$; производительность карьера по добыче $W_{и}=2$ млн. т; плотность полезного ископаемого $\gamma=2$ т/м³; коэффициент извлечения полезного ископаемого $K_{изв}=0,97$; продолжительность зимней остановки вскрышного комплекса $N_3=3$ мес; отвалообразователь расположен на кровле пласта полезного ископаемого.

Рассмотреть работу без изменения расстояния между вскрышным экскаватором и отвалообразователем и с изменением расстояния на 50 м (величина телескопичности $T = 50$ м).

РЕШЕНИЕ 1. Производительность вскрышного комплекса, обеспечивающая заданную производительность карьера по полезному ископаемому

$$Q_{в.к} = H L_{ф.в} W_{и} / (t L_{ф.и} K_{изв} \gamma) = 35 \cdot 2100 \cdot 2 \cdot 106 / (2 \cdot 2000 \cdot 0,97 \cdot 2) = 19 \text{ млн. м}^3/\text{год.}$$

2. Ширина полосы подготовленных запасов для отработки в зимний период

$$A_z = W_{и} N_z / (12t L_{ф.и} \gamma_{Кизв}) - A (L_{ф.о} - l_1 - l_2) L_{ф.о}$$

где l_1 — минимальное опережение отвалообразователя добычным забоем, м;

l_2 — минимальное опережение добычного забоя отвалообразователем, м;

принимаем $l_1=100$ м и $l_2=150$ м по условиям маневрирования отвалообразователя.

$$A_z = 2 \cdot 106 \cdot 3 / (12 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 2 \cdot 0,97) - 50(2000 - 100 - 150) / 2000 = 20,7 \text{ м.}$$

3. Высота внутреннего отвала

$$H_0 = K_{ф} K_{р} K_{зах} H + 0,25 A \operatorname{tg} \beta_1 / K_{зах}$$

где $K_{ф} = L_{ф.в} / L_{ф.о} = 2100 / 1970 = 1,07$ — коэффициент, учитывающий сокращение фронта отвальных работ по сравнению с фронтом вскрышных работ;

$K_{зах}$ — коэффициент сокращения ширины заходки, равный отношению ширины вскрышной заходки к ширине отвальной заходки. При работе без изменения расстояния между вскрышным экскаватором и отвалообразователем ($T=0$) $K_{зах}=1$ при создании запасов для отработки в зимний период за счет телескопичности комплекса

$$K_{зах} = Q_{в.к} / (Q_{в.к} - T L_{ф.н} H) = 18 \cdot 106 / (18 \cdot 106 - 50 \cdot 2100 \cdot 35) = 1,257.$$

При $T=0$; $H_0 = 1,07 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 35 + 0,25 \cdot 50 \operatorname{tg} 38^\circ / 1 = 53$ м;

при $T=50$ м; $H_0 = 1,07 \cdot 1,15 \cdot 1,257 \cdot 35 + 0,25 \cdot 50 \operatorname{tg} 38^\circ / 1,257 = 62$ м.

4. Необходимая высота разгрузка отвалообразователя

$$H_{р.о} = H_0 - t + p$$

где p — минимальное расстояние между гребнем отвала и консолью отвалообразователя (по нормативам безопасности $p=1,5$ м при использовании консольных отвалообразователей и $p=2$ м при использовании транспортно-отвальных мостов).

При $T=0$ $H_{р.о} = 53 - 2 + 1,5 = 52,5$ м; при $T=50$ м $H_{р.о} = 62 - 2 + 1,5 = 61,5$ м.

5. Необходимый радиус разгрузки отвалообразователя

$$R_p = A_z + H_0 \operatorname{ctg} \beta_1 + B + t \operatorname{ctg} \alpha + B - T - l_{с.п}$$

где B — минимальное расстояние от оси движения отвалообразователя до верхней бровки добычного уступа, равное половине ширины ходового устройства отвалообразователя и зазору между ходовым устройством и бровкой уступа, принимаем $B=25$ м;

B — ширина свободной полосы между отвалом и добычным уступом, включающая в себя ширину водоотводной канавы и транспортную полосу, принимаем $B=5$ м;

Лс.п. — горизонтальное расстояние свободного перемещения породы до гребня отвала (Лс.п.=2÷3 м).

При $T=0$ $R_p=20,7+53 \operatorname{ctg} 22^\circ+25+2 \operatorname{ctg} 45^\circ+5-0-3=181$ м;
 при $T=50$ м $R_p=20,7+62 \operatorname{ctg} 22^\circ+25+2 \operatorname{ctg} 45^\circ+5-50-3=153$ м.

ПРИМЕР. Определить необходимую длину перегружателя (соединительного моста) Лс.м. для перегрузки породы от роторного экскаватора, расположенного на кровле пласта полезного ископаемого, на консольный отвалообразователь, расположенный на предотвале.

Мощность пласта полезного ископаемого $m=20$ м; угол откоса рабочего борта по полезному ископаемому $\varphi=20^\circ$; ширина свободной полосы между отвалом и добычным уступом $B=7$ м; высота предотвала $H_p=20$ м, угол его откоса $\beta_p=35^\circ$; минимальное безопасное расстояние от осей опор моста до верхней бровки добычного уступа $a_1=20$ м, до верхней бровки предотвала $a_2=25$ м.

РЕШЕНИЕ.

$L_{c.m} = a_1 + a_2 + m \operatorname{ctg} \varphi + H_p \operatorname{ctg} \beta_p = 20 + 25 + 20 \operatorname{ctg} 20^\circ + 20 \operatorname{ctg} 35^\circ = 128$ м.

№15

Расчет транспортной система разработки

ПРИМЕР. Определить минимальную ширину рабочей площадки при выемке мягких вскрышных пород экскаватором ЭКГ-8И с применением железнодорожного транспорта.

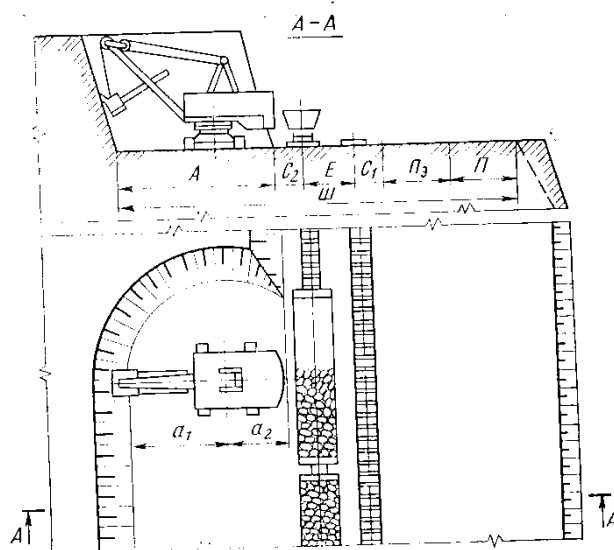


Рис. Схема разработки мягких пород мехлопатай при железнодорожном транспорте

РЕШЕНИЕ.

$$Ш = А + С2 + Е + С1 + П9 + П$$

где $A = a + a_2$ — ширина экскаваторной заходки;

C_2 — расстояние от оси пути до нижней, бровки уступа, м;

E — расстояние между осями железнодорожных путей при тепловозной и дизель-электрической тяге $E = 4,5$ м, при использовании контактных электровозов $E = 7 \div 8,5$ м (меньшая цифра — при погрузке экскаватором ЭКГ-4,6, большая — ЭКГ-12,5), при одноколейном пути $E = 0$;

C_1 — расстояние от оси пути до полосы электроснабжения (при тепловозной и дизель-электрической тяге $C_1 = 2,5$ м, при контактных электровозах $C_1 = 5 \div 6$ м);

$П_э$ и $П$ — ширина полос соответственно для размещения устройств электроснабжения и дополнительного оборудования, принимается в сумме в пределах 6—12 м.

Ширина внутренней части заходки ограничивается условиями черпания $a_1 \leq R_{ч.у.}$; $a_1 \leq 12,2$ м и условиями безопасного вращения экскаватора $a_1 \geq R_k + 1 - z_k \operatorname{ctg} \alpha$; $a_1 \geq 7,66 + 1 - 2,8 \operatorname{ctg} 600$; $a_1 \geq 7$ м, где R_k — радиус вращения кузова экскаватора, м; 1 м — минимальный по нормативам безопасности зазор между кузовом и откосом уступа или транспортным сосудом; $R_{ч.у.}$ — максимальный радиус черпания экскаватора на горизонте его установки, м; z_k — просвет под поворотной платформой экскаватора, м; α — угол откоса уступа, градус.

Ширина внешней части заходки ограничивается условиями нормального без выталкивания породы черпания: $a_2 \geq 0,7 R_{ч.у.}$; $a_2 \leq 0,7 \cdot 12,2$; $a_2 \leq 8,5$ м.

Принимаем ширину заходки экскаватора максимальной с целью сокращения частоты передвижек забойного пути:

$$A = 12,2 + 8,5 = 20,7 \text{ м.}$$

Минимальная ширина рабочей площадки: при одноколейном железнодорожном пути

$$Ш = 20,7 + 3 + 2,5 + 6 + 6 = 38,2 \text{ м;}$$

при двухколейном

$$Ш = 20,7 + 3 + 4,5 + 2,5 + 6 + 6 = 42,7 \text{ м.}$$

ПРИМЕР. Определить максимальную высоту уступа и ширину рабочей площадки при верхней погрузке мягких пород в думпкары 2ВС-105 экскаватором ЭКГ-6,3у.

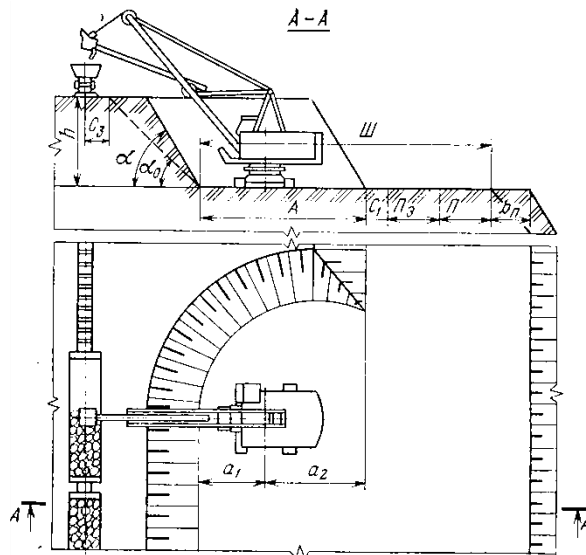


Рис. Схема разработки мягких пород экскаватором с верхней погрузкой

Угол откоса разрабатываемого уступа $\alpha=60^\circ$, угол устойчивого откоса уступа $\alpha_0=45^\circ$.

РЕШЕНИЕ. 1. Высоту уступа ограничивают радиус разгрузки R_p и высота разгрузки H_p экскаватора:

$$h \leq H_p - (h_d + c_1 + h_p)$$

$$h \leq (R_p - a_1 - C_3) \operatorname{tg} \alpha_0$$

где H_p и R_p — высота разгрузки и соответствующий ей максимальный радиус разгрузки, приведенные для экскаватора ЭКГ-6,3у на рис. h_d — высота думпкара, м; c_1 — минимальный зазор между ковшом и транспортным сосудом, м; h_p — высота верхнего строения железнодорожного пути (рельсы, шпалы и балласт), м; a_1 — ширина внутренней части заходки, м ($a_1 \geq R_k + 1 - z_k \operatorname{ctg} \alpha$; $a_1 \geq 10 + 1 - 3,3 \operatorname{ctg} 60^\circ$, $a_1 \geq 9$ м; R_k — радиус вращения кузова экскаватора, м; z_k — просвет под поворотной платформой, м); $C_3=2,5$ м — минимальное по нормативам безопасности расстояние от оси пути до верхней бровки уступа или линии возможного обрушения.

$$h \leq (R_p - 9 - 2,5) \operatorname{tg} 45^\circ \quad h \leq R_p - 1,15 \quad (1)$$

$$h \leq H_p - 3,4 - 0,4 - 0,5 \quad h \leq H_p - 4,3 \quad (2)$$

Максимальная высота уступа определяется совместным решением зависимостей (1) и (2) и зависимости между H_p и R_p , приведенной на рис. Из (1) и (2) находим

$$H_p = R_p - 7,2 \quad (3)$$

Точка 0 пересечения прямой (3) с зависимостью $H_p(R_p)$ для экскаватора ЭКГ-6,3у (см. рис.) соответствует значениям $H_p=21,8$ м и $R_p=29$ м. При этом Максимально возможная высота уступа $A = 21,8 - 4,3 = 17,5$ м.

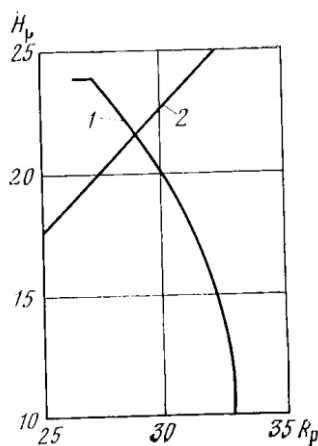


Рис. График к определению высоты уступа, разрабатываемого экскаватором с верхней погрузкой:

1 – зависимость между H_p и R_p для экскаватора ЭКГ–6,3у; 2 – график уравнения $H_p=R_p - 7,2$

2. Ширина рабочей площадки

$$Ш = A + C1 + Пэ + П$$

где $A=a1—a2=9+14=23$ м — ширина заходки экскаватора, м; $a2$ —ширина внешней части заходки, принимаемая по условиям черпания породы без ее выталкивания $a2=0,7R_{y.ч}=0,7\cdot 20=14$ м, где $R_{y.ч}$ — максимальный радиус черпания экскаватора на горизонте его установки; $C1=2,5$ м — расстояние от нижней бровки уступа до полосы электроснабжения; $Пэ, П$ — ширина полос для размещения соответственно устройств электроснабжения и дополнительного оборудования, м.

$$Ш = 23 + 2,5 + 6 + 6 = 37,5 \text{ м.}$$

Контрольные вопросы:

1. В каких условиях применяется буровзрывной способ выемки горных пород при подземной разработке?
2. Исходя из каких параметров выбираются типы взрывчатых веществ?
3. Как располагаются шпуровые или скважины при добыче полезных ископаемых ?
4. Какие существуют нормативные сроки проходки горных выработок ?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 Alabama USA
2. William A.H., Richard L. Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebovo Sweden.
3. Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.

4-практическая работа:

Расчет электровзрывных сетей при использовании конденсаторных взрывных машинок

Цель : Образование навыков у слушателей по расчету электровзрывных сетей при использовании конденсаторных взрывных машинок.

Постановка задачи: Вести расчеты электровзрывных сетей.

Теория . Значение тока разряда (А) конденсатора на электровзрывную сеть определяется выражением

$$I = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Где U – напряжение на обкладках конденсаторов, В; e –основание натуральных логарифмов ; R –сопротивление электровзрывной сети, Ом ; t – время от начала разряда конденсатора, с; C- емкость конденсатора , Ф.

Полный импульс тока конденсатора (А²* с) при полном разряде его на сеть

$$K_{\Pi} = \int_0^{\infty} i^2 dt = \int_0^{\infty} \frac{U^2}{R^2} e^{-\frac{2t}{RC}} dt = \frac{U^2}{R^2} \left(-\frac{RC}{2} e^{-\frac{2t}{RC}} \right) \Big|_0^{\infty} = \frac{U^2 C}{2R}.$$

Поскольку энергия, запасенная в конденсаторе

$$A = \frac{U^2 C}{2},$$

то импульс тока , посылаемый конденсатором во взрывную сеть, при полном его разряде

$$K_{\Pi} = A/R$$

Следовательно посылаемый конденсатором импульс тока обратно пропорционален сопротивлению сети.

Если миллисекундный замыкатель в некоторых типах взрывных приборов ограничивает время разряда конденсатора на сеть, то импульс тока (А²*с) , полученный электровзрывной сетью за время t₁ ,

$$K_1 = \frac{U^2 C}{2R} \left(1 - e^{-\frac{2t}{RC}} \right).$$

Из этого соотношения можно получить время, в течение которого конденсатор разрядится на 99% :

$$t_2 = 2.3 RC .^2$$

Пример. Определить импульс тока, посылаемый конденсатором при полном разряде и в течение 4 мс , а также время , в течение которого конденсатор отдает 99 % запасенной энергии, если емкость конденсатора 10

²William A.H., Richard L. Bullock. Underground mining methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2009 Orebovo Sweden

мкФ, напряжение на его обкладках 600 В, а сопротивление электровзрывной сети 300 Ом.

Решение 1. Полный импульс тока

$$K_{\Pi} = \frac{600^2 * 10 * 10^{-6}}{2 * 300} = 6 \text{ A}^2 * \text{мс.}$$

2. за время 4 мс конденсатор пошлет импульс тока

$$K_1 = \frac{600^2 * 10 * 10^{-6}}{2 * 300} (1 - e^{-\frac{2 * 4 * 10^{-6}}{300 * 10 * 10^{-6}}}) = 6,0 * 10^{-3} (1 - e^{-2,67}) = 5,6 \text{ A}^2 * \text{мс.}$$

3. за время, в течение которого конденсатор разрядится на 99 %,

$$t_2 = 2.3 RC = 2,3 * 300 * 10 * 10^{-6} = 6,9 * 10^{-3} \text{ с} = 6,9 \text{ мс.}$$

Для безотказного взрывания сети последовательно соединенных электродетонаторов при применении конденсаторных машинок и приборов должно выполняться три обязательных условия :

1. Импульс тока, посылаемый конденсатором, должен быть не меньше импульса воспламенения наименее чувствительного ЭД в электровзрывной сети, т.е

$$k \geq k_{\text{в.макс}}$$

или

$$R \leq \frac{U^2 C}{2k_{\text{в.макс}}} \quad (1)$$

2. До момента разрушения мостика наиболее чувствительного ЭД (т.е. до разрыва электровзрывной сети) сеть должна получить импульс тока, больший импульса воспламенения наименее чувствительного ЭД в ней, т.е

$$t_{\text{ср}} \geq t_{\text{в.макс}}$$

где $t_{\text{ср}}$ время срабатывания наиболее чувствительного ЭД $t_{\text{в.макс}}$ --- время воспламенения наименее чувствительного ЭД.

$t_{\text{в.макс}}$ - время воспламенения наименее чувствительного ЭД.

Считая, что

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{в.мин}} + \Theta_{\text{мин}},$$

где $t_{\text{в.мин}}$ - время воспламенения наиболее чувствительного ЭД,

$\Theta_{\text{мин}}$ - время передачи его, получаем

$$t_{\text{в.макс}} - t_{\text{в.мин}} \leq \Theta_{\text{мин}}.$$

Поскольку

$$t_{\text{в.мин}} = \frac{RC}{2} \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{2k_{\text{в.мин}}}{U^2 C}} \right)$$

и

$$t_{\text{в.макс}} = \frac{RC}{2} \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{2k_{\text{в.макс}}}{U^2 C}} \right),$$

то после подстановки их в указанное выше условие, получаем

$$\frac{RC}{2} \ln \left(\frac{U^2 C - 2k_{в. \min} R}{U^2 C - 2k_{в. \max} R} \right) \leq \Theta_{\min}.$$

Это выполняется в случае

$$U^2 C > 2k_{в. \max} R$$

т.е когда выполнено условие (1)

3. Взрывная сеть должна получить достаточный импульс при величине тока, не меньшей длительного воспламеняющего тока.

Следовательно, должно быть выполнено и условие

$$t_{в. \max} \leq t_{дл}.$$

2. Параллельное соединение электродетонаторов

При параллельном соединении N электродетонаторов сопротивление пучка в N раз меньше сопротивление одного ЭД, длительный воспламеняющий ток в N раз, а импульс воспламенения в N^2 раз больше, чем требуется для одного ЭД.

Подставив в третье условие вместо $I_{дл}$ и $k_{в. \max}$ значения $NI_{дл}$ и $N^2 k_{в. \max}$ получим предельно допустимое сопротивление пучка (Ом)

$$R_{пуч} = - \frac{-k_{в. \max} + \sqrt{(k_{в. \max})^2 + \frac{1}{N^2} I_{дл}^2 C^2 U^2}}{I_{дл}^2 C}.$$

Проверка второго условия в этом случае не нужна, так как ЭД действует независимо.

Пример 3. Взрывная конденсаторная машинка имеет емкость конденсатора $C=7,2$ мкФ, заряжаемого до $U=600$ В. Электродетонаторы имеют $I_{дл} = 0,3$ А, $k_{в. \max} = 2,5 \cdot 10^{-3}$ А² с, $R_{эд} = 4,2$ Ом. Сопротивление распределительной сети одной ветви 1,3 Ом, соединительных проводов 1,1 Ом, магистрали 12,5 Ом.

Сможет ли данная взрывная машинка послать достаточный импульс тока для воспламенения пяти ЭД в пяти параллельных ветвях?

Решение. сопротивление всей электровзрывной сети

$$R = R_M + R_C + \frac{R_{эд} + R_K}{N} = 12,5 + 1,1 + \frac{4,2 + 1,3}{5} = 14,7 \text{ Ом}$$

Предельно допустимое сопротивление по условию

$$R_{*пуч} = \frac{-2,5 \cdot 10^{-3} + \sqrt{(2,5 \cdot 10^{-3})^2 + \frac{1}{5^2} \cdot 0,3^2 (7,2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 600^2}}{0,3^2 \cdot 7,2 \cdot 10^{-6}} = 20,8 \text{ Ом}$$

$R_{*пуч} > R$, это значит, что пять параллельно соединенных ЭД будут взорваны данной машинкой с гарантией.

Контрольные вопросы:

1. В каких условиях применяется буровзрывной способ выемки горных пород при подземной разработке?
2. Исходя из каких параметров выбираются типы взрывчатых веществ?
3. Как располагаются шпуровые или скважины при добыче полезных ископаемых?
4. Какие существуют нормативные сроки проходки горных выработок?

Используемые литературы:

1. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 Alabama USA
2. William A.H., Richard L. Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebovo Sweden.
3. Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.

V. БАНК КЕЙСОВ

КЕЙС №1

Тема:	Вскрытие месторождений полезных ископаемых при подземной разработке
Цель:	Изучение способов и схем вскрытия месторождений. Сравнение достоинств и недостатков вариантов вскрытия в конкретных условиях исходя из горно-геологических характеристик месторождения и выбор оптимального варианта вскрытия месторождения.
Задачи:	Выбор эффективного варианта вскрытия месторождений при подземной разработке
Результативность обучения:	Участники имеют представление о способах и схемах вскрытия и о достоинствах и недостатках. Научатся применять в конкретных условиях наиболее оптимальный вариант вскрытия исходя из горно-геологических условий.
Критерии успешности:	Понимание необходимости совершенствования способа вскрытия при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Сопоставляются разные варианты вскрытия и их экономическая целесообразность. Выбирается наиболее приемлемый вариант вскрытия.
Ключевая идея:	Выбор оптимального варианта вскрытия при подземной разработке месторождений полезных ископаемых с целью снижения себестоимости добычи полезного ископаемого исходя из мирового опыта применения способов вскрытия.
Ресурсы, материалы и оборудование:	Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал

Вскрытие месторождений полезных ископаемых при подземной разработке является основным фактором определяющим правильность ведения горных работ. Который непосредственно влияет на себестоимость добычи полезного ископаемого. Изучение способов и схем вскрытия месторождений для каждого месторождения требует тщательного изучения горно-геологических свойств горных пород.. Сравнение достоинств и недостатков вариантов вскрытия в конкретных условиях дает возможность выбирать наиболее эффективный вариант вскрытия месторождения.

КЕЙС №2

Тема:	Проблемы транспортировки горной массы при разработке углубляющихся каьеров
Цель:	Выбор эффективного варианта транспортировки горной массы из нижних горизонтов каьеров
Задачи:	-изучение видов и способов транспортировки горной массы на карьерах; -сравнение достоинств и недостатков вариантов транспортировки конкретных условиях исходя из горно-геологических характеристик месторождения; -выбор оптимального варианта транспортировки горной массы;
Результативность обучения:	Участники имеют представление о способах транспортировки горной массы на крьерах и о достоинствах и недостатках видов транспортировки. Научатся пременят в конкретных условиях применять вид транспортировки исходя из горно геологических условий.
Критерии успешности:	-понимание необходимости совершенствования вида транспортировки при разработке каьеров; -сосовтавляются разные варианты транспортировки горной массы и их экономическая целесообразность; -выбирается наиболее приемлемый вариант транспортировки горной массы;
Ключевая идея:	Выбор опимального варианта транспортировки при разработке углубляющихся карьеров с целью снижения себетоимости добычи полезного ископаемого исходя из мирового опыта применения видов транспортировки.
Ресурсы, материалы и оборудование:	Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал

Кейс: Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом с каждым годом становится труднее. Потому что с каждым годом горные работы придется вести на глубоких горизонтах. С увеличением глубины карьеров появляется проблема проветривания карьера и дорого обходится транспортировка горной массы. Связи с этим возникает ворпорос внедрения экономически эффективного вида транспортировки гонной массы. Выбор способа транспортировки горной массы на карьерах должно выбираться исходя из мирового опыта применяемых на зарубежных крупных карьерах. Экономическое сопоставление разных вариантов тарнспортировки дает возможность выбирать наиболее оптимальный вариант при транспортировке горной массы с целью снижения добычи полезного ископаемого с одновременной обеспечением здоровых условий труда для

горнорабочих путем сокращения попадания выхлопных газов выделяющихся из транспортных средств.

КЕЙС №3

Тема:	Проблемы обеспечения устойчивости бортов карьеров при транспортировке горной массы с помощью КНК
Цель:	Контроль за состоянием устойчивости бортов карьеров при транспортировке горной массы с помощью КНК-270 на карьере Мурунтау
Задачи:	Изучение напряженно деформированного состояния нерабочего борта карьера в котором расположен КНК-270 и влияние работы конвейера на состояние борта карьера
Результативность обучения:	участники имеют представление естественном напряженном деформированном состоянии массивов горных пород и о влиянии взрывных работ на карьере которые отражаются на карьере в виде деформаций.
Критерии успешности:	понимание необходимости совершенствования вида транспортировки при разработке карьеров. Составляются разные варианты транспортировки горной массы и их экономическая целесообразность. Разрабатываются меры по предотвращению действий взрывных работ для сохранения устойчивости бортов карьеров. Выбирается наиболее приемлемый вариант транспортировки горной массы.
Ключевая идея:	Разработка мероприятий для сохранения устойчивости борта карьера
Ресурсы, материалы и оборудование:	Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал

Кейс: Состояние устойчивости бортов карьеров является основным критерием бесперебойной работы карьеров. Изучение напряженно деформированного состояния нерабочего борта карьера требует особого внимания и тщательного контроля за состоянием бортов карьера. На нерабочем борту карьера «Мурунтау» установлен КНК-270 который имеет годовую производственную мощность 10 млн. т рудной массы в году. Для этого необходимо совершенствовать методы контроля и разрабатывать новые способы ведения взрывных работ которые в основном влияют на состояние бортов карьера. в котором расположен КНК-270 и влияние работы конвейера на состояние борта карьера

КЕЙС №4

Тема:	Комбинированная разработка месторождений полезных ископаемых
Цель:	Выбор оптимального варианта открыто-подземного способа разработки
Задачи:	Изучение годовой производственной мощности при переходе от открытого способа разработки на комбинированный способ разработки и определение параметров комбинированного способа разработки.
Результативность обучения:	Участники имеют представление о способах транспортировки горной массы на крьерах и о достоинствах и недостатках видов транспортировки. Научатся применять в конкретных условиях применять вид транспортировки исходя из горно геологических условий.
Критерии успешности:	<ul style="list-style-type: none"> - понимание необходимости совершенствования педагогического мастерства; - формирование уверенности в необходимости реформирования стратегий управления; - овладение информацией о методе кейсов в рамках профессионального совершенствования; - способность доказать важность использования данного интерактивного метода в практике управления образовательным процессом;
Ключевая идея:	Сущность интерактивного метода case-study. Собственное совершенствование педагога позволит повысить результативность методического взаимодействия в целом.
Ресурсы, материалы и оборудование:	Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал

Кейс: Освоение прикарьерных запасов рудников позволяет существенным образом снизить затраты на разработку месторождений за счет использования для их вскрытия карьерного пространства, а также применения карьерных транспортных коммуникаций и технических средств для доставки полезного ископаемого к рудоподготовительным комплексам.

Кроме того, возможность размещения в выработанном пространстве, образующемся после отработки прикарьерных запасов, хвостов обогащения и неиспользуемой части вскрышных пород создает благоприятные предпосылки для снижения масштабов изъятия земель и загрязнения окружающей среды. В основу формирования эффективных технологических схем отработки прикарьерных запасов могут быть положены три способа сочетания элементов открытых и подземных горных работ:

VI. ТЕМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Форма и содержания самостоятельных работ

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данной дисциплине должен:

- изучить главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

Темы самостоятельной работы

1. Способы вскрытия рудных месторождений при подземной разработке.
2. Способы подготовки рудных месторождений при подземной разработке.
3. Способы вскрытия пластовых месторождений при подземной разработке.
4. Способы подготовки пластовых месторождений при подземной разработке.
5. Комбинированные способы разработки месторождений полезных ископаемых.
6. Выбор оптимальных параметров системы разработки при ПРМПИ.
7. Выбот эффективного вида транспортировки в открытых работах.
8. Проблемы вентиляции глубоких шахт.
9. Меры по охране устойчивости очистных камер при подземной разработке.
10. Меры по снижению потери и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых.

VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Комментарий на русском языке	Комментарий на английском языке
Анкерирование-Bolting	Работы по креплению горных выработок анкерной крепью, включающие бурение скважин, установку анкеров, опорных шайб и подхватов	drilling a hole, and inserting a bolt to strengthen the ceiling and walls of an underground mine
Дробилка-Crusher	Аппарат в котором осуществляется дробление крупных кусков минерального сырья	a machine used to crush ore before it is transported
Штрек-Drift	Горизонтальная подземная горная выработка, проведенная по простиранию наклонно залегающего месторождения или при любом направлении при горизонтальном его залегании	a horizontal underground tunnel that follows a vein or ore body
Буровзрывные работы-Drilling and blasting	Сосокупность взрывания и подготовительного к нему бурения шпуров и скважин при добывании полезных ископаемых, проведении горных выработок, строительстве сооружений в крепких горных породах	the process of using a drill to create long, narrow cylindrical holes in the rock, and filling these holes with explosives which are then detonated to fragment the rock
Буровой станок-Jumbo	Машина предназначенная для бурения скважин на открытых, подземных и геологоразведочных работах	a drill which is capable of drilling more than one hole at a time and is especially useful in preparation for blasting
Автосамосвал карьерный - LoadHaulDump	Грузовой автосамосвал с усиленным кузовом, опрокидывающимся для разгрузки при помощи гидравлических цилиндров	a vehicle with a large bucket on the front used for transporting ore to crushing stations and mucking
Минерал-Mineral	Простые либо сложные природные тела, приблизительно однородные по химическому составу и физическим свойствам	naturally occurring chemical compound with a unique three dimensional crystalline structure and chemical

		composition; component or rocks
Отбитая руда(порода)-Muck	Отделенная часть полезного ископаемого(породы) от массива посредством приложения внешней силы с одновременным дроблением его для перемещения по горным выработкам	waste rock that has been broken by blasting
Рудное тело-Orebody	Горные породы или минеральные образования с содержанием полезных компонентов, обеспечивающим экономическую целесообразность их извлечения при современном состоянии техники	a naturally occurring concentration of minerals that can be mined at a profit
Рудоспуск-Ore pass	Небольшой площади сечения вертикальная или наклонная горная выработка или часть выработанного пространства, ограниченная крепью и предназначенная для перепуска руды под действием собственной массы.	a vertical or inclined passage that is used for transporting ore down to a lower level or hoist
Целик-Pillar	Часть полезного ископаемого, не извлеченное или временно не извлекаемое в процессе разработки	the columns of rock that are left to support the ceiling in room and pillar mining
Восстающий-Raise	Вертикальная или наклонная горная выработка, проводимая по восстанию залежи	a vertical or inclined opening from one level of a mine that is driven toward the level above
Скип-Skip	Сосуды предназначенные для подъема полезного ископаемого и породы	a self-dumping bucket used in a shaft for hoisting ore or rock
Хвосты-Tailings	Полученный в результате обогащения продукт, в котором содержание ценного компонента ниже чем в исходном материале и в других продуктах тех же операций переработки	materials rejected from a mill after the recoverable valuable minerals have been extracted

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. William A.H., Richard L.Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2009 Orebvo Sweden
2. Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky . Introductory Mining Engineering (2nd Edition): Wiley 2002 AlabamaUSA
3. William A.H., Richard L.Bullock. Underground mine methods-Engineering Fundamentals and International Case Studies 2003 Orebvo Sweden.
4. Benchmarking the energy consumption of canadian underground bulk mines. Canada 2005
5. Design fires in underground hard rock mines. Rickard Hansen. Printed by Mälardalen University, Västerås, Sweden 2011
6. MineralsEd, *Social Studies 10/11: Mining in BC A Resource Unit*; The Northern Miner, Mining Explained: A Layman's Guide. 1996
7. Basics of mining and Mineral processing. American schools of mines. W Scot Dunbar University British Columbia 2012.
8. Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. « Шахтное и подземное строительство». Технология строительства горных выработок: учебное пособие Новочеркасск 2008.

Интернетные ресурсы:

1. <http://www.rusmet.ru/minjornal/> - «Горный журнал».
2. <http://www.elibraty.ru/> - научная электронная библиотека.
3. <http://mggu.ru> – Московский государственный горный университет.
4. <http://www.rsl> – Российская государственная библиотека