

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС» в г. Алмалык**

**(Филиал НИТУ «МИСиС» в г. Алмалык)**

**КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»**



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО ПРЕДМЕТУ**

**«Технология и комплексная механизация открытых  
горных работ»**

(для студентов направления образования: специалитет  
210504 - «Горное дело», профиль: открытые горные работы)

**Алмалык-2022 г.**

**Составил:**

PhD. Каримов Ш.В., доцент кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСИС

**Учебно-методический комплекс предмету**

**Технология и комплексная механизация открытых горных работ**

**Разработана в соответствии с ОС ВО:**

**Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по специальности 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО (приказ от 02.12.2020 г. № 602 о.в.)**

**Составлен на основании учебного планана:**

**21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО, Открытые горные работы, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСИС" 21.05.2020, протокол № 10/зг**

**Учебно-методический комплекс одобрен на заседании кафедры**

**Кафедра горного дела**

**Протокол от 09.06.2021 г., №10**

## Оглавление

Введение .....	4
Учебный материал дисциплины.....	5
Конспект лекций .....	6
Методические указания по выполнению практических работ.....	171
Глоссарий дисциплины.....	252
Методическое указание по выполнению курсового проекта .....	256
Приложения.....	272
Типовая программа дисциплины.....	273
Рабочая программа дисциплины.....	275
Критерии оценивания.....	292
Раздаточные материалы .....	294
Контрольные вопросы .....	309
Основная литература.....	323

## ВВЕДЕНИЕ

Данная рабочая программа охватывает сведения о совокупности взаимосвязанных процессов, способов и приемов механизированного производства горных работ, основанная на фундаментальных знаниях закономерностей разработки и возможностей технических средств.

Технология открытого способа добычи полезных ископаемых включает два аспекта: технологию производственных процессов (выемку, перемещение и складирование горных пород) и технологию открытых горных работ (строительство и развитие по мере разработки месторождения во времени и пространстве карьера как комплекса горных выработок)

Основной целью преподавания дисциплины является формирование знаний и умений студентов в области технологии и комплексной механизации открытых горных работ.

Задачей курса является формирование у студентов навыков и умений по расчету основных элементов и параметров карьера, формированию грузопотоков, выбору рациональных способов вскрытия и систем разработки, выбору и расчету комплексов основного горно-транспортного и вспомогательного оборудования.

В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть горной терминологией, получить представление о структуре мировой добычи полезных ископаемых, современном состоянии минерально-сырьевой базы Узбекистана и горного производства, способах разработки месторождений, особенностях и основных научно-технических проблемах открытых горных работ.

Должны быть получены знания о свойствах горных пород – объектах разработки, о методах расчета параметров и показателей технологических процессов, основах комплектации комплексов оборудования, основных характеристиках современного и перспективного горнотранспортного оборудования, об особенностях вскрытия карьерных полей и обоснования систем разработки.

Для студентов специальности «Открытые горные работы» полученный комплекс знаний является лишь необходимой базой для изучения основных специальных дисциплин «Процессы открытых горных работ», «Технология и комплексная механизация открытых горных работ», «Проектирование карьеров», «Планирование открытых горных работ», в ходе которых будут приобретены соответствующие умения и навыки.

Перед студентами смежных специальностей стоит несколько иная задача. Именно в ходе изучения данной дисциплины они должны получить навыки эксплуатационных расчетов горных и транспортных машин в различных технологических схемах, обоснования их выбора для конкретных горно-геологических условий; формирования технологических грузопотоков, схемы вскрытия и конструирования систем разработки, практического анализа технологических процессов как объектов управления; обоснования принимаемых решений. Полученные умения и навыки будут закреплены в ходе курсового проектирования.

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС» в г. Алмалык**

**СБОРНИК ЛЕКЦИИ  
по предмету**

**«ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ  
МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ  
РАБОТ»**

## Лекция 1

### ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.

**Цель занятия:** дать общие сведения о технологии добычи полезных ископаемых открытым способом и изложить цели и задачи данного курса.

#### План:

1. Введение. Предмет и задачи учебной дисциплины.
2. Сущность открытых горных работ.
3. Основные понятия. Терминология.

Экономическое развитие нашей страны неразрывно связано с дальнейшим развитием горнодобывающей отрасли. Наша Республика располагает большими запасами полезных ископаемых. В настоящее время действуют крупнейшие карьеры по добыче золота, серебра, меди и угля. Разработка месторождений открытым способом по сравнению с подземным обеспечивает значительно лучшие технико-экономические показатели. Вместе с тем она сопряжена с рядом негативных последствий: нарушением земель, изменением микроклимата и водного баланса и т.д.

Бурное развитие открытых горных работ стало возможным благодаря достижениям горной науки и техники, в основу которых положены труды Н.В. Мельникова, В.В.Ржевского, А. О. Спиваковского, Е.В. Шешко, М.Г.Новожилова, А.И.Арсентьева, Б.П. Юматова, Г.А. Нурка, П. И. Томакова, В.С. Хохрякова, Ю. И. Анистратова и многих других.

Термин «**Технология**» в общем случае означает совокупность знаний о способах, средствах и организации выполнения каких-либо производственно-технических работ.

Технология разработки месторождений – это совокупность взаимосвязанных процессов, способов и приемов механизированного производства горных работ, основанная на фундаментальных знаниях закономерностей разработки и возможностей технических средств.

Технология открытого способа добычи полезных ископаемых включает два аспекта: технологию производственных процессов (выемку, перемещение и складирование горных пород) и технологию открытых горных работ (строительство и развитие по мере разработки месторождения во времени и пространстве карьера как комплекса горных выработок).

*Технология производственных процессов* включает принципы, средства, комплексы механизации и схемы организации основных производственных процессов: подготовку горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование, перегрузку, складирование и разгрузку горной массы.

*Технология и комплексная механизация открытых горных работ* рассматривает параметры карьеров в их динамике, способы проходки горных выработок, схемы развития горных работ в карьере, способы вскрытия и системы разработки, способы и средства управления качеством продукции, организацию и планирование горных работ в карьере.

Горные работы, при которых все основные производственные процессы, обеспечивающие извлечение полезного ископаемого из недр Земли, совершаются в открытых

горных выработках, носят название открытых горных работ. Горное предприятие, осуществляющее добычу полезного ископаемого открытыми горными работами, называется **карьером**. В практике открытой разработки угольных в россыпных месторождений вместо термина «карьер» применяются названия **«разрез»** и **«прииск»**.

В процессе производства открытых горных работ естественная поверхность месторождения полезного ископаемого нарушается и в земной коре образуется выемка, ограниченная искусственно созданной поверхностью. Эта выемка, представляющая совокупность отдельных горных выработок, также носит название «карьер». Таким образом, понятие «карьер» может употребляться в двух значениях — хозяйственном и техническом. Образование в земной коре выемок значительных размеров (современные карьеры достигают глубины нескольких сотен метров) нарушает естественное равновесие массива горных пород, окружающих карьер. Перераспределение внутренних напряжений в массиве в этом случае может привести к нежелательным деформациям боковой поверхности карьера (оползни и обрушения), что ведет к нарушению нормального ведения горных работ и может быть причиной аварий и несчастных случаев. Во избежание этого боковым поверхностям карьера придают определенный угол наклона, который обеспечивает их устойчивость. В связи с этим возникает необходимость выемки значительных объемов покрывающих и вмещающих полезное ископаемое пород, которые называются **вскрышными** или **вскрышей**. Годовые объемы вскрыши, перемещаемой в современных карьерах, составляют десятки миллионов кубических метров и часто во много раз превышают объемы добываемого полезного ископаемого. Полезное ископаемое и вскрыша вывозятся из карьера на поверхность. В благоприятных условиях залегания полезного ископаемого вскрыша, отделенная от массива, может и не вывозиться из карьера, а размещаться в его выработанном пространстве.

Разработка массива горных пород (вскрыши и полезного ископаемого) в границах карьера производится горизонтальными или слабонаклонными слоями. Слои обычно отрабатываются параллельно с некоторым отставанием работ в пространстве и во времени на нижележащем слое. Таким образом, боковая поверхность карьера приобретает ступенчатую форму. Необходимость разделения разрабатываемого массива пород на слои определяется следующими факторами:

- ограниченными параметрами горных машин, осуществляющих выемку (разработку) пород;

- наличием в разрабатываемом массиве слоев, имеющих различные физико-механические и качественные характеристики;

- повышенной опасностью обрушения обнаженного массива пород значительной высоты.

Значительные размеры открытых горных выработок и выработанного пространства и отсутствие ограничений по высоте создают благоприятные условия для применения на открытых горных работах мощного горного и транспортного оборудования, обеспечивающего высокие технико-экономические показатели. Эффективное использование оборудования возможно только при четкой организации работы всех звеньев горного производства и наличии высококвалифицированных кадров.

Различают экскаваторный и гидравлический способы производства открытых горных работ. При экскаваторном способе применяется различное оборудование — экскаваторы, скреперы, бульдозеры, колесный и конвейерный транспорт. При гидравлическом способе основные производственные процессы осуществляются энергией движущейся воды. Для этой цели применяется специальное оборудование — гидромониторы, землесосы и др.

Экскаваторный способ является универсальным. Он может эффективно применяться в любых условиях. Гидравлический способ разработки применяется только в благоприятных горно-геологических и климатических условиях (в основном при разработке рыхлых пород при наличии достаточного количества воды и площадей для размещения пустых пород в гидроотвалах).

При ведении открытых горных работ боковая поверхность карьера приобретает ступенчатую форму. Часть боковой поверхности карьера, имеющая форму ступени, называется уступом (рис. 1.1). Поверхность, ограничивающая уступ сверху или снизу, называется верхней или нижней площадкой уступа. Вертикальное расстояние между этими площадками называется высотой уступа. Площадки уступов называются горизонтами. Каждый горизонт в карьере характеризуется абсолютной или условной отметкой (например, горизонт +135 имеет абсолютную отметку 135 м над уровнем моря). Горизонт +135, на котором расположены транспортные пути, является транспортным (рабочим) горизонтом (рис. 1.2).

Уступ является одним из основных технологических элементов карьера и от правильного определения его высотных отметок в толще разрабатываемого массива в значительной степени зависит эффективность производственных процессов. При делении толщи разрабатываемого массива на уступы необходимо учитывать как рабочие параметры горного оборудования, так и физико-механические свойства слагающих пород, условия их залегания, горно-геологические и климатические условия месторождения. Определяющим признаком уступа является наличие транспортного горизонта. Высота слоя, обрабатываемая на один транспортный горизонт, составляет один уступ. При расположении транспортного горизонта в середине уступа последний разделяется на два подступа — верхний и нижний (см. рис. 1.2).

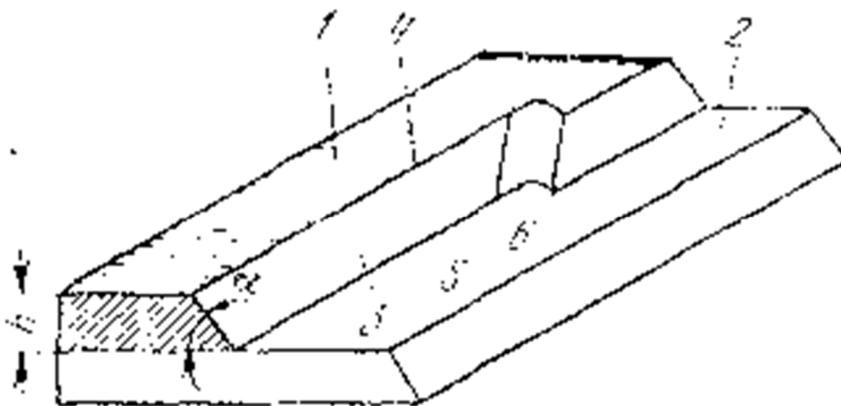


Рис. 1.1. Схема уступа:

1 – верхняя площадка уступа; 2 – нижняя площадка уступа; 3 – откос уступа; 4 – верхняя бровка уступа; 5 – нижняя бровка уступа; 6 – забой уступа; h – высота уступа;  $\alpha$  – угол откоса уступа.

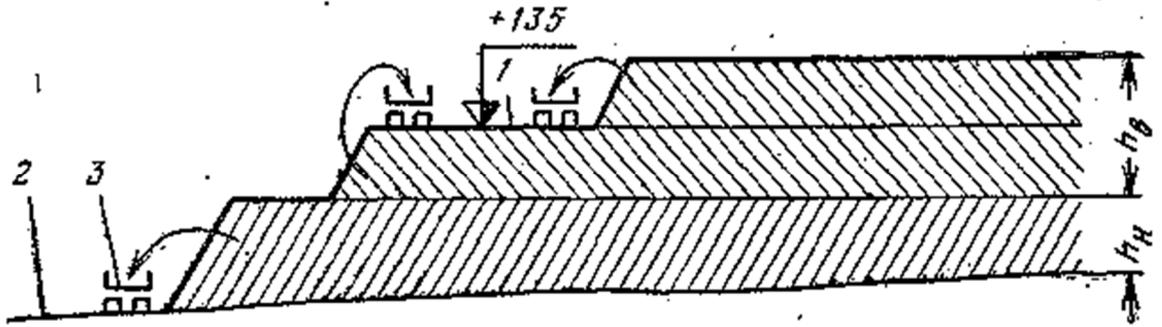


Рис. 1.2. Поперечное сечение двух уступов:

1 – рабочая площадка верхнего уступа; 2 – рабочая площадка нижнего уступа; 3 – транспортное средство;  $h_{\text{в}}$  – высота верхнего уступа (верхний уступ разделен на два подступа);  $h_{\text{н}}$  – высота нижнего подступа.

Площадка уступа, на которой размещается основное оборудование для его отработки, называется рабочей площадкой уступа. Ширина рабочих площадок обычно в несколько раз (два — четыре) превышает высоту уступа.

Площадка, на которой работы не производятся, называется бермой. В зависимости от назначения различают предохранительные и транспортные (соединительные) бермы. Предохранительные бермы предназначены для повышения устойчивости боковой поверхности карьера и для задерживания кусков породы, падающих с откосов уступов. Ширина этих берм составляет 20—30% от высоты уступа. В мягких породах предохранительные бермы оставляют через каждые 15 м по вертикали. В скальных породах возможно оставление более широких берм (берм очистки) через 30 м по вертикали. В этом случае их ширина составляет не менее 6 м. Для очистки таких берм используют бульдозеры, небольшие экскаваторы, погрузчики. Транспортные бермы предназначены для размещения транспортных коммуникаций карьера. Их ширина определяется типом транспортных средств и интенсивностью их движения.

Наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства, называется откосом уступа. Линия пересечения откоса уступа с его верхней и нижней площадкой называется соответственно верхней и нижней бровками. Углом откоса уступа называют угол, образуемый откосом уступа и горизонтальной плоскостью (см. рис. 1.1). В зависимости от этого угла откос уступа может иметь устойчивое или неустойчивое положение. Устойчивость откоса уступа имеет решающее значение в обеспечении безопасных условий ведения горных работ. Различают углы краткосрочной и долгосрочной устойчивости откосов уступов. Угол краткосрочной устойчивости обеспечивает устойчивое положение откоса уступа на короткий период (несколько месяцев), что достаточно для безопасности работ на рабочих, постоянно перемещающихся уступах. Угол долгосрочной устойчивости откосов уступов должен обеспечивать их устойчивость практически весь срок существования карьера, что характерно для уступов, не находящихся в работе.

Условия обеспечения долгосрочной устойчивости менее благоприятны, так как в этом случае при длительном воздействии внешних факторов (осадки, ветер, переменная температура и др.) на породы происходит интенсивное уменьшение их механической прочности.

Откос уступа, находящийся в краткосрочной устойчивости, с течением времени

обрушается и приобретает угол откоса, соответствующий долгосрочной устойчивости для данного типа пород и условий их залегания. Плотность, сцепление и коэффициент внутреннего трения являются основными физико-механическими характеристиками пород, определяющими устойчивость откоса уступа. На допустимый угол откоса уступа оказывает также влияние высота уступа (табл. 1.1).

Большое значение для устойчивости откоса уступа имеет положение плоскостей напластования пород, слагающих уступ. Если плоскости напластования расположены под некоторым углом к горизонту, то для повышения устойчивости откоса уступа стремятся уступ обрабатывать так, чтобы плоскости напластования имели падение в противоположную сторону от откоса.

При разработке разрыхленных пород для обеспечения устойчивого положения откоса его угол не должен превышать угла естественного откоса. Это условие справедливо при разработке сухих пород. Наличие воды в породах уступа требует уменьшения угла откоса уступа на 10 — 20° и более (табл. 1.2).

Таблица 1.1

Породы	Угол откоса (градусы) при высоте уступа, м			
	5-12		15-25	
	Рабочий уступ	Нерабочий уступ	Рабочий уступ	Нерабочий уступ
Жирная глина, легкий суглинок, гравий, лесс, растительный грунт, песок, супесь со щебнем	40-50	30-40	32-45	25-35
Тяжелая глина, тяжелый суглинок с примесью гальки и щебня, глина с валунами, сланцевая глина, крупная галька с бульжником, разрабатываемые без рыхления буровзрывным способом	45-65	40-55	45-60	40-50
То же, разрабатываемые с применением рыхления буровзрывным способом	55-65	40-55	50-60	40-50

Песчаники обычные, крепкий глинистый сланец, некрепкие известняки, плотный мергель, железные руды, мягкие конгломераты	65-75	60-65	60-70	55-60
Гранитные породы и граниты, весьма крепкие песчаники и известняки, рудные кварцевые жилы, колчеданы, крепкие мрамор и доломиты	75-80	70-75	75-80	70-75
Кварциты, базальты, граниты, кварцевые породы, самые крепкие песчаники и известняки	До 90	80-85	До 90	75-80

Таблица 1.2

Породы	Угол естественного откоса (градусы) для пород		
	сухих	влажных	мокрых
Растительный слой	40	30-35	20
Песок крупный	32-35	32-40	20-27
Песок средний	28-32	32-35	20-25
Песок мелкий	25-30	30-35	12-20
Суглинок	40-50	35-40	20-30
Глина жирная	40-45	35	12-20
Гравий	35-40	35	15-20
Торф без корней	40	25	10-15

При пользовании аналитическими методами определения допустимых углов откосов

уступов исходят из необходимости обеспечения некоторого запаса их устойчивости, который характеризуется коэффициентом  $\eta_y$  запаса устойчивости. Под последним понимают отношение удерживающих и сдвигающих сил для верхней части уступа (призма обрушения), склонного к обрушению. Коэффициент запаса устойчивости принимается равным 1,1—1,2 и 1,5—2 соответственно при краткосрочной (рабочие уступы) и долгосрочной (нерабочие уступы) устойчивости.

Часть откоса уступа, служащая объектом воздействия горного оборудования при его разработке, является забоем уступа (см. рис. 1.1).

**Опорные слова:** технология, Технология и комплексная механизация открытых горных работ, карьер, добыча, вскрыша, подготовка горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование, отвалообразование, уступ, подуступ, забой, рабочая площадка, транспортное средство, высота уступа.

## Лекция 2

### Тема: Типы разрабатываемых месторождений и залежей. Виды открытых горных разработок

#### План:

1. Типы разрабатываемых месторождений.
2. Виды открытых горных разработок.

#### Типы разрабатываемых месторождений и залежей

Объектами открытой горной разработки являются месторождения полезных ископаемых. По отраслевому признаку различают открытую разработку угольных и рудных месторождений, месторождений строительных горных пород, цементного сырья, горно-химического сырья и др.

Разрабатываемые месторождения полезных ископаемых залегают в весьма разнообразных природных условиях.

Типы месторождений различаются прежде всего по характерным геометрическим признакам.

1. Залежи полезных ископаемых *по форме* могут быть:

*изометрическими* - развитыми более или менее одинаково во всех направлениях (массивные залежи, штоки, гнезда и т. п., рис. 2.1, в, з);

*плитообразными* - вытянутыми преимущественно в двух направлениях при относительно небольшой мощности (пласты и пластообразные залежи, рис. 2.1, а, б, г, ж);

*трубообразными и столбообразными* - вытянутыми преимущественно в одном направлении;

*промежуточными и переходными* между указанными формами (линзы, жилы, седловидные залежи, складки, перегибы, тектонически нарушенные свиты пластов) (рис. 2.1, д, е).

Форма залежей предопределяет форму карьерных полей.

2. *Рельеф поверхности месторождения* может быть равнинным (см. рис. 2.1, а), в виде склона возвышенности (см. рис. 2.1, б), в виде возвышенности (см. рис. 2.1, в), холмистым (см. рис. 2.1, г) и, наконец, залежь может находиться под водой. От рельефа поверхности зависит порядок разработки и возможные средства механизации.

3. *В зависимости от положения относительно господствующего уровня поверхности и глубины залегания* различают месторождения:

*Поверхностного типа* - непосредственно выходящие на поверхность или расположенные под наносами небольшой мощности (до 20-30 м, см. рис. 2.1, а);

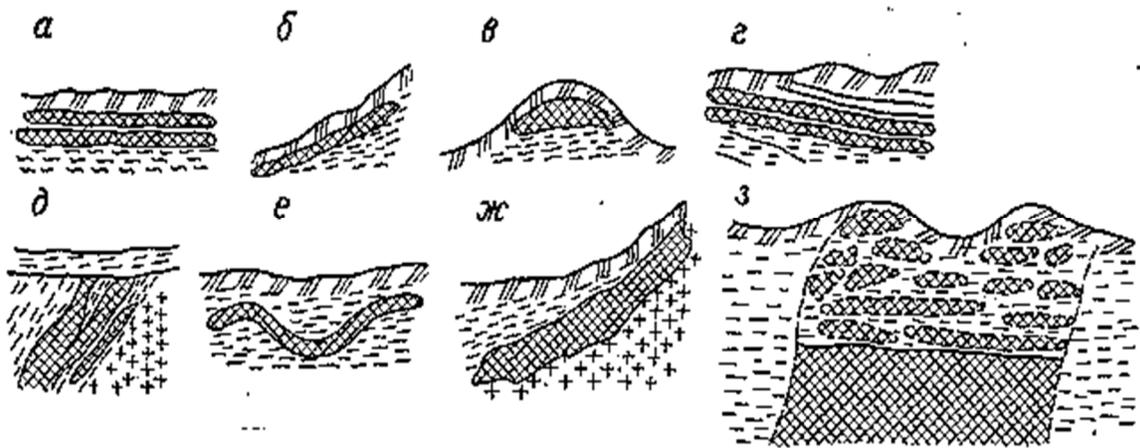


Рис. 2.1. Схемы разрабатываемых месторождений и залежей.

*глубинного типа* - расположенные значительно ниже господствующего уровня поверхности, мощность толщи пустых пород может составлять от 40 до 250 м (см. рис. 2.1, д, е); такие месторождения могут разрабатываться открытым или подземным способом, что экономически обосновывается;

*высотного типа* - расположенные выше господствующего уровня поверхности (см. рис. 2.1, б, в); месторождения могут быть объектами открытых или подземных разработок;

*высотно-глубинного типа* - частично расположенные выше и ниже господствующей поверхности (см. рис. 2.1, ж).

Залегание может быть согласным или несогласным с рельефом поверхности; залежь может занимать всю или часть возвышенности (склона горы). От положения залежи относительно земной поверхности зависят размеры карьера по глубине и в плане, а также применяемые технические средства, особенно транспортные.

4. По углу падения различают залежи:

*пологие*, характеризующиеся слабонаклонным (до  $8 - 10^\circ$ ) и волнистым залеганием основной части залежи (см. рис. 2.1, а, г); их частным случаем являются горизонтальные залежи;

*наклонные* - с углами падения от  $8 - 10$  до  $25 - 30^\circ$  (см. рис. 2.1, б);

*крутонаклонные* - с углами падения более  $25 - 30^\circ$  (см. рис. 2.1, ж);

*крутые* - с углами падения  $56 - 90^\circ$  (см. рис. 2.1, д);

*сложного залегания*, характерного при антиклинальных и синклинальных складках (см. рис. 2.1, е) и резких геологических нарушениях; оно отличается переменным направлением падения залежи.

Такое разделение залежей принято на основе технологии ведения открытых горных работ. Так, размещение отвалов в выработанном пространстве карьера возможно при разработке горизонтальных и пологих залежей (рис. 2.2, а) и в особых случаях - при разработке вытянутых наклонных и круто наклонных залежей. При разработке наклонных залежей по условиям устойчивости конечных бортов карьера и размещения вскрывающих выработок обычно не требуется выемка вскрышных пород лежачего бока залежи (рис. 2.2, б). При крутом падении необходимо производить разработку вмещающих пород как висячего, так и лежачего боков залежи (рис. 2.2, в).

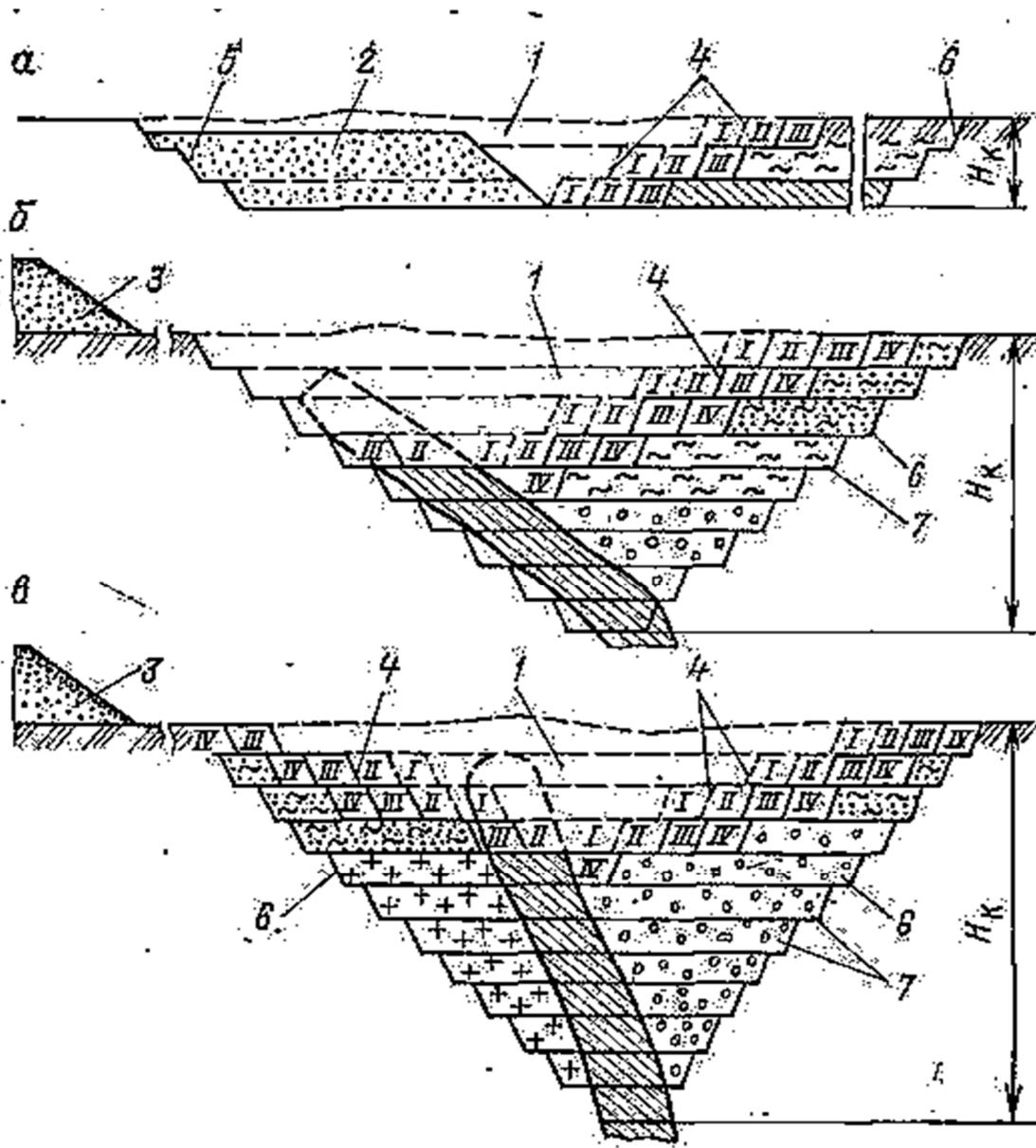


Рис. 2.2. Схемы открытой разработки залежей:

1 - выработанное пространство; 2 и 3 - соответственно внутренние и внешние отвалы; 4 и 5 - соответственно рабочий и нерабочий борт; 6 - конечный контур карьера; 7 - бермы; I - IV - последовательность развития работ на уступах.

5. По мощности залежи разделяются на *весьма маломощные, малой мощности, средней мощности, мощные и весьма мощные*. Такое разделение связано с зависимостью числа одновременно отрабатываемых добычных уступов от мощности залежи. Условия и порядок разработки горизонтальных и наклонных (крутонаклонных) залежей неодинаковы, поэтому численно различны для этих залежей и показатели одних и тех же классов мощности.

6. *Строение залежи*. По этому признаку различают:

*простые залежи* (см. рис. 2.1, б, ж) с однородным строением, без существенных прослоек и включений; в этом случае все полезные ископаемые залежи вынимают совместно (валовый способ выемки);

*сложные залежи* (см. рис. 2.1, а, з), содержащие наряду с кондиционным полезным ископаемым некондиционные его сорта, а также прослойки или включения пустых пород с четко выраженными контактами; в этом случае необходима раздельная (селективная)

разработка кондиционного и некондиционного полезного ископаемого и пустых пород;

*рассредоточенные залежи* (см. рис. 2.1, з), имеющие сложное строение, при котором кондиционное и некондиционное полезное ископаемое и пустые породы распределяются в толще земной коры без четкой закономерности и выраженных контактов; выбор раздельного или валового способа выемки полезного ископаемого производится после детальной эксплуатационной разведки.

7. *Качество полезного ископаемого* в залежи может быть распределено:

*равномерно*, когда качество полезного ископаемого, соответствующее требованиям потребителя, примерно одинаково в пределах залежи; в этом случае выемка (валовая или раздельная) на разных участках залежи может производиться независимо, без усреднения;

*неравномерно*, когда распределение качества неодинаково по глубине или в плане залежи; в этом случае необходимо планировать одновременную выемку в разных частях залежи, иметь несколько рабочих выемочных участков и усреднять качество.

8. *По преобладающим типам пород* месторождения могут быть представлены:

скальными вскрышными породами и полезным ископаемым;

разнородными покрывающими породами и скальными (полускальными) полезным ископаемым и вмещающими породами; в этом случае покрывающая залежи мощная толща представлена чередующимися мягкими, плотными, полускальными и скальными породами;

мягкими и плотными покрывающими породами и скальными, или полускальными полезным ископаемым и вмещающими породами;

полускальными вскрышными породами и полускальным или весьма плотным полезным ископаемым;

мягкими вскрышными породами и разнородным полезным ископаемым;

мягкими вскрышными породами и мягким или плотным полезным ископаемым.

Перечисленные факторы оказывают решающее влияние на выбор технических средств, порядок ведения и возможность производства открытых горных работ.

### **Виды открытых горных разработок**

Основные виды открытых разработок классифицируются по положению залежи относительно поверхности (рис. 2.3).

1. *Разработки поверхностного вида.* К ним относится большинство разработок россыпей, природных строительных горных пород, значительная часть угольных и небольшая часть рудных разработок при горизонтальных и пологих залежах. Карьеры при этом неглубокие (до 40 - 60 м) и имеют относительно постоянную глубину. Вскрышные породы и полезные ископаемые разнообразны, чаще мягкие и полускальные.

2. *Разработки глубинного вида.* К ним относятся большая часть рудных и частично угольных разработок при наклонном и крутом падении залежей. Карьеры в этом случае постепенно углубляются; конечная глубина их может достигать 800 м. В таких карьерах разрабатываются все типы пород.

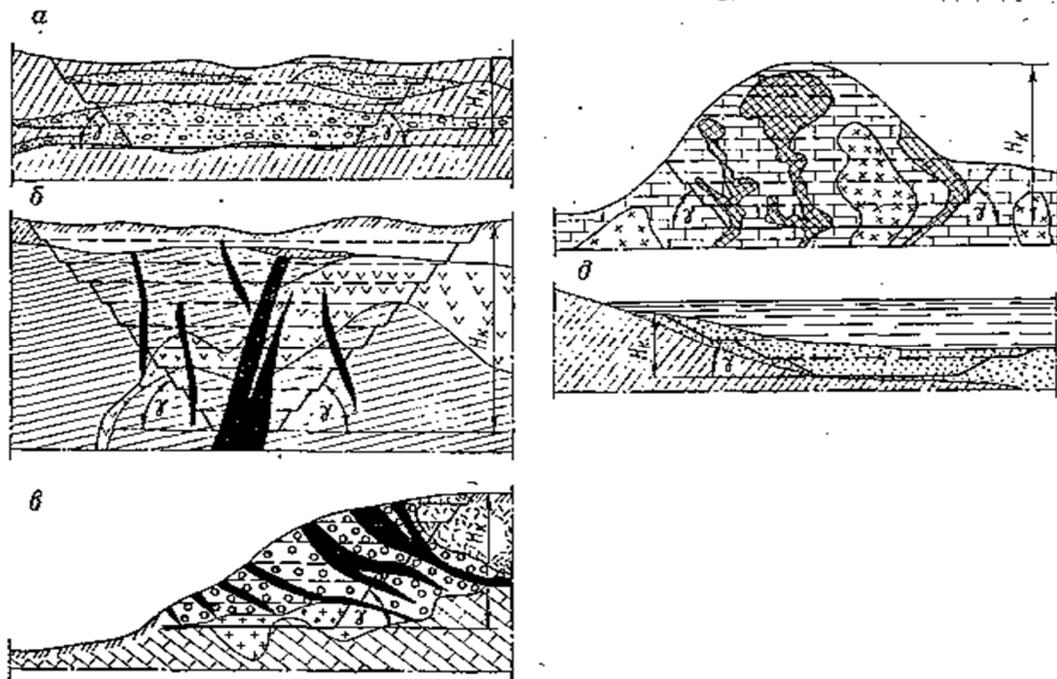


Рис. 2.3. Схемы открытых разработок:

*а, б, в, г и д* — соответственно поверхностного, глубинного, нагорного, нагорно-глубинного и подводного вида.

3. *Разработки нагорного вида.* К ним в основном относятся открытые разработки различных руд, горно-химического сырья, строительных горных пород и иногда угля. Залежи расположены значительно выше господствующего уровня поверхности; число рабочих уступов и размеры карьеров в плане разнообразны. Полезные ископаемые и вскрышные породы в основном скальные.

4. *Разработки нагорно-глубинного вида.* К ним относятся открытые разработки различных руд, горно-химического сырья, строительных горных пород и угольные разработки при сложном рельефе поверхности карьерного поля. Полезные ископаемые и вскрышные породы скальные или полускальные, иногда разнородные.

5. *Разработки подводного вида.* Залежи расположены под водой, покрывающие породы обычно имеют относительно небольшую мощность. К данному виду относятся, в частности, разработки в поймах рек и со дна морей и озер. Породы мягкие, плотные, полускальные или разнородные.

Каждый из указанных видов открытых разработок отличается от другого подготовкой месторождения к эксплуатации, порядком его разработки, вскрытием рабочих горизонтов, расположением отвалов и соответственно характером комплексной механизации горных работ.

Разработки первого вида наиболее экономичны. При этом выемка полезного ископаемого осуществляется сразу на полную мощность и вскрышные породы размещаются в выработанном пространстве.

Вскрышные работы и отработка залежи полезного ископаемого при разработках глубинного вида производятся послойно в нисходящем порядке. Горную массу, как правило, перемещают вверх, на поверхность, и вскрышные породы складывают во внешние отвалы. Отработке каждого нового слоя предшествуют горно-подготовительные работы, обеспечивающие вскрытие рабочих горизонтов. Глубина карьера постепенно возрастает до предела, определяемого границами карьерного поля.

Для открытых разработок нагорного вида характерно перемещение покрывающих и вмещающих пород и добытого полезного ископаемого с применением транспорта вниз, к месту расположения отвалов и перерабатывающего комплекса.

Разработка месторождений нагорно-глубинного вида имеет характерные черты второго и третьего видов открытых разработок.

Типы залежей (при равнинном рельефе), разрабатываемых открытым способом, применительно к округлым, удлиненным и вытянутым формам и генеральному углу их падения с соответствующими буквенными обозначениями показаны (для учебных целей) на рис. 2.4 и 2.5.

Деление залежи по форме в вертикальных разрезах		Формы залежей в плане на урбне подшвы карьера		Округлая ( $A < B \leq 1,4A$ )	Удлиненная ( $1,4A < B \leq 4A$ )	Вытянутая ( $4A < B \leq 40A$ )
		Формы		Продольные и поперечные разрезы залежей		
Залежи Грунта	Пологая (до 10°) и горизонтальная	Сосредоточенная	Неправильная			
			Плитообразная			
	Рассредоточенная	Неправильная				
		Плитообразная				

Рис. 1.4. Схемы горизонтальных и пологих залежей, разрабатываемых открытым способом:

О - округлая; У - удлиненная; В - вытянутая; Г - горизонтальная; С - сосредоточенная; Н - неправильная; П - плитообразная; Р - рассредоточенная; УГСП - удлиненная горизонтальная сосредоточенная неправильной формы; УГСП - удлиненная горизонтальная сосредоточенная плитообразной формы; УГРН - удлиненная горизонтальная рассредоточенная неправильной формы; ОГРП - округлая горизонтальная рассредоточенная плитообразная.



Формы залежей в плане на урбне пощаивы карьера		Округлые	Удлиненные	Вытянутые		
		$A < B \leq 1,4A$	$1,4A < B \leq 4A$	$4A < B \leq 40A$		
Деление залежи по форме в вертикальных разрезах	Залежь	Форма				
Наклонная (от 10 до 30°)	Сосредоточенная	Неправильная				
		Плитообразная				
		Неправильная				
		Рассредоточенная				
		Плитообразная				
		Неправильная				
	Крутая (более 30°)	Сосредоточенная	Плитообразная			
			Неправильная			
			Плитообразная			
		Рассредоточенная	Неправильная			
			Плитообразная			
			Неправильная			

Рис. 2.5. Схемы наклонных и крутых залежей, разрабатываемых открытым способом: ОНСН – округлая наклонная сосредоточенная неправильной формы; УНСП – удлиненная наклонная сосредоточенная плитообразной формы; ВКРН – вытянутая наклонная рассредоточенная неправильной формы; остальные условные обозначения те же, что на рис

2.4.

**Опорные слова:** *изометрические, плитообразные, трубообразные и столбообразные, промежуточные и переходные, поверхностный, глубинный, высотный, высотно-глубинный, пологие, наклонные, крутонаклонные, крутые, сложного залегания, маломощные, средней мощности, мощные, весьма мощные, простые, сложные, рассредоточенные, нагорный, нагорно-глубинный, подводный.*

**Контрольные вопросы:**

1. *Какие существуют залежи, классифицируемые по форме?*
2. *Что предопределяет форма залежей?*
3. *По углу падения различают залежи...*
4. *Назовите основные виды открытых разработок.*
5. *В чем сущность разработки поверхностного вида?*

**Литература:**

1. *Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.*
2. *Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.*
3. *Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.*
4. *Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. М., «НЕДРА», 1985.*
5. *Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.*
6. *Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.*
7. *Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.*

### Лекция 3

**Тема:** Виды и периоды горных работ. Порядок развития открытых горных работ.

#### План:

1. Подготовка поверхности и осушение породного массива.
2. Горно-капитальные работы.
3. Горно-строительные работы.
4. Эксплуатационные горные работы.
5. Реконструкция карьерного хозяйства.
6. Порядок развития горных работ.

#### Виды и периоды горных работ

Освоение новых месторождений или очередных участков карьерного поля начинается с *подготовки поверхности*. Она заключается в проведении специальных, иногда дорогостоящих и крупных инженерных работ по отводу рек, ручьев, в некоторых случаях озер, вырубке леса и корчеванию пней, ограждению карьерного поля от стока поверхностных вод посредством сети дренажных канав. Подготовка поверхности включает также удаление и складирование для последующего использования почвенного слоя, выравнивание поверхности, создание специальных площадок для монтажа горного оборудования, сооружение первичных подъездных автомобильных или железных дорог к горным участкам и отвалам.

Обычно одновременно с подготовкой поверхности выполняются специальные работы по *осушению породного массива* в пределах карьерного поля или отдельных участков. В необходимых случаях, при склонности пород к оползанию и обрушению, производятся специальные работы по укреплению прибортовых участков породного массива.

Подготовка поверхности и осушение месторождения, выполненные полностью или частично, позволяют приступить к *горно-капитальным работам*. К ним относятся работы по удалению покрывающих пород, созданию капитальных, разрезных траншей и котлованов, а также насыпей, которые позволяют начать систематическое производство вскрышных и добычных работ в строгом соответствии с проектом.

Горно-капитальные работы, выполняемые в период строительства карьера до сдачи его в эксплуатацию, называют *горно-строительными работами*. К ним относят также добычные работы в период строительства карьера (попутная добыча) и комплекс работ по сооружению транспортных коммуникаций.

Экономические особенности горно-строительных работ:

все затраты на горно-строительные работы относятся к капитальным вложениям;

удельные затраты на горно-строительные работы (на 1 м<sup>3</sup>) больше, чем на горные работы в период эксплуатации карьера, особенно после достижения им проектной производственной мощности.

С учетом этого горно-строительные работы целесообразно выполнять в том минимальном объеме, который необходим для обеспечения добычи полезных ископаемых: либо в объеме полной проектной мощности карьера, либо части этой мощности (чаще всего от 30 до 60%), предусмотренной в утвержденном проекте.

*Эксплуатационные горные работы*, подразделяются на:

*вскрышные работы*, заключающиеся в выемке и перемещении в отвалы пустых пород и некондиционных полезных ископаемых с созданием подготовленных к разработке и

вскрытых запасов полезного ископаемого;

*добычные работы*, заключающиеся в выемке и доставке добытого полезного ископаемого на склады или к потребителю.

В состав эксплуатационных горных работ входят также работы по зачистке вскрытых запасов полезного ископаемого, устройству транспортных коммуникаций, проведению очередных участков разрезных траншей на вскрытых уступах для увеличения длины фронта добычных и вскрышных работ и работы по развитию отвального хозяйства карьера.

Горно-капитальные работы финансируются согласно проекту Стройбанком в порядке, установленном для строящихся объектов; эксплуатационные горные работы финансируются промбанком в порядке, установленном для действующих предприятий.

После сдачи карьера в эксплуатацию с неполной проектной мощностью все горные работы относятся к эксплуатационным или, наряду с эксплуатационными работами, продолжают одновременно выполняться горно-капитальные работы на очередных участках карьерного поля. По мере увеличения длины фронта горных работ, подготовленных к разработке и вскрытых запасов полезного ископаемого сдаются в эксплуатацию следующие очереди карьера. Таким образом, поэтапно наращивается производственная мощность карьера до проектного уровня. Период от сдачи карьера в эксплуатацию до достижения им проектной мощности часто называют периодом освоения проектной мощности карьера. При изменении вводимой мощности (полной проектной или отдельной очереди — пускового комплекса по полезному ископаемому) от 5 до 30 млн. т/год и более нормативный срок ее освоения возрастает от 9 до 24 мес.

Работы по созданию вскрывающих и разрезных горных выработок называются *горно-подготовительными*. В зависимости от периода деятельности карьера (строительный или эксплуатационный) и источника финансирования (капитальные вложения или за счет основной деятельности действующего предприятия) горно-подготовительные работы относятся к горно-капитальным или эксплуатационным работам. В некоторых случаях проводимые в эксплуатационный период после освоения проектной мощности карьера горно-подготовительные работы относятся к горно-капитальным.

К горно-капитальным относятся также продолжающиеся в эксплуатационный период работы, связанные с осушением, в частности бурение очередных водопонижающих скважин, сооружение подземных дренажных выработок и дорог.

При установлении дополнительных разведочных данных о месторождении и переутверждении запасов полезных ископаемых, особенно при переходе с одного этапа горных работ на другой согласно проектному графику, возникает необходимость в *реконструкции карьерного хозяйства* с заменой горного и транспортного оборудования, реконструкцией вскрывающих выработок и отвалов и изменением производственной мощности карьера. Работы по реконструкции относятся к горно-капитальным и осуществляются по специально утвержденным проектам.

Заключительной стадией открытой разработки месторождения, обычно связанной с истощением запасов или с необходимостью перехода на подземный способ разработки, является *период «затухания» (погашения) горных работ*, продолжающийся иногда несколько лет.

### **Порядок развития открытых горных работ**

Порядок развития открытых горных работ не может устанавливаться произвольно. Он является логическим следствием и прежде всего зависит от типа разрабатываемого месторождения, рельефа поверхности, формы залежи, положения залежи относительно

господствующего уровня поверхности, угла ее падения, мощности, строения, распределения по качеству полезных ископаемых и типов вскрышных пород. Следующим логическим следствием является выбор вида открытых горных разработок: поверхностного, глубинного, на горного, нагорно-глубинного или подводного.

Другим этапом суждений является принципиальное (предварительное) решение о карьерном поле — его возможных глубине, размерах по дну и поверхности, углах откоса бортов, а также общих запасах горной массы и полезных ископаемых в частности. Устанавливаются также возможные места расположения потребителей полезных ископаемых, отвалов, хвостохранилищ и их ориентировочные вместимости, что позволяет наметить возможные направления и пути перемещения карьерных грузов. На основании указанных рассуждений устанавливают возможные размеры карьерного поля, его местоположение в увязке с рельефом поверхности, а также примерные контуры горного отвода будущему предприятию. Только после этого с учетом необходимой по государственным планам мощности карьера приступают к решению задачи о порядке развития горных работ в пределах карьерного поля.

На рис. 3.1 показаны схемы развития горных работ и уступов карьера в профиле и плане. Стрелками изображены направления подвигания горных работ для залежей различной формы в условиях равнинной поверхности. Для ускорения ввода карьера в эксплуатацию и сокращения уровня капитальных затрат горные работы начинают вести там, где залежь полезного ископаемого находится ближе к поверхности при минимально возможном объеме горно-строительных работ с обязательным учетом возможных решений по вскрытию рабочих горизонтов на будущие периоды и с учетом системы разработки, обеспечивающей высокий уровень комплексной механизации горных работ.

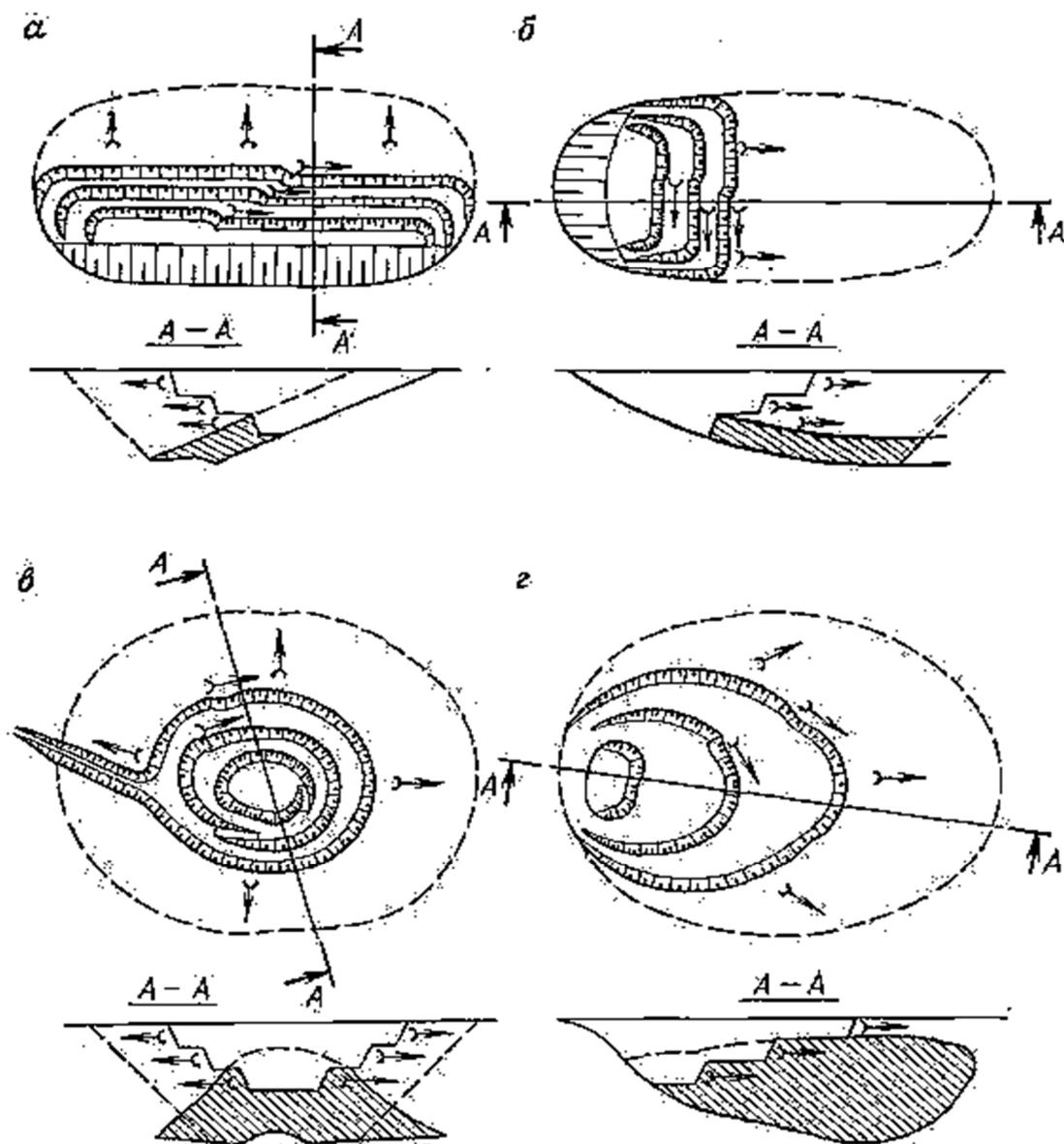


Рис. 3.1. Схемы развития горных работ:

*a, б, в и г* — фронт работ расположен соответственно вдоль длинной оси карьера, вдоль короткой оси, концентрически и по эллипсу

Главная цель открытых горных работ - добыча из недр полезных ископаемых с одновременной выемкой большого объема покрывающих и вмещающих залежи вскрышных пород — достигается при четкой и высокоэкономичной организации ведущего и наиболее дорогого процесса открытых горных работ — перемещения горной массы из забоев в пункты приема на складах и отвалах. Эффективность процесса перемещения достигается организацией устойчиво действующих грузопотоков полезных ископаемых и вскрышных пород, применительно к которым решаются вопросы вскрытия рабочих горизонтов карьерного поля, а так же и мощностей используемых транспортных средств.

**Опорные слова:** подготовка поверхности, осушение породного массива, горно-капитальные работы, эксплуатационные работы, горно-подготовительные работы, реконструкция карьерного хозяйства, период «затухания», выбор вида открытых работ, цель открытых горных работ.

**Контрольные вопросы:**

1. В чем заключается подготовка поверхности?
2. Какие работы относятся к горно-капитальным?
3. На какие работы подразделяются эксплуатационные горные работы?
4. Назовите заключительную стадию открытой разработки.
5. В чем заключается главная цель открытых горных работ?

**Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 4

### Тема: Понятие о режиме и этапах горных работ. Подготовка карьерного поля к разработке

#### План:

1. Виды коэффициентов вскрыши.
2. Режим горных работ.
3. Этапы горных работ.
4. Способы осушения месторождений.

#### Понятие о режиме и этапах горных работ

Технические решения при открытой разработке месторождений и экономические ее результаты определяются прежде всего соотношением объемов вскрышных и добычных работ в целом и по периодам деятельности карьера. Количественная оценка этих соотношений производится с применением коэффициентов вскрыши.

*Средний коэффициент вскрыши*  $K_{cp}$  ( $m^3/m^3$ )—отношение объема вскрышных пород  $V_{в.к}$  в контурах карьера к запасам полезного ископаемого  $V_{и.к}$  в этих контурах:

$$K_{cp} = \frac{V_{в.к}}{V_{и.к}}.$$

*Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши*  $K_{cp.э}$  ( $m^3/m^3$ )—средний коэффициент вскрыши за период эксплуатационных работ в карьере. Он определяется отношением общего объема вскрышных пород  $V_{в.к}$  в карьере за минусом объема  $V_{в.с}$ , который был удален при строительстве карьера, к общим запасам полезного ископаемого  $V_{и.к}$  за минусом той части  $V_{и.с}$ , которая добыта при строительстве карьера:

$$K_{cp.э} = \frac{V_{в.к} - V_{в.с}}{V_{и.к} - V_{и.с}}.$$

*Текущий коэффициент вскрыши*  $K_T$  ( $m^3/m^3$ ) — отношение объема вскрышных пород  $V_{в.т}$ , фактически перемещаемых из массива в отвалы за какой-либо период времени (месяц, квартал, год), к добываемому объему полезного ископаемого  $V_{и.т}$  за этот же период:

$$K_T = \frac{V_{в.т}}{V_{и.т}}.$$

*Граничный коэффициент вскрыши*  $K_{гр}$  определяет объем вскрышных пород на единицу объема полезного ископаемого, который допустимо перемещать из массива в отвалы по условию рентабельности открытой разработки.

*Плановый коэффициент вскрыши*  $K_{п}$  применяется при планировании текущей производственной себестоимости полезного ископаемого  $C_T$  ( $сум/m^3$ ); он характеризует объем вскрышных работ, затраты на которые погашаются в процессе текущего производства открытых работ:

$$C_T = C_{и.т} + K_{п} C_{в.т},$$

где  $C_{и.т}$  и  $C_{в.т}$  — соответственно текущие затраты на разработку  $1 m^3$  полезного ископаемого и  $1 m^3$  вскрышных пород.

Коэффициенты вскрыши на многих карьерах измеряются отношением объема или массы вскрышных пород к  $1 t$  полезного ископаемого.

Соотношением текущих объемов вскрышных и добычных работ в первую очередь определяется производственная мощность карьера по горной массе, не являющаяся постоянной, прежде всего, из-за изменения годовых объемов вскрышных работ по отдельным периодам. Это изменение является следствием непостоянной мощности вскрыши и залежи полезного ископаемого, условий его залегания, наличия разнообразных геологических нарушений, неравномерного содержания полезных компонентов в залежи. Изменения определяются также экономическими причинами. Вместе с тем предприятия — потребители полезного ископаемого рассчитаны на определенную производственную мощность и должны получать строго определенные объемы полезного ископаемого установленного качества. Эти положения принимаются за основу при выборе режима горных работ на карьере.

Под режимом горных работ понимается установленная проектом или исследованием последовательность выполнения объемов вскрышных и добычных работ во времени, обеспечивающая планомерную, безопасную и экономически эффективную разработку месторождения за срок существования карьера. Режим горных работ оценивается по графику, на котором показаны изменения объемов добычи и вскрышных работ по годам за весь период существования карьера (рис. 4.1).

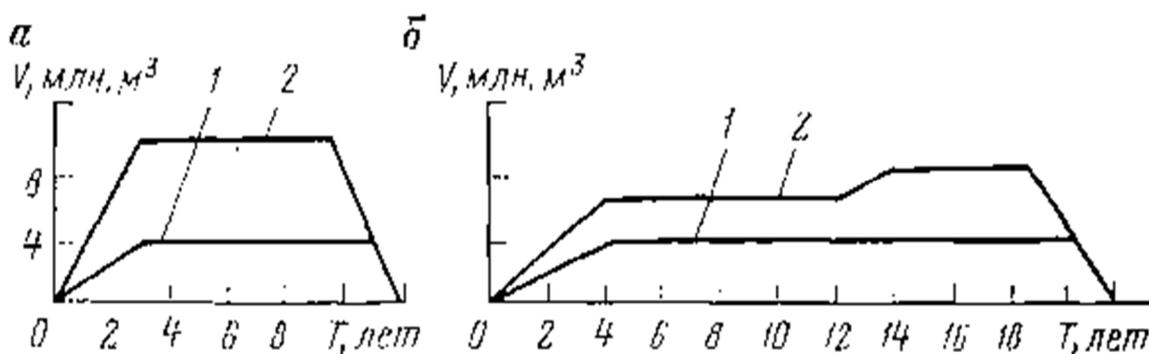


Рис. 4.1. Графики изменения объемов  $V$  добычи (1) и вскрыши (2) по годам  $T$ :

а и б — соответственно при продолжительности существования карьеров в течение 10 и 20 лет.

На относительно короткий период (до 5 лет) режим горных работ на действующих карьерах устанавливаются при планировании горных работ на пятилетие. Экономически эффективным является режим горных работ, который обеспечивает максимальную прибыль от разработки месторождения с получением полезного ископаемого требуемого качества.

При продолжительности работы карьера 8—12 лет (что соответствует сроку амортизации основного карьерного оборудования) экономическая эффективность достигается тем, что возможно больший период времени ведут разработку с постоянными годовыми объемами вскрышных работ (рис. 4.1, а); при большей продолжительности работы карьера в общем случае целесообразно разделить весь срок работы на отдельные периоды, каждый из которых характеризуется постоянным годовым объемом вскрышных работ; объемы этих работ увеличивают или уменьшают при переходе к следующему периоду (рис. 4.1, б).

Периоды работы карьера с существенно различающимися объемами вскрышных работ называются *этапами разработки*. При небольшом сроке существования карьера стремятся к разработке без деления на этапы, а при длительном сроке желательно выделить несколько этапов.

В первом случае работы целесообразно производить с постоянным текущим коэффициентом вскрыши, близким к средне-эксплуатационному. Во втором случае

получается ступенчато возрастающий по этапам график режима горных работ (см. рис. 4.1, б). Продолжительность каждого этапа увязывают со сроками амортизации основного оборудования; переход от этапа к этапу обычно приурочивают к периоду, когда становится необходимой реконструкция карьера и замена физически и морально устаревшего горного и транспортного оборудования.

Неравномерный режим горных работ внутри этапа приводит в отдельные годы к выполнению «пиковых» объемов вскрышных работ. При этом ухудшаются экономические показатели разработки, так как за сравнительно короткий период происходит концентрация большого числа горного и транспортного оборудования, энергомощностей, что приводит к переукомплектованию штатов рабочих и служащих, а также к дополнительному строительству вспомогательных цехов и бытовых сооружений. Особенно остро ощущаются недостатки неравномерного режима работ на карьерах с относительно коротким сроком существования и при сооружении их в недостаточно освоенных районах страны.

Поддержание равномерных объемов вскрышных работ на каждом этапе способствует устойчивой экономической деятельности предприятия.

Выбор рационального режима горных работ на карьере имеет большое значение для повышения рентабельности предприятий и ускорения оборачиваемости средств, позволяет уменьшить преждевременные и малоэффективные затраты в те периоды работы карьера, когда коэффициент вскрыши и себестоимость полезного ископаемого меняются из-за изменения природных условий. Календарным этапам соответствуют объемные этапы развития карьера, т.е. определенные промежуточные контуры карьера по глубине и в плане (рис. 4.2). Установление таких поэтапных контуров, а внутри них годовых контуров (положения горных работ) по каждому уступу и является задачей установления рационального режима горных работ.

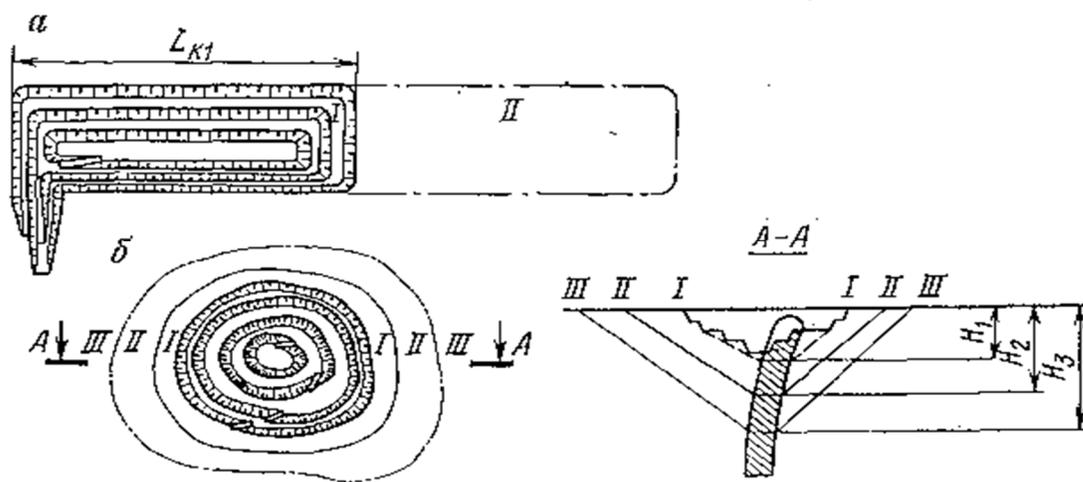


Рис. 4.2. Схемы этапных контуров развития карьера:

а и б - на карьерах соответственно вытянутой и округлой форм

#### Подготовка карьерного поля к разработке

Для нормального ведения горных работ и возможности размещения технических и хозяйственных сооружений, транспортных коммуникаций и отвалов *все естественные препятствия и искусственные сооружения в пределах карьерного поля и в зоне транспортных подступов к нему удаляются или переносятся*. К естественным препятствиям относятся: леса, крупный кустарник, ручьи, реки, озера, болота — на равнинных месторождениях; нависи, заколы — в горах. Автомобильные и железные дороги, проходящие в пределах технических

границ карьера, а также различные промышленные и бытовые сооружения относятся к *искусственным сооружениям*.

Лес и кустарник удаляют в первую очередь на территории проведения капитальных и разрезных траншей и размещения промплощадки, а затем, по мере развития горных работ, - полностью в пределах конечных контуров карьера. Эти работы выполняют механизированным способом с использованием электромеханических пил, кусторезов, бульдозеров и других средств. В районах с сильными снежными заносами и в степной засушливой местности растительность вокруг карьера и промплощадки должна сохраняться как можно дольше. Она предохраняет эти объекты от снежных и песчаных заносов.

Воды болот, озер, ручьев и рек отводят сразу за пределы горного отвода. Для спуска воды устраивают каналы со стоком в сторону пониженных участков рельефа местности, а для отвода ручьев и рек сооружают обводной канал за контуром горного отвода. Старое русло обычно перекрывают плотиной для создания требуемого подпора, так как трасса обводного канала, как правило, проходит по более высоким абсолютным отметкам. Размеры поперечного сечения обводного канала должны обеспечить пропуск воды в паводковый период. Для предотвращения просачивания воды в карьер откосы канала бетонируют или облицовывают камнем. Обводному каналу придают уклон, равный естественному уклону русла реки на данном участке.

Обводненность месторождений резко снижает устойчивость откосов горных выработок, проведенных в песчаных, мягких, плотных и трещиноватых скальных и полускальных породах, затрудняет и удорожает строительство и содержание транспортных коммуникаций в карьере, резко снижает производительность основного горного и транспортного оборудования.

*Система осушения месторождения* должна обеспечить нормальные условия ведения горно-капитальных и эксплуатационных работ в карьере. Мероприятия по осушению предусматривают ограждение карьера от притоков поверхностных и подземных вод посредством проведения специальных выработок и организации водоотлива.

Способ осушения карьера выбирают в зависимости от водно-физических свойств горных пород, числа, расположения, мощности и водообильности водоносных горизонтов. Различают *поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения*.

В любых гидрогеологических условиях для ограждения карьера от стока поверхностных вод на участках понижения отметок рельефа сооружают нагорные каналы, по которым вода поступает к водосборникам. Поперечное сечение нагорных канав рассчитывают по возможному притоку воды, а продольному профилю канав придают уклон  $i=2\div 3\%$ .

При разработке месторождений с несложными гидрогеологическими условиями проводят дренажные траншеи и создают систему карьерного водоотлива. При таком поверхностном способе осушения дренажной является и сам карьер.

Несложными гидрогеологическими условиями характеризуются:

месторождения, сложенные скальными и полускальными мало- и среднетрещиноватыми породами и водоносными наносами мощностью до 10—15 м при притоке подземных вод в карьер до 300—500 м<sup>3</sup>/ч;

месторождения, сложенные мягкими и песчаными неустойчивыми породами с локальным водонасыщением и притоком подземных вод в карьер до 100 м<sup>3</sup>/ч.

Осушение остальных месторождений, находящихся в сложных и весьма сложных гидрогеологических условиях, должно осуществляться с созданием системы специальных дренажных выработок для понижения уровня подземных вод в контуре карьерного поля.

*Поверхностный способ осушения* этих месторождений иногда заключается в создании системы дренажных траншей или траншей в комплексе с горизонтальными дренажными скважинами, но гораздо чаще — в создании системы вертикальных водопонижающих скважин большого диаметра (250—500 мм), которые располагают в один, два или три ряда на расстоянии от 30—50 до 200—250 м один от другого в зависимости от коэффициента фильтрации осушаемых пород. Откачку воды из таких скважин производят, как правило, центробежными погружными насосами.

*При подземном способе осушения* сооружают обычно дренажные стволы с сетью подземных выработок, которые проводят по полезному ископаемому или пустым породам. Штреки проводят в устойчивых породах по водопроницаемому породному слою через каждые 200—250 м вдоль бортов карьера, склонных к деформациям. Вода поступает в дренажные выработки через сквозные или забивные фильтры. Из выработок вода стекает в водосборник дренажного ствола и откачивается на поверхность.

*При комбинированном способе осушения* используется система скважин, пробуренных с поверхности, и дренажных штреков с необходимыми устройствами. Проведение дренажных подземных выработок в период строительства карьера производится специальными строительными организациями, а в период эксплуатации - службами карьера, выделяемыми в специализированные участки.

Вода, удаляемая из карьера, должна сбрасываться в ближайший водопоток или водосборник, исключающие возможность ее обратного проникновения в карьер через трещины, провалы или водопроницаемые породы. Не должно происходить заболачивания прилегающей к карьере территории. Предусматриваются также мероприятия по сохранению ресурсов подземных вод, исключающие загрязнение и минерализацию источников водоснабжения и водоемов зон отдыха трудящихся.

В течение разработки месторождения система осушения карьера, как правило, изменяется: создаются новые контуры водопонижающих скважин, подземные выработки, водосборники и т. д. Изменение системы позволяет заблаговременно осушить горные породы до их разработки и в то же время избежать преждевременного строительства дорогих водопонижительных сооружений.

**Опорные слова:** коэффициент вскрыши, средний, среднеэксплуатационный, текущий, граничный, плановый, режим, период, этап, естественные и искусственные препятствия, система осушения, поверхностный, подземный, комбинированный.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные виды коэффициентов вскрыши.
2. Что определяет граничный коэффициент вскрыши?
3. Что вы понимаете под режимом горных работ?
4. Что называется этапом разработки?
5. Назовите способы осушения карьера.

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потанов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.

3. Ржевский В.В. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ*. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. *Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация*. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ*. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. *Технология и процессы открытых горных работ*. М., Недра, 1970.
7. *Теория и практика открытых разработок*. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра , 1979.

## Лекция 5

### Тема: Порядок формирования грузопотоков. Виды грузопотоков

#### План:

1. Формирование грузопотоков.
2. Виды грузопотоков.

Разнообразие форм залежей и условий их залегания в недрах, с одной стороны, и основной принцип открытых разработок — послойная (поуступная) выемка как вскрышных пород, так и полезных ископаемых, с другой стороны, определяют необходимость формирования грузопотоков таким образом, чтобы обеспечить минимальные затраты на перемещение горной массы из забоев на отвалы и на склады и тем самым добиться максимальной экономии при ведении открытых горных работ. Решение этой проблемы заключается в создании грузопотоков карьера и на этой основе вскрытия рабочих горизонтов карьера. Ниже показывается порядок формирования грузопотоков на примере вытянутого карьерного поля с двумя различными по качеству залежами I и II (рис. 10.1, а) и относительными отметками горизонтов от +20 до —60 м. Горные работы начинаются с этапа 1, ближе к залежи I, на высотных отметках —10 и ±0, на которых в забоях ведется выемка горной массы и начинаются грузопотоки. К разработке намечены два борта (правый и левый); на каждом из них в каждом разрабатываемом слое объемы и качество горных пород различны как по отдельным этапам (1—6) горных работ, так и за весь период разработки. При показанном на рис. 10.1 порядке развития горных работ в первую очередь оцениваются (подсчитываются) объемы вскрышных пород и руд по сортам для каждого горизонта отдельно по правому и левому бортам и изображаются в виде поэтапного графика режима горных работ (рис. 10.1, б). При построении поэтапного графика режима горных работ необходимо предусматривать минимальные сроки начала добычи полезного ископаемого и целесообразное отнесение на более поздние периоды выемки и перемещения основной массы вскрышных пород. По поэтапному графику представляется возможность оценить экономическую эффективность принятого варианта развития горных работ путем сравнения с возможными другими вариантами. Если данный порядок развития принимается за основу, приступают к рассмотрению и формированию грузопотоков.

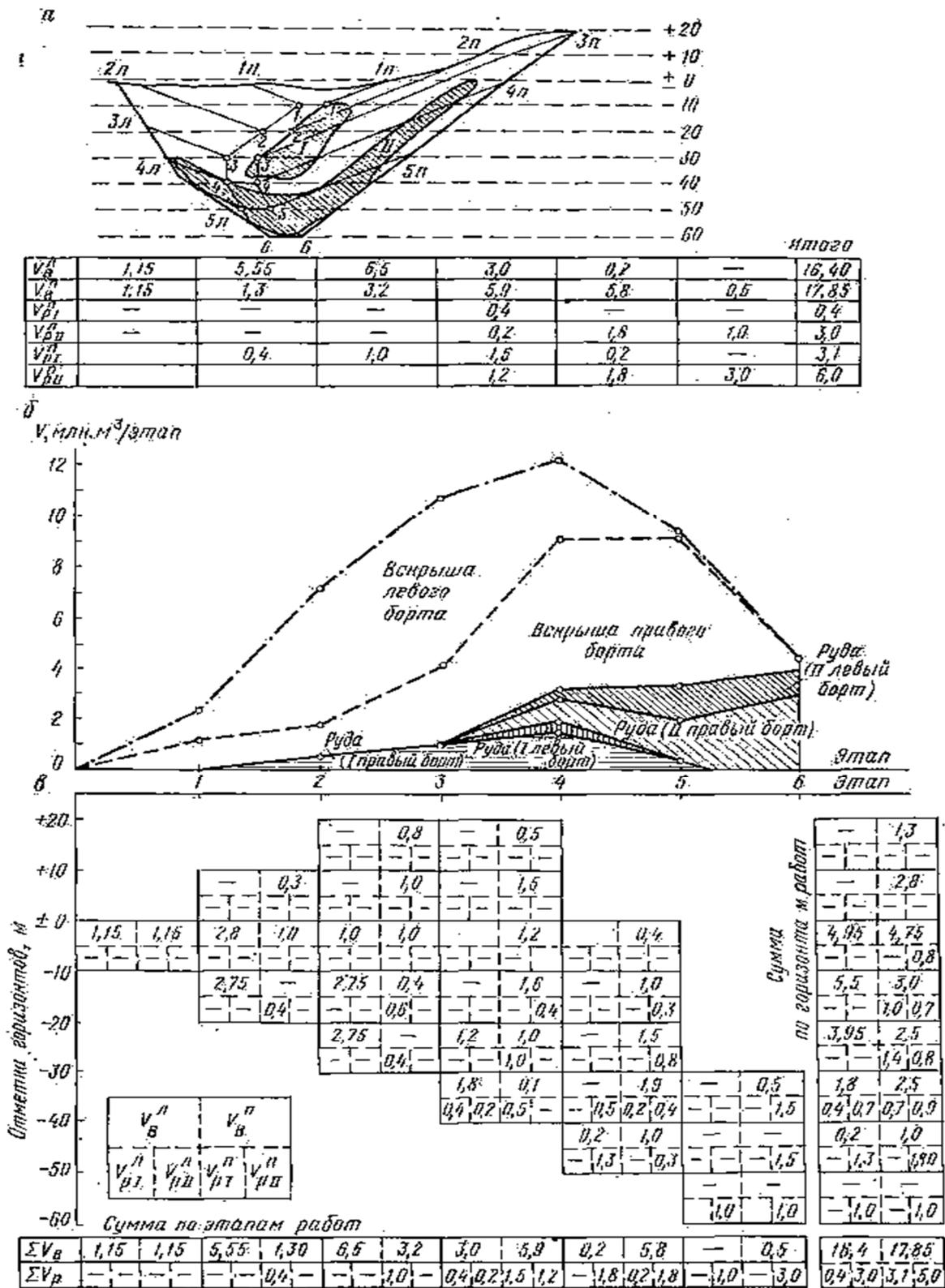


Рис. 10.1. Схема этапных грузопотоков (а) и графики режима горных работ (б) и поэтапного распределения грузопотоков (в).

Для этого составляется сводная таблица (рис. 6.1, в) поступления с каждого горизонта объемов различных грузов для каждого этапа развития (1—6) и для каждого рабочего борта карьера.

На основании данных таблицы можно формировать грузопотоки. Однако, для того чтобы по принятой производительности карьера (по руде) можно было бы судить о календаре

горных работ, необходимо трансформировать поэтапные графики и таблицы в календарные (рис. 6.2, а и б), на которых по оси ординат откладываются годы существования карьера. Порядок трансформации графиков излагается ниже.

Приведенный пример построения графиков показывает, как по этапам горных работ, так и по годам существования карьера определяются требуемые объемы вынимаемых и перемещаемых карьерных грузов для обеспечения планов развития производства. Пользуясь методом вариантов, поэтапные и календарные графики можно совершенствовать с целью оптимизации экономических результатов открытой разработки данного месторождения. Вместе с тем выполненные таким образом даже приближенные расчеты позволяют обосновать формирование грузопотоков карьера на всех этапах горных работ и, следовательно, доказать экономическую эффективность принятого способа вскрытия.

Графики формирования грузопотоков следует строить для всех типов месторождений с обязательным учетом рельефа поверхности. При необходимости следует разделять объемы вскрышных пород по их видам, а полезное ископаемое по сортам, чтобы затем принять более правильные решения по выбору комплекса горного и транспортного оборудования и длительности функционирования каждого грузопотока. На графиках при этом фиксируется генеральная отметка поверхности и выделяются нагорная и глубинная части карьерного поля.

### **Виды грузопотоков**

Каждый выемочный слой в общем случае может быть представлен:

вскрышными породами (скальными, полускальными, плотными или мягкими);

некондиционными и забалансовыми полезными ископаемыми, складирруемыми в отдельные отвалы для использования в последующие периоды;

полезными ископаемыми, в которых согласно плановым заданиям выделяют типы и сорта для отдельного транспортирования и использования.

Поток грузов определенного качества, характеризуемый сравнительно устойчивым (во времени) направлением и определенным объемом перевозок в единицу времени (смену или сутки), называется *элементарным грузопотоком*.



Если породы в забое однородны (простой забой), то от него начинается один элементарный грузопоток; от сложного забоя (при разнородных породах и раздельной выемке) начинаются два или три элементарных грузопотока. Таким образом, число элементарных грузопотоков на уступе зависит от числа забоев и способа выемки пород в них и оно обычно больше числа действующих забоев.

Элементарные грузопотоки могут различаться по своим направлениям (рис. 10.3, а и б), а также по виду транспорта (см. рис. 10.3, б), транспортным коммуникациям (рис. 10.3, в) или моделям одного вида карьерного транспорта. Например, элементарные породный и рудный грузопотоки от сложного рудного забоя при использовании автотранспорта и одной автодороги часто различаются лишь перемещением руды и породы в разных автосамосвалах одного и того же типоразмера (рис. 10.3, г). При использовании конвейерного транспорта в таких условиях уже требуются отдельные конвейеры, т. е. элементарные грузопотоки (рис. 10.3, в).

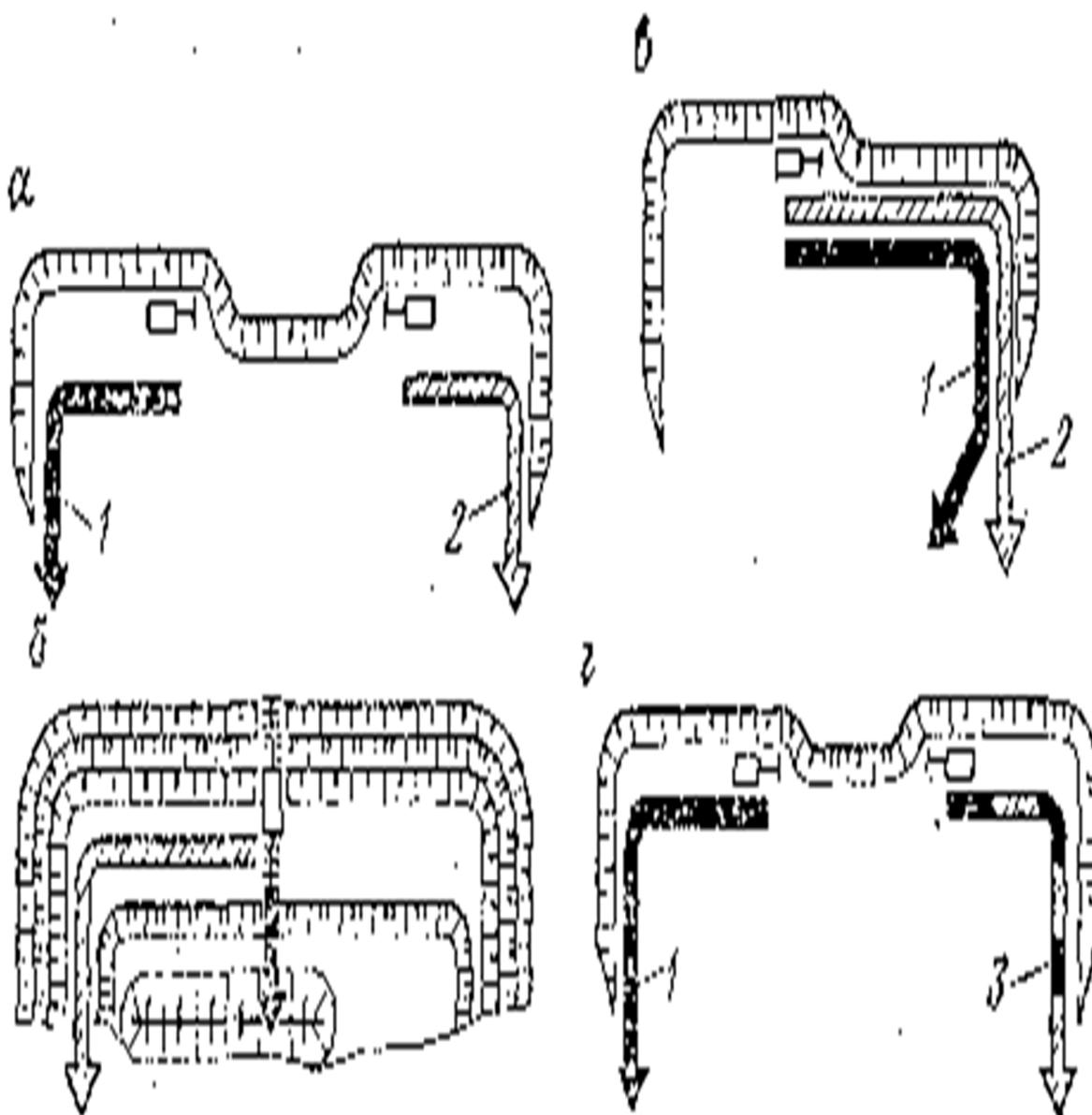


Рис. 10.3. Схемы элементарных грузопотоков:

1 - вскрышных пород; 2 - полезного ископаемого; 3 - попеременно пустых пород и полезного ископаемого.

Элементарные грузопотоки из забоев при однородных породах в целях сокращения их числа стремятся объединить в один *грузопоток с уступа* (рис. 10.4). По тому же принципу объединяют грузопотоки уступов в однородные *грузопотоки группы или всех уступов карьера* (рис. 10.5, а и з).

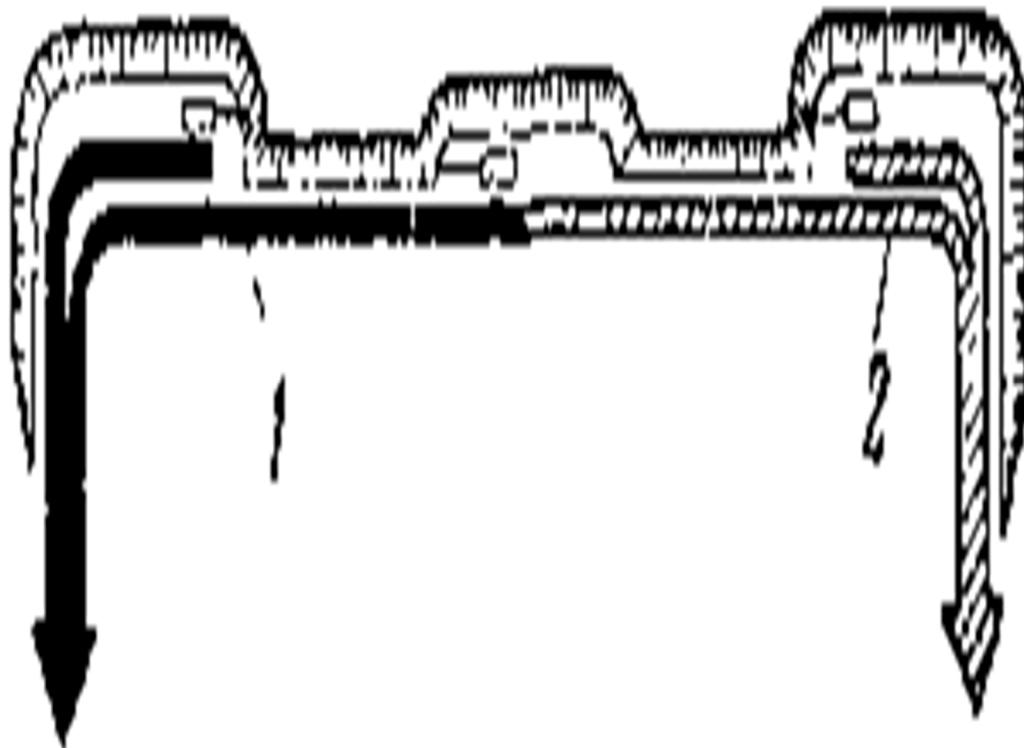


Рис. 10.4. Схема грузопотоков с уступа:  
1 - вскрышных пород; 2- полезного ископаемого.

Группа соединяющихся элементарных грузопотоков, имеющих общие коммуникации, образует *сходящийся грузопоток* (см. рис. 10.4 и 10.5, а). Общий грузопоток карьера или его участка, разделяющийся затем на отдельные грузопотоки, называется *расходящимся грузопотоком* (рис. 10.5, б). Разделяются в основном грузопотоки вскрышных пород и полезного ископаемого, реже — разнородных пород и редко — однородных пород.

Общий грузопоток, образованный сходящимися вначале элементарными грузопотоками, а затем (чаще на поверхности) расходящимися, называют сложным грузопотоком (рис. 6.5, в). Если по пути следования грузов имеются перегрузочные или сортировочные пункты, грузопоток называют комбинированным. В практике открытых разработок преобладают сложные и комбинированные грузопотоки.

Если грузопотоки состоят из разнородных пород, их называют *разнородными грузопотоками*.

Общий грузопоток карьера называют *сосредоточенным*, если составляющие его грузопотоки перемещаются по одним выходным транспортным коммуникациям из карьера (см. рис. 10.5, а), и *рассредоточенным* (см. рис. 10.5, з), если грузопотоки перемещаются по различным коммуникациям.

Сокращение числа грузопотоков в карьере позволяет экономичнее использовать оборудование, улучшить качество дорог, а также сократить число вскрывающих выработок и затраты на их сооружение.

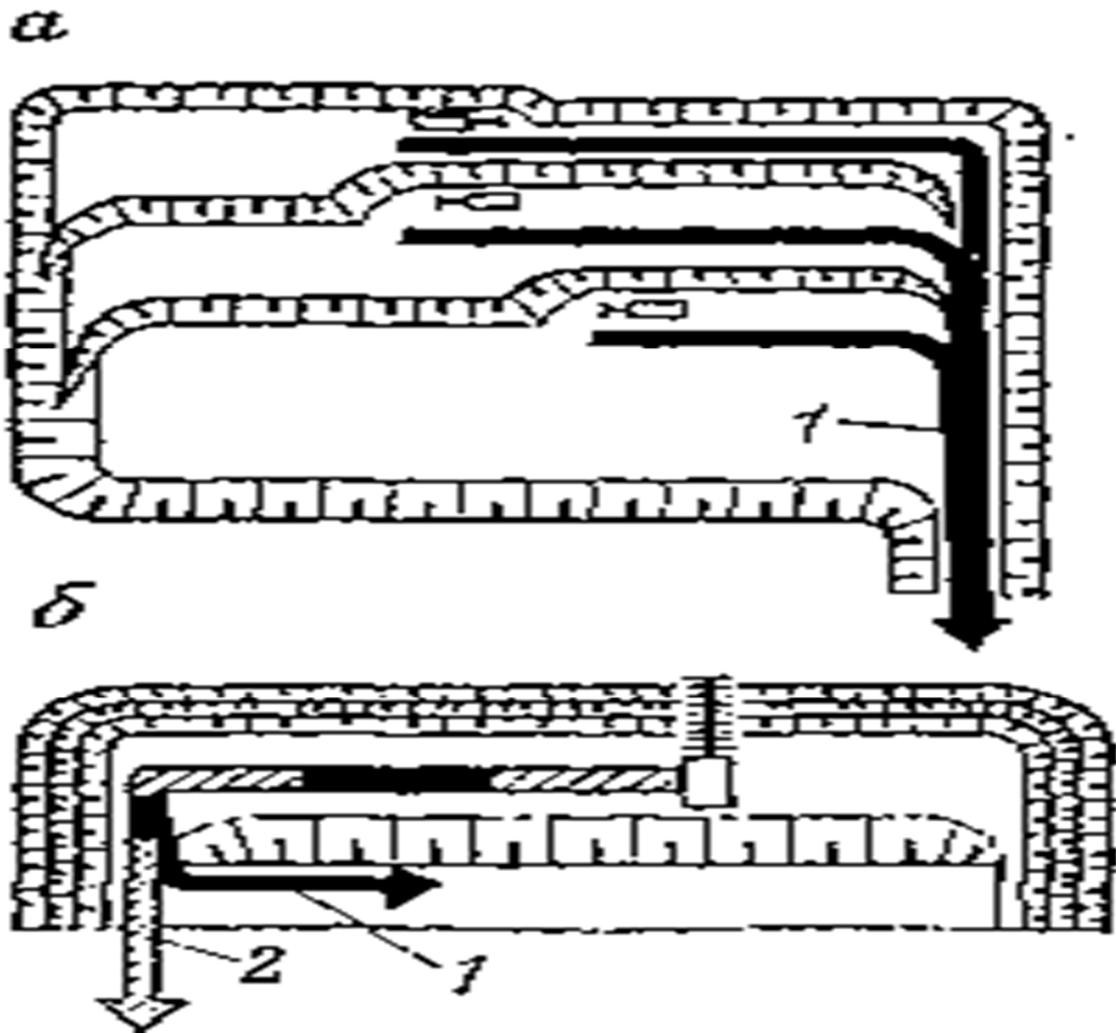
Несколько грузопотоков в карьере могут быть:

*независимыми* друг от друга, если работа комплекса оборудования, обслуживающего

данный грузопоток (от его начала до конца), не зависит от работы оборудования, обслуживающего другие грузопотоки, и оборудование строго закреплено за определенным грузопотоком;

*зависимыми* друг от друга, если необходимо периодически перераспределить оборудование, в частности транспортные средства, по смежным грузопотокам для более полного его использования; такое перераспределение производится диспетчерской службой;

*жестко зависимыми*, если диспетчерская служба постоянно, в соответствии с графиком, изменяет загрузку оборудования, перераспределяет оборудование и регулирует объемы элементарных грузопотоков (например, для достижения нужного усреднения полезного ископаемого, поступающего из карьера на обогатительную фабрику).



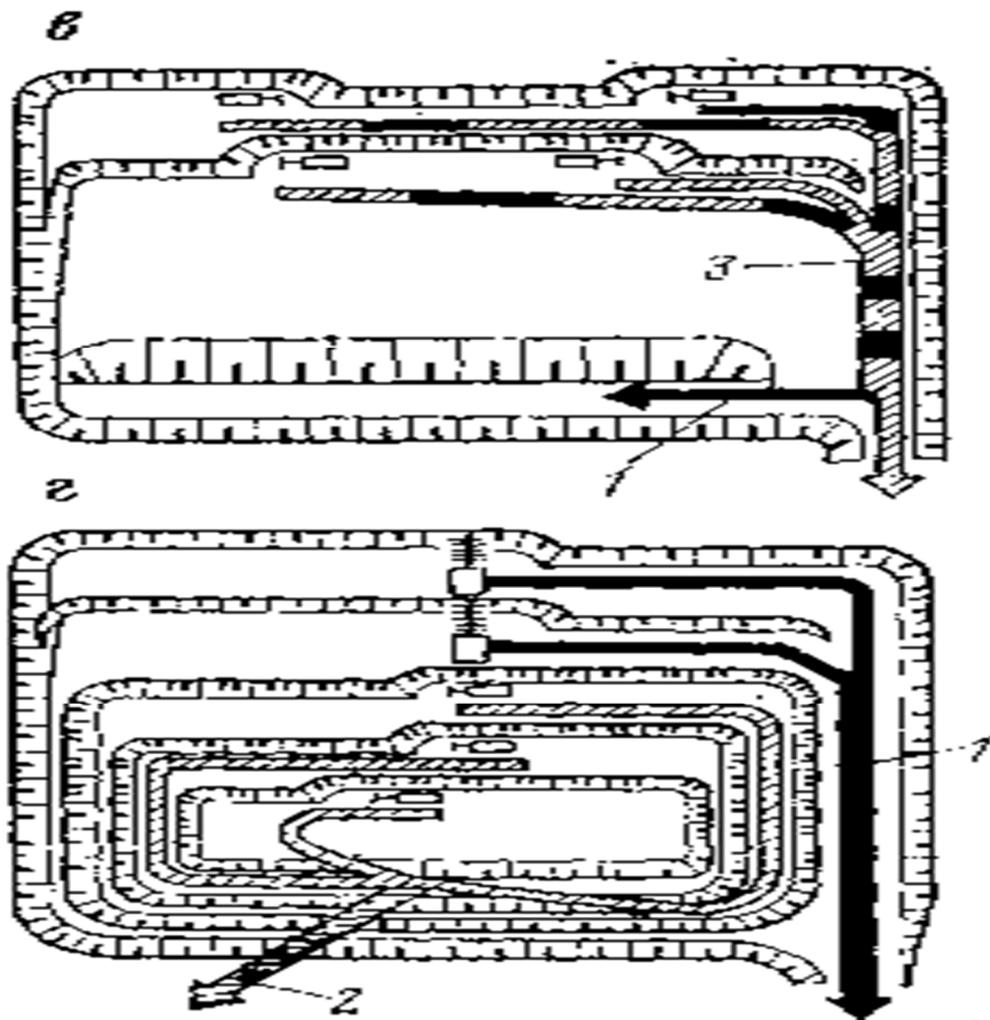


Рис. 10.5. Схемы грузопотоков из карьера:

1 - вскрышных пород; 2 - полезного ископаемого; 3 - попеременно пустых пород и полезного ископаемого.

Наиболее распространены зависимые грузопотоки. *Грузопотоки организационно объединяют воедино все процессы:* подготовку пород к выемке, их выемку и погрузку, перемещение, отвалообразование и складирование. Четкое функционирование грузопотоков предопределяет экономичность ведения горных работ и эффективность использования оборудования.

**Опорные слова:** *грузопоток, развитие горных работ, график режима горных работ, элементарный грузопоток, грузопоток с уступа, грузопоток группы, сходящийся, расходящийся, разнородный, сосредоточенный, рассредоточенный, независимый, зависимый, жестко зависимый.*

**Контрольные вопросы:**

1. Что предопределяет необходимость формирования грузопотоков?
2. Для каких месторождений строят графики формирования грузопотоков?
3. Что называется элементарным грузопотоком?
4. Какие грузопотоки называются разнородными?

*5. Грузопотоки в карьере могут быть...*

***Литература:***

- 1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.*
- 2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.*
- 3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.*
- 4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.*
- 5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.*
- 6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.*
- 7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.*

## Лекция 6

### Тема: Вскрытие рабочих горизонтов карьера

#### План:

1. Начальные этапы развития горных работ.
2. Вскрывающие горные выработки.
3. Способы вскрытия рабочих горизонтов карьера.

#### Начальные этапы развития горных работ

Вскрытие рабочих горизонтов осуществляется посредством сооружения специально предназначенных для этого выработок. Для обеспечения перевозок горной массы каждый горизонт должен быть вскрыт капитальной траншеей (рис. 11.1, а), как правило наклонной, так как она соединяет отметку вскрываемого горизонта с отметкой уже действующих горизонтов и поверхности.

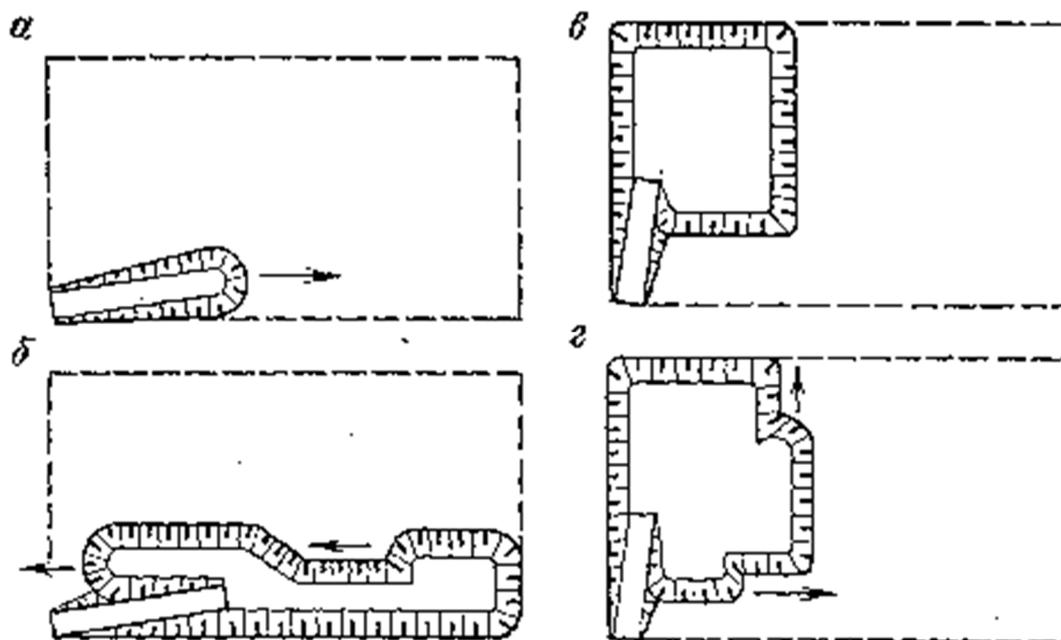


Рис. 11.1. Схемы начального периода развития горных работ на горизонте.

Горные работы на горизонте начинают с создания первоначального фронта, для чего проводят разрезную траншею (рис. 11.1 б) или разрезной котлован (рис. 11.1, в). Иногда породу, если позволяют параметры экскаваторов, размещают в прибортовом отвале, но чаще ее транспортируют на внешний отвал. Далее производится разнос одного или двух бортов разрезной траншеи (см. рис. 11.1, б) или разрезного котлована (рис. 11.1, г). После необходимого опережения верхнего уступа появляется возможность вскрытия нижерасположенного горизонта и проведения в его пределах разрезной выработки. Продольный уклон рабочих горизонтов должен устанавливаться с учетом обеспечения безопасности работы транспортных средств при погрузке.

На выбор места заложения разрезных траншей влияют главным образом рельеф поверхности и кровли залежи и необходимость сокращения объема горно-строительных работ для быстрее вводу карьера в эксплуатацию. Обычно разрезные траншеи при разработке горизонтальных и пологих месторождений проводят по простиранию залежи. Это

обеспечивает достаточный фронт работ для машин большой производительности и позволяет получить значительные вскрытые запасы полезного ископаемого. На небольших карьерах подготовительные работы могут осуществляться последовательно несколькими относительно короткими участками. В таком порядке часто разрабатывают залежи строительных горных пород/что позволяет уменьшить первоначальные затраты на вскрышные работы и применяемое оборудование.

При разработке свит пологих пластов и залежей сложного строения направление развития горных работ должно обеспечивать возможность раздельной выемки полезного ископаемого и пустых пород. При разработке пластовых залежей работы развивают по падению и очень редко по восстанию. Если по условиям вскрытия фронт работ располагают вдоль короткой оси или по диагонали карьерного поля, необходимая мощность карьера достигается при высокой скорости подвигания фронта работ.

При любом расположении фронта работ и направлении развития горных работ толща пород уступа площадью  $F$  ( $m^2$ ) (по его поверхности) и средней мощностью  $H$  (м) должна быть отработана согласно календарному плану за  $T$  мес. За сопоставимый показатель интенсивности разработки может быть принята среднемесячная величина вскрываемой площади

$$F_m = F/T = L_{ф.у} v_{ф.у}$$

где  $L_{ф.у}$  - принятая средняя протяженность фронта работ уступа, м;  $v_{ф.у}$  — среднемесячная скорость подвигания фронта работ, м/мес.

Скорость подвигания фронта работ определяется прежде всего интенсивностью выемки запасов горной массы.

### **Вскрывающие горные выработки**

Разделение капитальных траншей приведено в табл. 11.1. Стационарные внешние и внутренние капитальные траншеи используются в течение длительного срока. Их параметры (начальная и конечная глубина, продольный уклон, длина, углы откосов бортов) строго регламентируются в зависимости от конкретных условий, свойств окружающих пород и технических условий проектирования транспортных коммуникаций.

Таблица 11.1. Разделение капитальных траншей (по Е. Ф. Шешко)

Признак разделения	Основные различия	Траншеи
Расположение траншей относительно контура карьера	Расположение вне контура карьера Расположение внутри контура карьера	Внешние Внутренние
Число уступов, обслуживаемых системой траншей	Один уступ Несколько (группа) уступов Все уступы карьера до конечной глубины	Отдельные Групповые Общие
Основное назначение траншей	Для движения грузеных и порожних поездов (маятниковое движение транспорта) Для движения только грузеных или только порожних поездов (поточное движение транспорта)	Одинарные Парные
Стационарность траншей	Постоянное расположение за контуром или на бортах в конечном положении Временное расположение внутри конечных контуров на бортах, подлежащих разработке	Стационарные Скользкие (временные)

Поперечное сечение отдельных капитальных траншей трапециевидное или треугольное. При расположении транспортных и предохранительных берм на бортах траншей они имеют ступенчатую форму. Глубина капитальных траншей обычно изменяется от нуля до величины, равной высоте одного или нескольких уступов. Подъемы (уклоны) капитальных траншей зависят от вида применяемого транспорта (табл. 11.2).

Таблица 11.2. Характерные подъемы капитальных траншей

Вид карьерного транспорта	Величина подъема в направлении движения транспортных сосудов, %	
	грузеных	порожних
Наклонные траншеи		
Железнодорожный: паровая тяга тепловозная и электрическая тяга моторные вагоны Автомобильный	0,02—0,03	0,025—0,035
	0,025—0,04	0,025—0,06
	0,04—0,05	0,06—0,08
	0,05—0,1	0,08—0,12
Крутые траншеи		
Бесклетевой подъем с тягачами	0,12—0,25	—
Ленточные конвейеры	0,25—0,33	—
Клетевой подъем	0,25—0,5	—
Скиповой подъем	0,50—1,0	—

Углы откосов бортов капитальных траншей определяются сроком их службы, свойствами пород, их обводненностью. Борт траншеи с длительным сроком службы должен обладать долговременной устойчивостью; угол откоса его в песчаных, мягких,

плотных и полускальных породах принимается не больше угла естественного откоса, а

в скальных породах - до 50 - 60°. Оба борта внешних капитальных траншей имеют постоянное положение, а у стационарной внутренней капитальной траншеи только один борт имеет постоянное положение. Минимальная ширина дна капитальных траншей определяется суммой габаритов транспортных средств, безопасных зазоров между ними, поперечных размеров площадок и кюветов, располагаемых по дну. Ширина дна капитальной траншеи, установленная по условиям размещения транспортных коммуникаций, проверяется по условиям возможности проведения траншеи.

Площадь поперечного сечения подземных вскрывающих выработок определяется габаритами транспортного оборудования и схемами путевого развития (с учетом соблюдения необходимых зазоров). Для условий, когда применяется железнодорожный транспорт широкой колеи (думпкары, гондолы и промышленные электровозы), сечение выработки (тоннеля) регламентируется ГОСТами.

### **Способы вскрытия рабочих горизонтов карьера**

Вскрытие рабочих горизонтов осуществляется для обеспечения сформированных на уступах грузопотоков транспортными коммуникациями, позволяющими перемещать грузы с рабочих горизонтов до пунктов приема на поверхности или на промежуточных горизонтах. Вскрывающие выработки начинаются с поверхности или с уже вскрытого промежуточного рабочего горизонта и заканчиваются на отметке рабочей площадки вскрываемого горизонта.

*Способ вскрытия определяется рядом признаков, в первую очередь видом вскрывающих выработок.*

В отдельных случаях (использование башенных экскаваторов и кабельных кранов) разработка всего месторождения и перемещение карьерных грузов производятся без проведения вскрывающих выработок. Возможно создание транспортного доступа к отдельным рабочим горизонтам карьера и при отсутствии вскрывающих выработок: например, при перевозках вскрышных пород на погоризонтные отвалы карьеров нагорного или нагорно-глубинного вида, при использовании конвейеров, расположенных на нерабочем борту, и т. д. Такой способ вскрытия называется *бестраншейным*.

В большинстве случаев рабочие горизонты карьера вскрывают *капитальными траншеями или полутраншеями*. Реже осуществляется вскрытие *подземными выработками* (наклонными и вертикальными стволами, штольнями, тоннелями), а также *комбинированным способом*.

Траншеи, предназначенные для движения колесных транспортных средств (железнодорожный и автомобильный транспорт), должны быть *наклонными*; траншеи, оборудуемые подъемниками, - *крутыми*.

В зависимости от числа уступов (один, группа или все уступы карьера), обслуживаемых траншеями с общей трассой, различают соответственно *отдельные, групповые и общие траншеи* (см. табл. 11.1).

Внешние траншеи бывают стационарными или полустационарными. Внутренние траншеи могут быть стационарными (расположены на нерабочих бортах карьера), полустационарными, временными и скользящими. Временные и полустационарные внутренние траншеи на рабочих бортах карьера применяют для уменьшения объемов горно-капитальных работ и при перераспределении во времени объемов вскрышных работ.

Таблица 11.3. Классификация способов вскрытия

Признак способа вскрытия	Способ вскрытия		
	открытыми выработками (траншейными)	подземными выработками	комбинацией открытых и подземных выработок
Положение вскрывающих выработок относительно конечного контура карьера Стационарность выработок	Внешними, внутренними или смешанными траншеями и полутраншеями  Стационарными, полустационарными и временными (скользящими) траншеями или полутраншеями	Внешними, внутренними или смешанными  Стационарными	Внешними, внутренними или смешанными  Стационарными или комбинацией стационарных с полустационарными (временными)
Наклон выработок	Крутыми или наклонными траншеями и полутраншеями	Вертикальными, крутыми, наклонными или горизонтальными	Комбинацией вертикальных, крутых, наклонных или горизонтальных
Число обслуживаемых горизонтов	Отдельными, групповыми или общими траншеями и полутраншеями	Отдельными, групповыми или общими	Отдельными, групповыми или общими
Характер движения транспортных средств на уступе (поточное или маятниковое)	Одианными или парными траншеями и полутраншеями	Одианными или парными	Одианными или парными

На рабочем горизонте, вскрытом одной (одинарной) капитальной выработкой, чаще всего применяется маятниковое (возвратное) движение транспортных средств. Если рабочий горизонт вскрыт двумя выработками (грузовой и порожняковой), то обеспечивается сквозное движение транспортных средств на уступах и в этом случае повышается использование горного оборудования во времени, в результате чего компенсируется увеличение затрат на сооружение вскрывающих выработок. Такие выработки называют *парными*, они могут иметь внешнее или внутреннее заложение и состоять из пары отдельных, групповых или общих траншей или полутраншей. Соответственно выделяются *одинарные и парные трассы*. Парные траншеи и трассы применяют в основном в неглубоких карьерах с интенсивным грузооборотом.

В соответствии с указанными главными признаками разделения капитальных траншей в табл. 11.3 приводится классификация основных способов вскрытия, построенная на основе классификации проф. Е.Ф. Шешко. При вскрытии горизонтов, расположенных ниже господствующего уровня земной поверхности, продольный профиль капитальных траншей характеризуется подъемом в направлении движения груженых транспортных

средств, а при вскрытии горизонтов, расположенных выше господствующего уровня земной поверхности,— подъемом в направлении движения порожних транспортных сосудов. По расположению вскрывающих выработок относительно карьерного поля и залежи различают вскрытие *фланговыми и центральными* траншеями (или подземными выработками), вскрытие со стороны *лежащего или висячего бока залежи, а также с торца карьера*.

**Опорные слова:** *выработка, траншея, полутраншея, капитальная, разрезная, внешние, внутренние, отдельные, групповые, общие, парные, стационарные, скользящие (временные), наклонные, крутые, способ вскрытия, вскрытие подземными выработками, комбинированный способ.*

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как осуществляется вскрытие рабочих горизонтов?
2. Чем определяется скорость подвигания фронта работ?
3. Назовите признаки разделения капитальных траншей.
4. Какой способ вскрытия называется бестраншейным?
5. Назовите способы вскрытия.

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. *Краткий справочник по открытым горным работам*. М., «Недра», 1982.
2. *Открытые горные работы. Справочник*. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ*. М., «Недра», 1980, 631 с.

## Лекция 7

### Тема: Трассы вскрывающих выработок

#### План:

1. Трассы вскрывающих выработок.
2. Формы трасс капитальных выработок.

*Трасса траншеи* или другой выработки - это линия, положение которой в пространстве определяют план и профиль земляного полотна транспортного пути. Горизонтальная проекция трассы является *планом пути*, а вертикальная ее проекция - *продольным профилем пути*. Путь в плане состоит из прямолинейных и криволинейных участков, а в профиле - из горизонтальных и наклонных участков, а также сопрягающих участков между ними, обеспечивающих необходимую плавность переходов.

*Трассирование* заключается в установлении на плане и в профиле оси транспортного пути. Пункты, через которые должна проходить трасса, определяются совокупностью топографических, геологических, строительных и других факторов.

По положению трассы относительно контура карьера различают соответственно выработкам внешние, внутренние и смешанные трассы. По сроку службы различают стационарные, полустационарные и скользящие (временные) трассы; первые располагаются на нерабочих бортах карьера, вторые - на временно законсервированных участках рабочих бортов карьера, скользящие (временные) - на разрабатываемых участках рабочих бортов карьера.

Основанием для трассирования капитальных траншей является промежуточное или конечное положение бортов карьера, изображаемых на плане изолиниями одинаковых высотных отметок с интервалом, равным высоте уступа. Трасса внешних траншей проводится с поверхности до горизонтали, определяющей положение вскрываемого уступа; трасса внутренних траншей проходит по борту и пересекает горизонтали, ограничивающие уступы (рис. 12.1).

Обычно трассу вводят в контур карьера с его торца в пониженных местах рельефа поверхности, что упрощает трассирование внутри контуров карьерного поля и сокращает объем горно-строительных работ. При выборе положения трассы учитывают также необходимость обеспечения устойчивости тех участков бортов, где размещаются капитальные траншеи, возможность увеличения их срока службы, удобство размещения станций и отвалов на поверхности и подходов к отвалам, протяженность путей на поверхности, а также соединительных путей между траншеями и забойными путями в карьере и т. д.

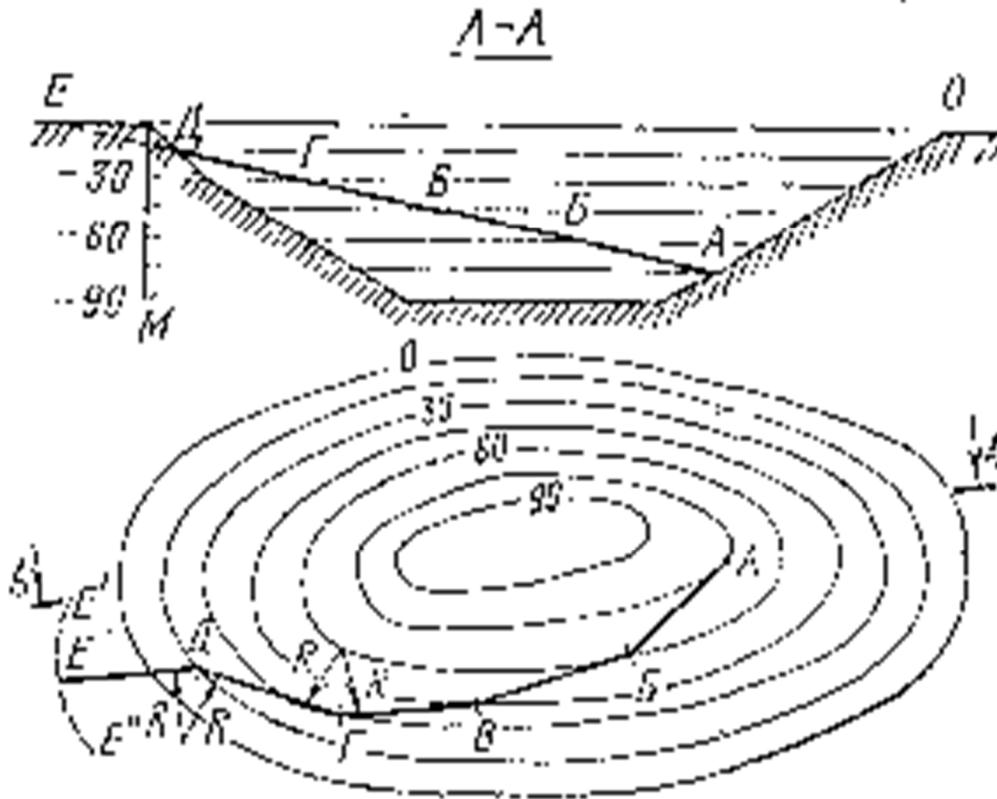


Рис. 12.1. Схема трассирования капитальных траншей:

А, Б, В, Г, Д - пункты примыкания трассы к горизонтам; Е - начало трассы)

Основными параметрами трассы являются величина руководящего подъема, разность высотных отметок начала и конца трассы, радиусы криволинейных участков, теоретическая и действительная длины трассы, число и конструкция пунктов примыкания горизонтальных путей к наклонным.

Теоретическая длина трассы  $L_T$  (м) определяется разностью высотных отметок  $H_0$  и  $H_x$ , через которые она проходит, и углом  $I$  наклона трассы к горизонту (градус):

$$L_T = (H_0 - H_x) / \text{tg } I = H / i_p,$$

где  $i_p$  - руководящий подъем (уклон) трассы.

Действительная длина трассы  $L_d$  (м) больше теоретической вследствие ее удлинения, вызываемого уменьшением угла наклона трассы на криволинейных участках и на участках примыкания траншей к рабочим горизонтам. Поэтому  $L_d = K_y L_T$ , где  $K_y$  - коэффициент удлинения трассы.

На криволинейных участках трассы при применении колесного транспорта сопротивление движению возрастает на величину  $\omega_k$  (Н/т) и необходимо смягчение подъема траншей до величины  $i_d = i_p - \omega_k/g$ , ‰. Величина  $\omega_k$  зависит от радиуса кривой  $R$ . Наименьший радиус кривой  $R_{\min}$  устанавливается в зависимости от конструктивной проходимости подвижного состава. Величина  $R_{\min}$  влияет на объем разноса бортов карьера, необходимый для укладки кривых, вследствие чего целесообразно в общем случае применять подвижной состав, допускающий наименьшие радиусы кривых.

При железнодорожном транспорте наименьшая длина элемента профиля (отрезка пути с неизменной величиной подъема) определяется из условия безопасного движения поездов. Постоянное движение обеспечивается, если поезд в любой момент времени проходит не более одного перелома профиля пути. Поэтому длина одного элемента профиля должна быть не меньше длины поезда.

### Формы трасс капитальных выработок

Форма трассы капитальной выработки в плане является *простой*, если трасса расположена на одном борту карьера и не меняет своего направления по всей длине. Трасса является *сложной*, если она состоит из двух или нескольких участков различного направления, соединенных между собой, или если она проходит по всем бортам карьера. Трассы внешних траншей всегда простые, внутренние траншеи имеют обычно сложные трассы.

Форма трассы в плане устанавливается в соответствии с размерами карьерного поля, руководящим подъемом и элементами профиля.

Если действительная длина трассы внутренних траншей не превышает протяженности карьера по простиранию на соответствующем горизонте  $L_k$ , то простая трасса полностью разместится на одном борту. Однако условие  $L_d = K_y H_k / i_p \leq L_k$  выполняется только при благоприятном соотношении протяженности карьерного поля  $L_k$  и глубины карьера  $H_k$  при данном руководящем подъеме  $i_p$  и коэффициенте удлинения трассы  $K_y$ .

Если  $L_d = K_y H_k / i_p > L_k$ , то при трассировании возможны следующие два случая.

1. Трассу располагают на одном борту карьера и изменяют ее направление с прямого на обратное столько раз  $n_1$ , сколько это необходимо для размещения трассы:

$$L_d = K_y H_k / i_p = n_1 L_k.$$

Величина  $n_1$  может быть целым или дробным числом. Прямые участки трассы соединяют при этом посредством тупиков или петель малого радиуса. Петлевое соединение (рис. 8.2, *а*) обычно применяют при автотранспорте, а тупиковое (рис. 8.2, *б*) - при железнодорожном транспорте.

Размещение всей трассы на одном борту карьера рационально при разработке залежи от лежачего к висячему боку и параллельном подвигании фронта. Однако наличие тупиков резко снижает провозную способность трассы, так как в тупиках изменяется направление движения поезда, что требует его торможения и остановки. Усложняется и организация движения. Поэтому тупиковые трассы не следует применять, по крайней мере, на группе верхних горизонтов карьера.

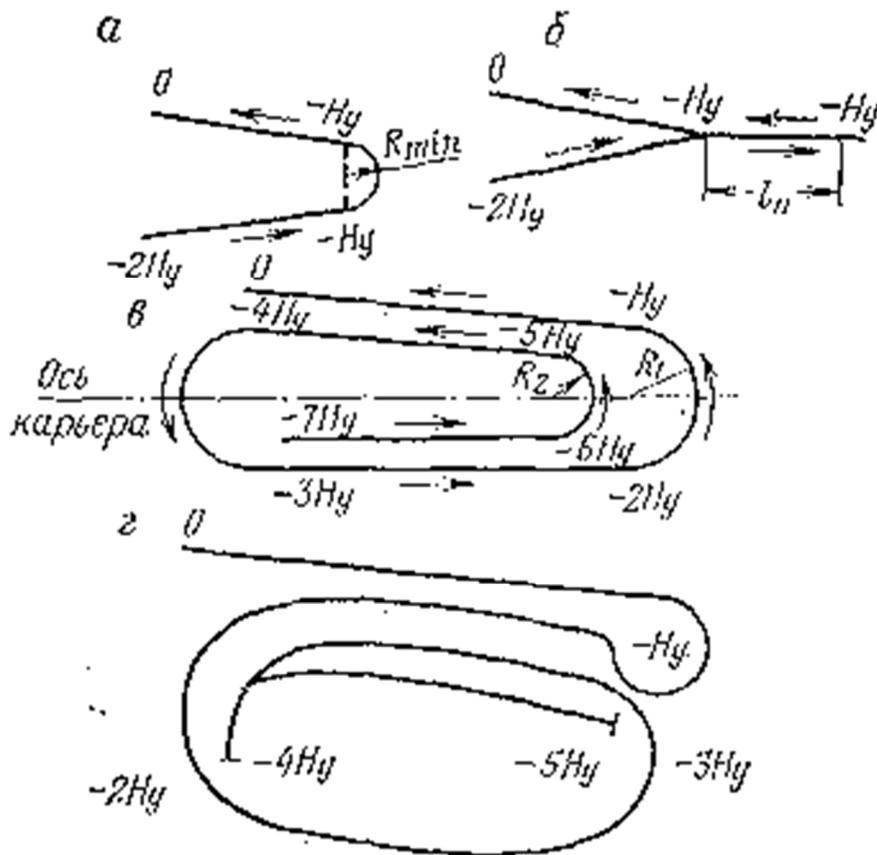


Рис. 12.2. Схемы трассы в плане:  
 $l_n$  – длина площадки примыкания

2. Трассу проводят с одного борта на другой столько раз  $n_2$ , сколько необходимо для ее размещения на соответствующих горизонтах бортов при средней протяженности их периметра  $P$ (м):

$$K_y H_k / i_p = n_2 P.$$

В этом случае трасса опоясывает карьер в виде спирали (рис. 8.2, в). Спиральная трасса включает криволинейные участки, которые располагаются на торцовых бортах карьера и обычно имеют большой радиус. Размещение кривых в этом случае не вызывает затруднений и, как правило, не требуется специально создавать полунасыпи или полувыемки.

Часто внутренняя трасса включает одновременно прямые, спиральные и тупиковые (петлевые) участки (рис. 12.2, г). При устройстве таких сложных трасс улучшаются условия вскрытия отдельных горизонтов, эффективность работы карьерного транспорта и применение рациональной системы разработки.

Внутренняя трасса является непосредственным продолжением внешней. Такую смешанную трассу обычно применяют для вскрытия в глубоких карьерах: несколько верхних горизонтов вскрываются с использованием внешней трассы, а к нижележащим горизонтам карьера подводится внутренняя трасса.

Углубление трассы внутренних капитальных траншей определяется через среднюю величину ее уклона и действительную длину.

Простую трассу применяют при разработке месторождений, имеющих значительное простираие при небольшой глубине карьера, а тупиковую — при относительно небольших размерах месторождения по простираию, особенно при крутом падении, когда размеры

карьера вкрест простирания невелики. Петлевою трассу создают при вскрытии внутренними траншеями, если используется автотранспорт, и, когда это возможно, при железнодорожном транспорте. Спиральную трассу устраивают, если применение петлевой или тупиковой трассы невозможно или нерационально по условиям залегания рудных тел, разноса бортов, требуемой провозной способности, эффективности работы карьерного транспорта. Переустройство, железнодорожных путей при спиральной трассе весьма затруднено и поэтому она в этом случае должна быть стационарной. При автомобильном транспорте периодическое переустройство автодорог вполне допустимо.

**Опорные слова:** трасса траншеи, план пути, продольный профиль пути, трассирование, основание для трассирования, теоретическая длина трассы, действительная длина трассы, простая, сложная, смешанная.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется трассой траншеи?
2. В чем заключается трассирование пути?
3. Какая трасса называется простой?
4. Какая трасса называется сложной?
5. В каких случаях применяют смешанные трассы?

**Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.

## Лекция 8

**Тема:** Разделение карьерного поля на выемочные слои. Высота и устойчивость уступов.

### План:

1. Горизонтальные выемочные слои.
2. Наклонные выемочные слои.
3. Влияние высоты уступа на ряд общекарьерных показателей.
4. Устойчивость откоса уступа.

Открытые горные работы характеризуются определенным порядком выемки и перемещения полезного ископаемого, покрывающих и вмещающих пород. Для планомерной разработки пород и рационального использования оборудования карьерное поле разделяют на отдельные *выемочные слои*, в большинстве случаев *горизонтальные* (см. рис. 2.2). Выемку слоев производят последовательно сверху вниз, независимо от направления напластования пород.

Возможное число слоев зависит от глубины и размеров карьера в плане. Мощность слоев по глубине карьера может быть различной. При одновременной отработке слоев формируются уступы.

Число уступов по залежи в профиле карьерного поля зависит от мощности залежи (рис. 5.1), угла ее падения, трудности разработки пород, применяемых выемочно-погрузочных и транспортных средств.

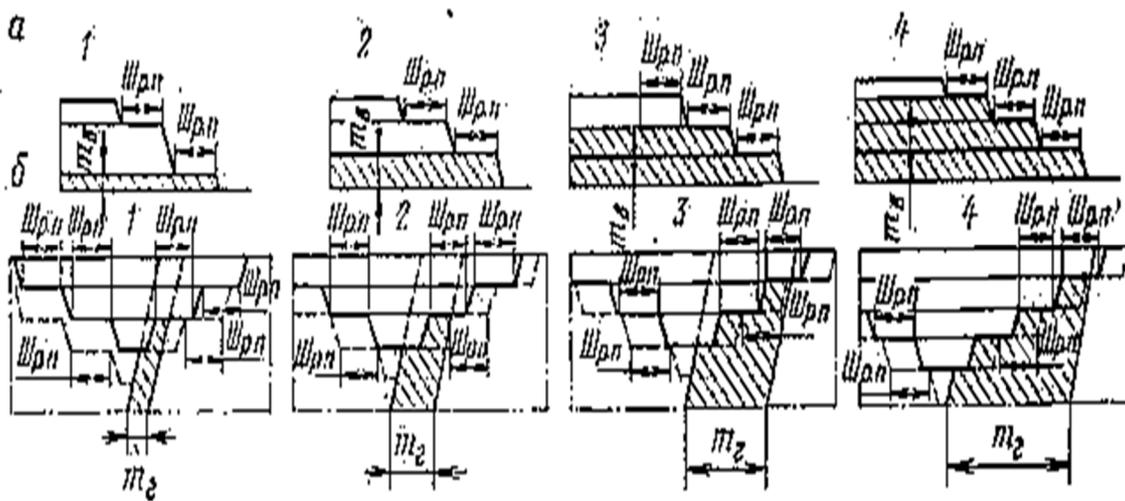


Рис. 5.1. Схемы залежей полезного ископаемого:

а - горизонтальных; б - наклонных и крутых; 1, 2, 3 и 4 - соответственно залежи весьма малой, малой, средней мощности и мощные; Ш<sub>рп</sub> - ширина рабочей площадки уступа.

Залежи весьма малой мощности отработывают одним уступом; при этом горизонтальные залежи с вертикальной мощностью  $m_b \leq 2 \div 3$  м неэффективно разрабатывать одноковшовыми экскаваторами, а при наклонных и крутых залежах с горизонтальной мощностью  $m_r \leq 20 \div 40$  м нарезка нового уступа связана не только с полной выемкой полезного ископаемого на вышележащем горизонте, но и с дополнительным подвиганием уступа по вмещающим породам (рис. 5.1, а, 1 и б, 1). Выемка полезного ископаемого из горизонтальных залежей малой мощности ( $m_b = 4 \div 20$  м) производится одним уступом нормальной высоты, а

при наклонных и крутых залежах ( $m_r = 20 \div 40$  м) нарезка очередного уступа возможна после выемки залежи на вышерасположенном горизонте (рис. 5.1, а, 2 и б, 2). Залежи средней мощности ( $m_b = 15 \div 40$  м,  $m_r = 50 \div 120$  м) в одном профиле карьера можно одновременно разрабатывать двумя уступами (рис. 5.1, а, 3 и б, 3). Мощные залежи ( $m_b > 20 \div 40$  м,  $m_r > 80 \div 150$  м) разрабатывают тремя или более уступами или подступами.

Иногда при пологих и наклонных залежах разработку ведут *наклонными слоями* (уступами) различной мощности (в зависимости от мощности пластов) по напластованию пород (рис. 5.2, а). Отдельные пласты разрабатывают последовательно, с опережением. В редких случаях разработку производят *крутыми* (более  $25-30^\circ$ ) *слоями*, начиная от середины карьерного поля к его границам (рис. 5.2, б). Такая выемка возможна только при разработке крутых залежей и однородных каменных массивов. Она позволяет в устойчивых массивах обеспечить более крутые в данных условиях откосы рабочих бортов карьера и сократить текущие объемы вскрышных работ. Однако при такой выемке существенно усложняются вскрытие горизонтов и транспортирование горной массы.

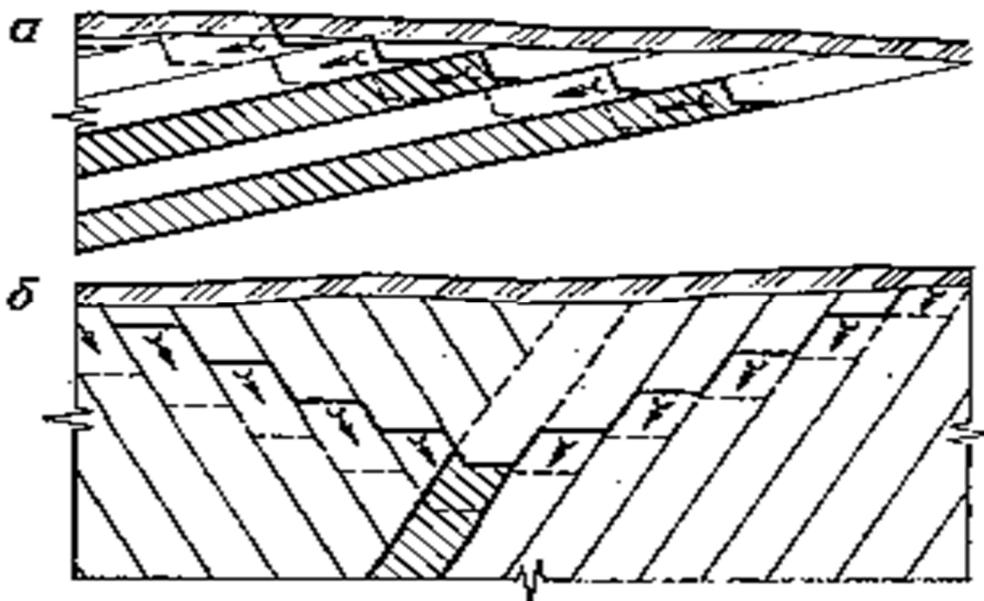


Рис. 5.2. Схемы разработки залежей наклонными и крутыми слоями.

Уступ является одним из важнейших элементов открытой разработки. Рациональной является такая высота уступа, при которой в данных условиях обеспечиваются: безопасность горных работ, высокая производительность оборудования, минимальные объемы вспомогательных работ, установленные годовые объемы добычных и вскрышных работ и минимальные затраты на них.

Высота уступа непосредственно влияет на ряд общекарьерных показателей: качество добываемого полезного ископаемого; скорость подвигания фронта; темп углубления горных работ и, следовательно, производственную мощность карьера; срок строительства карьера; объем горно-капитальных работ; общую протяженность фронта работ, внутрикарьерных путей и дорог; угол откоса рабочих и нерабочих бортов.

Рациональная высота уступов не может быть установлена по какому-либо одному фактору; она должна выбираться на основе определения совокупного влияния всех перечисленных выше факторов в конкретных природных условиях и с обязательным учетом

возможностей вскрытия рабочих горизонтов. Аналитические методы определения высоты уступа не могут учитывать всей совокупности этих факторов. Безопасность ведения горных работ является основным требованием.

*При разработке горизонтальных и пологих залежей* мощность залежей и покрывающих пород обычно предопределяет высоту и число уступов. При чередовании горизонтальных и пологих пластов высоту уступа определяют в зависимости от мощности отдельных пластов и залегающих между ними слоев пустых пород с учетом обеспечения необходимого качества полезного ископаемого.

Устойчивость откосов в мягких породах имеет решающее значение. В таких породах, согласно Правилам безопасности, высота уступа не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора; в противном случае в верхней части уступа остаются «козырьки», «нависи» и возможно обрушение пород.

*При разработке наклонных и крутопадающих залежей*, представленных преимущественно скальными и полускальными породами, высота уступа определяется в основном показателями технологических процессов, потерь и разубоживания полезного ископаемого, требуемой производственной мощностью карьера и условиями вскрытия рабочих горизонтов. Затраты на подготовку скальных пород к выемке и на транспортирование взорванных пород снижаются с увеличением высоты уступа. Минимальные затраты на экскавацию взорванных пород соответствуют высоте уступа 15—20 м.

В то же время, согласно Правилам технической эксплуатации (ПТЭ), высота уступа в скальных и полускальных породах не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора более чем в 1,5 раза (табл. 5.1) при условии, что высота развала не будет превышать: при одно- и двухрядном взрывании — максимальной высоты черпания экскаватора, а при многорядном взрывании — полуторной максимальной высоты черпания. При экскавации взорванных пород из таких развалов должны приниматься дополнительные меры по предотвращению образования «козырьков» и «нависей». Лишь в породах I и II категорий трещиноватости при нормальном и увеличенном расходе ВВ и наклонном бурении скважин, когда взорванные породы будут находиться в сыпучем состоянии, с разрешения органов Госгортехнадзора допускается высота уступа  $H_y > 1,5 H_{ч.макс}$ .

Таблица 5.1

Максимальная высота уступов в скальных и полускальных породах при выемке мехлопатами карьерного типа

Экскаватор	Максимальная высота черпания экскаватора, м	Максимальная высота уступа, м
ЭКГ-2	8,5	12,5
ЭКГ-3,2	10,0	14,5
ЭКГ-5	11,0	16,5
ЭКГ-8	12,5	19,0
ЭКГ-12,5	15,6	23,5
ЭКГ-20	18,0	27,0

В тех случаях, когда выемка производится экскаваторами с удлиненным рабочим оборудованием с верхней погрузкой, высота уступа должна соответствовать параметрам

проходческого оборудования (табл. 5.2).

При разработке сложных месторождений потери и разубоживание полезного ископаемого практически прямо пропорциональны высоте добычного уступа. Поэтому целесообразно по экономическим условиям при раздельной выемке полезного ископаемого, особенно при пологих залежах, принимать высоту добычных уступов не более 10—12 м и применять экскаваторы карьерного типа с емкостью ковша 3—5 м<sup>3</sup>.

Таблица 5.2

Максимальная высота уступа при выемке мехлопатами с удлиненным рабочим оборудованием с верхней погрузкой

Экскаватор	Высота уступа (м) в породах		
	мягких *	полускальных **	скальных ***
ЭКГ-2у	5	7	10
ЭКГ-3,2у	5,5	8	9
ЭКГ-4у	8	13	13
ЭКГ-6,3у	13	18	19

\* Угол устойчивого откоса уступа 34°.

\*\* То же, 45°.

\*\*\* То же, 70°.

Скорость проведения траншей примерно обратно пропорциональна высоте уступа. От этой скорости зависит темп углубления горных работ. Чем больше высота уступа, тем меньше возможная производственная мощность карьера по полезному ископаемому. Это положение особенно важно в первый период работы карьера.

Вместе с тем необходимые объемы вскрышных работ уменьшаются с увеличением высоты уступа в результате сокращения числа рабочих уступов и увеличения угла откоса рабочего борта карьера. При этом уменьшаются также требуемая скорость подвигания и длина добычного фронта. Поэтому при разработке залежей простого строения в средней зоне карьера (по глубине) иногда целесообразно увеличение высоты уступа.

Из опыта ведения открытых работ при разработке наклонных и крутых залежей простого строения установлено, что оптимальная высота уступа при использовании экскаваторов с  $E = 3 - 5 \text{ м}^3$  составляет 12 - 15 м и 17 - 20 м для экскаваторов с  $E = 8 - 12,5 \text{ м}^3$ . При многорядном взрывании вертикальных скважинных зарядов в породах III—V категорий трещиноватости часто по условиям безопасности  $H_y = H_{ч.маx} + h$  ( $h = 1 \div 3 \text{ м}$ ).

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых очень важно обеспечить устойчивость уступов и не допускать их деформаций в течение всего периода строительства и эксплуатации карьера.

Из многих факторов, от которых зависит устойчивость откосов, определяющей является группа геологических факторов (состав, состояние, строение и свойства горных пород). Они определяют условия деформации массива и выбор расчетных схем устойчивости откосов, характер противодеформационных мероприятий и величины расчетных показателей.

Из группы гидрогеологических факторов основным является влияние подземных вод, изменяющих свойства массива (вследствие выщелачивания трещиноватых карбонатных пород, набухания глинистых пород и др.) и его напряженное состояние; под действием

гидростатических и гидродинамических сил может происходить фильтрационное разрушение откосов (оплывание и суффозия). Обводненность контактных зон и структурных нарушений приводит к деформациям откосов (в результате снижения прочности пород на контактах) и внезапному прорыву вод.

Третью группу составляют *технологические факторы*.

Необходимо учитывать, что параметры вскрывающих выработок, положение их относительно контура карьера и срок службы определяют интенсивность развития в массиве реологических процессов и выветривания пород, развитие в массиве деформационных процессов (подрезка контактов слоев или нарушений и др.). При высокой скорости подвигания фронта горных работ в массиве не успевают развиваться деформационные и реологические процессы, что позволяет придавать откосам рабочих уступов более крутые углы наклона. Размещение отвалов в выработанном пространстве увеличивает сопротивление сдвигающим усилиям прибортового массива пород.

Борта карьеров могут иметь участки вогнутой, выпуклой и прямолинейной формы в плане. Установлено, что, при прочих равных условиях, откосы, имеющие в плане вогнутую форму, более устойчивы, чем плоские.

Взрывные работы обуславливают сейсмический эффект, образование и развитие в приоткосном массиве уступа трещиноватости и зон пониженной прочности, а также неустойчивой поверхности самого откоса уступа. Для снижения вредного воздействия взрывов *при постановке уступов в конечное положение* необходимо: изменять параметры буровзрывных работ; применять (с учетом конкретной обстановки) короткозамедленное взрывание скважинных зарядов необходимого диаметра и контурное взрывание, заряды с инертными сердечниками; располагать ряды скважин под углом 60—90° к контуру борта; применять экранирующие врубы; использовать искусственное укрепление уступов; вводить в расчеты повышенный коэффициент запаса устойчивости.

Различают краткосрочную и долгосрочную устойчивость откосов, которыми должны обладать соответственно рабочие и нерабочие уступы. Коэффициент запаса устойчивости рабочих уступов  $\eta_y = 1,15 \div 1,2$ , а нерабочих в глинистых и трещиноватых скальных и полускальных породах  $\eta_y = 1,5 \div 2$ .

При предварительном выборе углов откосов рабочих и нерабочих уступов целесообразно пользоваться данными, приведенными в табл. 5.3. Для уточнения значений углов, особенно при неустойчивых породах или неблагоприятном залегании поверхностей ослабления, необходимо проводить натурные исследования и расчеты устойчивости откосов.

## Углы откосов уступов

Группа пород	Характеристика породного массива	Высота одиночного уступа, м	Угол откоса уступа, градус		
			рабочего	нерабочего	
				одиночного	сдвоенного или строенного
Скальные породы, $\sigma_{сж} > 8 \times 10^7$ Па	Весьма крепкие осадочные, метаморфические и изверженные породы	15—20	До 90	70—75	65—70
	Крепкие малотрещиноватые и слабыветрелые осадочные, метаморфические и изверженные породы	15—20	До 80	60—75	55—60
	Крепкие трещиноватые и слабыветрелые осадочные, метаморфические и изверженные породы	15—20	До 75	55—60	50—55
Малопрочные скальные, полускальные породы, $\sigma_{сж} = 8 \cdot 10^6 \div 8 \cdot 10^7$ Па	Осадочные, метаморфические и изверженные породы зоны выветривания, относительно устойчивые в откосах известняка, песчаники, алевролиты и другие осадочные породы с кремнистым цементом, конгломераты, гнейсы, порфириды, граниты, туфы	10—15	70—75	50—55	45—50
	Значительно выветрелые осадочные, метаморфические и изверженные породы и все породы, интенсивно выветривающиеся в откосах (аргиллиты, алевролиты, сланцы и др.)	10—15	60—70	35—45	35—40
Мягкие и сыпучие породы, $\sigma_{сж} < 8 \times 10^6$ Па	Глинистые породы, а также полностью дезинтегрированные разности всех пород	10—15	50—60	40—45	35—40
	Песчано-глинистые породы	10—15	40—50	35—45	30—40
	Песчано-гравийные породы	10—15	До 40	30—40	25—35

Примечание. При падении слоев, рассланцованных толщ. тектонических трещин и других поверхностей ослабления в сторону карьера под углом 30—65° (если трещины заполнены глиной, то под углами более 25°) угол откоса уступа должен соответствовать углу падения этих поверхностей ослабления, но быть не более приведенных в таблице.

Ширина призмы (м) возможного обрушения уступа (рис. 5.1) при отсутствии поверхностей ослабления может быть определена в зависимости от угла откоса и прочности пород по формуле

$$Z = \frac{2H_y \left[ 1 - ctg \alpha tg \left( \frac{\alpha + \rho}{2} \right) \right] - 2H_{90}}{ctg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) + tg \left( \frac{\alpha + \rho}{2} \right)},$$

где  $\alpha$  — угол откоса уступа, градус;  $\rho$  — угол внутреннего трения породы, градус;  $H_{90}$  — высота вертикальной трещины отрыва, м,

$$H_{90} = \frac{2K}{\gamma g} \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\rho}{2} \right),$$

$K$  — сцепление породы, Па;  $\gamma$  — плотность породы, кг/м<sup>3</sup>.

В зависимости от структуры массива горных пород величина  $Z$  составляет (по Г. Л. Фисенко):

(0,1 ÷ 0,2)  $H_y$  — при падении поверхностей ослабления в сторону массива (рис. 11.1, а);

(0,25 ÷ 0,3)  $H_y$  — при крутом и наклонном падении поверхностей ослабления в сторону выработанного пространства (рис. 5.1, б);

(0,3 ÷ 0,4)  $H_y$  — при горизонтальном залегании или пологом падении поверхностей ослабления в сторону выработанного пространства (рис. 11.1, в).

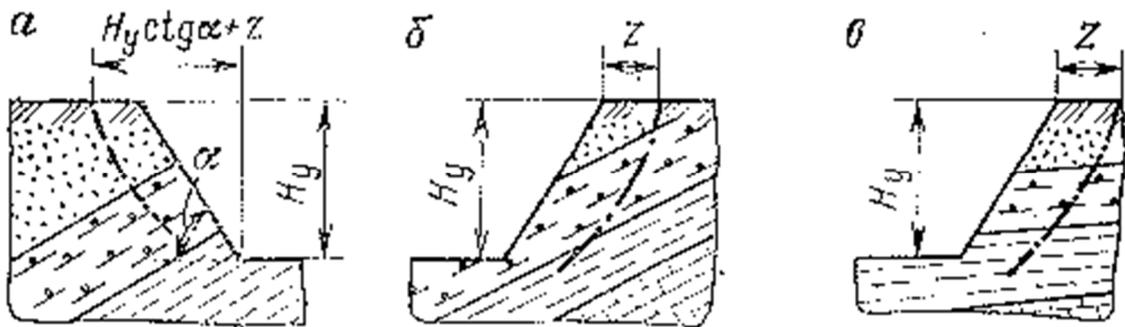


Рис. 5.1. Схемы к определению ширины призмы возможного обрушения пород уступа.

**Опорные слова:** выемочные слои, горизонтальные, наклонные, крутые, выемка слоев, число слоев, одновременная отработка слоев, мощность залежи, залежи весьма малой, малой, средней мощности и мощные, ширина рабочей площадки уступа, элемент открытой разработки, рациональная высота, фактор, аналитические методы определения высоты уступа, разработка горизонтальных и пологих залежей,

#### Контрольные вопросы:

1. Почему карьерное поле разделяют на выемочные слои?
2. Какие слои называются горизонтальными?
3. Какие слои называются наклонными?
4. Чему равен угол наклона у крутых слоев?
5. Сколькими уступа отработывают залежи весьма малой мощности?
6. Какая высота уступа считается рациональной?
7. Какой должна быть высота уступа при разработке мягких горных пород?
8. Какой должна быть высота уступа при разработке скальных и полускальных горных пород?
9. От каких факторов зависит устойчивость откосов уступа?

#### Литература:

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий

*К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.*

*3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.*

*4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.*

*5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.*

*6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.*

*7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.*

## Лекция 9

**Тема:** Основные понятия о фронте горных работ

### **План:**

1. Фронт горных работ по расположению и по структуре.
2. Фронт горных работ по направлению перемещения горной массы.
3. Фронт горных работ по погрузке горной массы и по числу транспортных грузовых выходов.

Направление развития горных работ на уступе выбирается не произвольно. Место расположения разрезной траншеи (котлована) должно соответствовать проектному плану горных работ с тем, чтобы обеспечивались необходимое число вскрышных и добычных забоев в эксплуатационный период разработки слоя, плановость вскрышных и добычных работ.

Фронт работ уступа различается по следующим признакам:

1. *По расположению.*

Фронт работ расположен вдоль длинной оси карьерного поля (рис. 6.1, *г, д, е, и* и 6.2, *а*). Достигается значительная протяженность фронта работ и транспортных коммуникаций, а скорость его подвигания небольшая (30—60 м/год). Создаются благоприятные условия для раздельной выемки полезного ископаемого различных сортов, имеются большие резервы повышения интенсивности разработки месторождения и мощности карьера. Такое расположение фронта обуславливает большой объем горно-капитальных работ при строительстве карьера. Оно целесообразно и распространено в тех случаях, когда мощность пород, покрывающих залежь, сравнительно невелика.

Фронт работ расположен вдоль короткой оси карьерного поля (рис. 6.1, *а, б, в, ж* и 6.2, *б*). Протяженность фронта работ и транспортных коммуникаций невелика, а скорость его подвигания достигает 70—300 м/год. Резервы увеличения производственной мощности карьера, возможности раздельной выемки и создания больших вскрытых запасов полезного ископаемого малы. Такое расположение фронта обеспечивает относительно небольшие объемы горно-капитальных работ, но усложняет вскрытие горизонтов и эксплуатацию транспортных коммуникаций из-за необходимости частых реконструкций. Оно распространено при мощной толще покрывающих пород, а также при разработке мощных крутых месторождений с использованием мобильных средств транспорта.

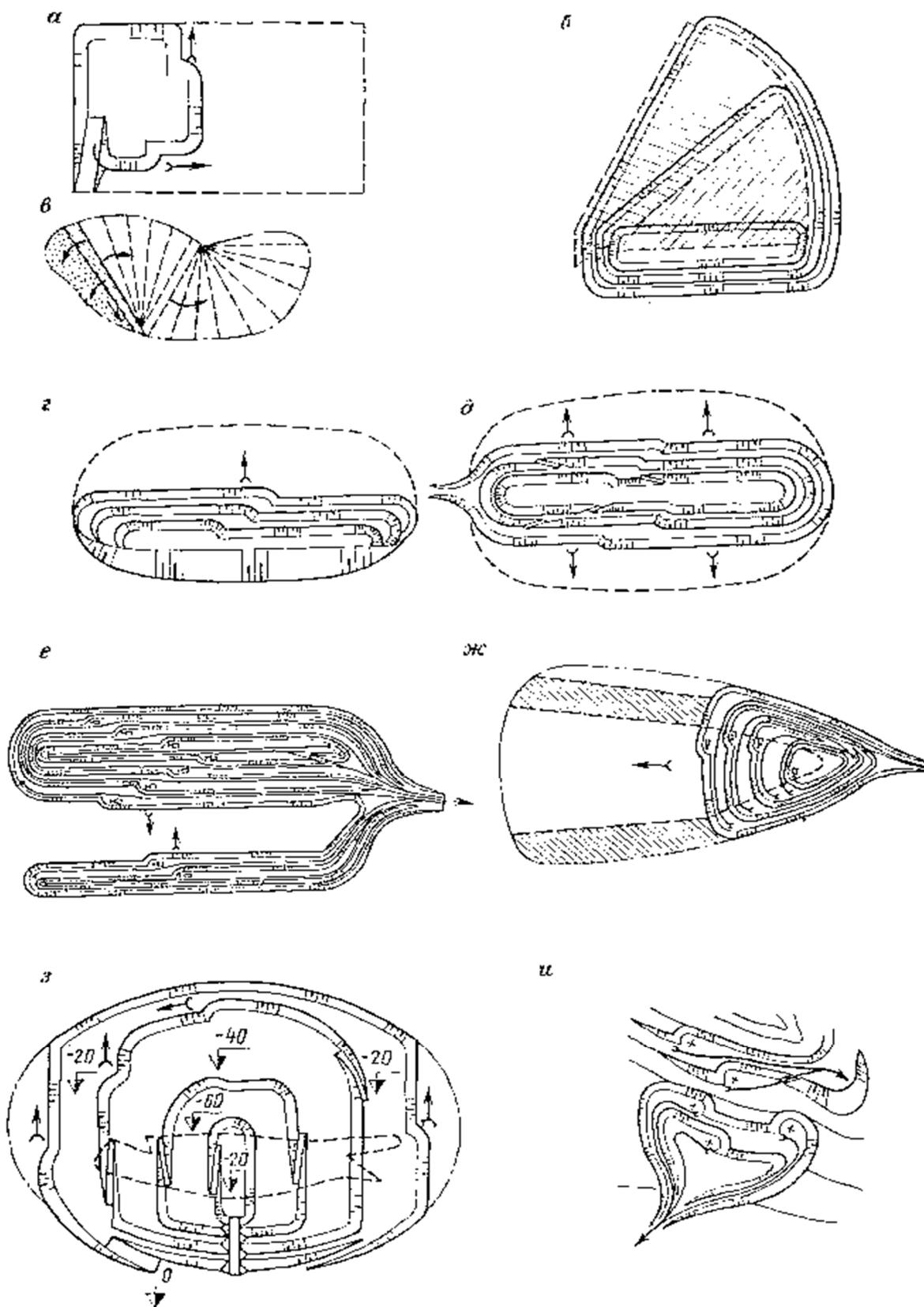


Рис. 6.1. Схемы различных вариантов направления развития горных работ (стрелками указываются направления подвигания отдельных забоев и рабочих бортов карьеров).

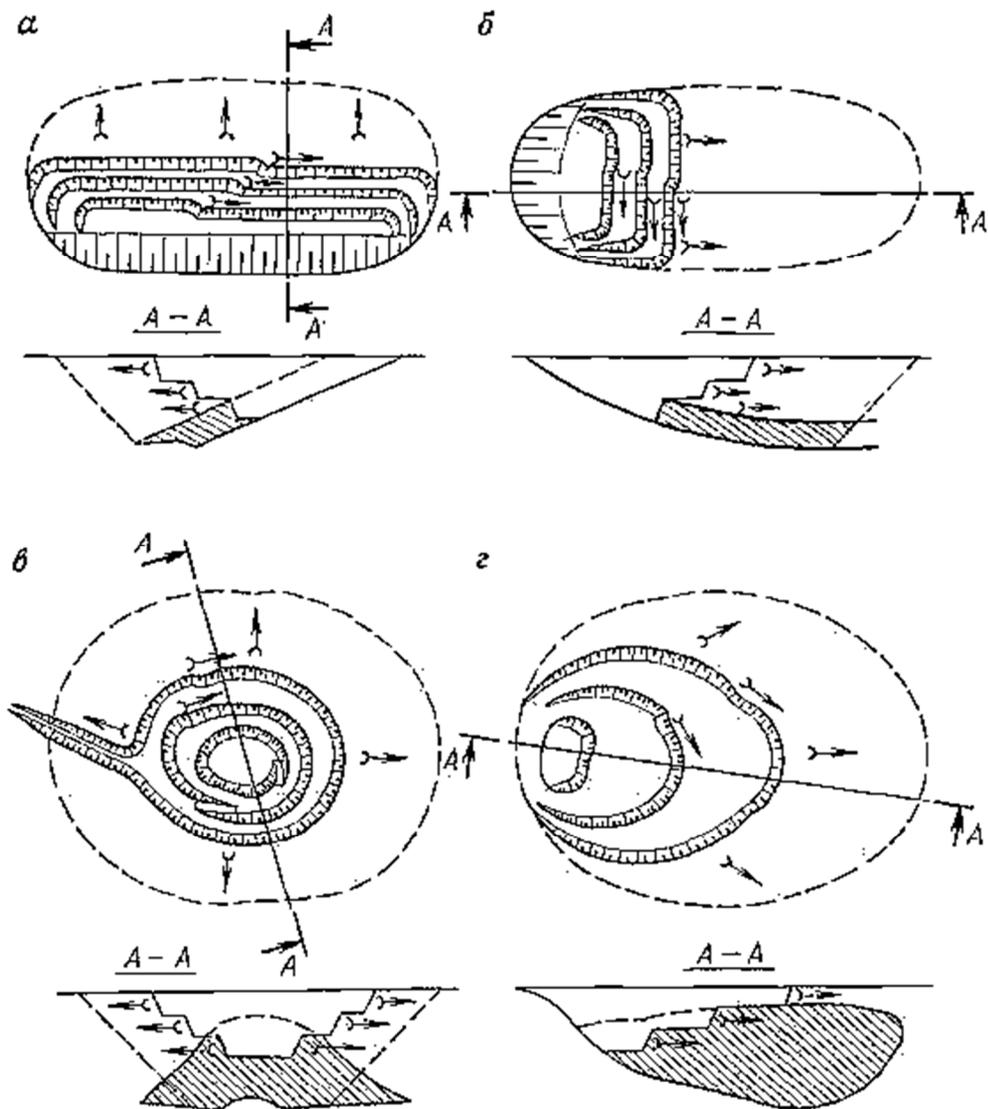


Рис. 6.2. Схемы развития горных работ:  
 а, б, в и г — фронт работ расположен соответственно вдоль длинной оси карьера, вдоль короткой оси, concentрически и по эллипсу

Фронт работ расположен concentрически (см. рис. 6.2, в) или по эллипсу (рис. 6.1, з и 6.2, г). Протяженность фронта, транспортных коммуникаций и число забоев на разных этапах развития работ на уступе различны. Такое расположение фронта обеспечивает минимальные объемы горно-капитальных и подготовительных работ при нарезке новых уступов и высокий темп углубления горных работ. Однако при этом неизбежны периодические изменения положения вскрывающих выработок. Возможности увеличения производственной мощности карьера обычно ограничены.

## 2. По структуре.

Однородный фронт работ — если он сложен только вскрывными породами или только полезным ископаемым одного сорта. При этом осуществляется валовая выемка горной массы. Однородный фронт может быть сплошным (рис. 6.3, а) и разделенным на блоки с независимыми забоями (рис. 6.3, б и в). Деление на блоки обусловлено необходимостью размещения на уступе необходимого числа экскаваторов и других технических средств. Экономически эффективна установка на уступе одного мощного экскаватора. Однако при

больших объемах работ и отсутствии экскаваторов требуемой мощности необходимо на уступе размещать два и даже три экскаватора.

Разнородный фронт работ — если в его пределах чередуются блоки пустых пород, полезного ископаемого и его различных сортов (рис. 6.3, з). Выемка в забоях при разнородном фронте — валовая. Деление на блоки (с использованием двух или трех экскаваторов), как правило, обязательно для обеспечения непрерывной добычи полезного ископаемого.

Сложноразнородный фронт работ — когда в его пределах практически невозможно выделить блоки только с пустыми породами или только с полезным ископаемым одного сорта (рис. 6.3, з). В этом случае ведут раздельную выемку горной массы.

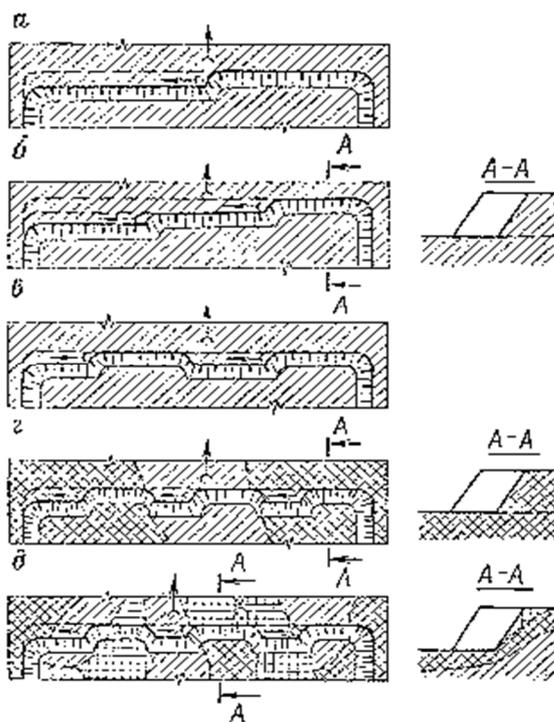


Рис. 6.3. Схемы разделения фронта работ уступа по структуре.

### 3. По направлению перемещения горной массы.

Фронт работ с поперечным перемещением горной массы — при складировании вскрышных пород в выработанном пространстве с применением вскрышных экскаваторов и транспортно-отвальных агрегатов (рис. 6.4, а), а также при выемке породы бульдозерами или скреперами, фронтальным забоем и перемещении ее по кратчайшему расстоянию во внутренний или внешний отвал (рис. 6.4, б).

Фронт работ с продольным перемещением горной массы — при перемещении ее из забоев с применением карьерного транспорта (рис. 6.4, в).

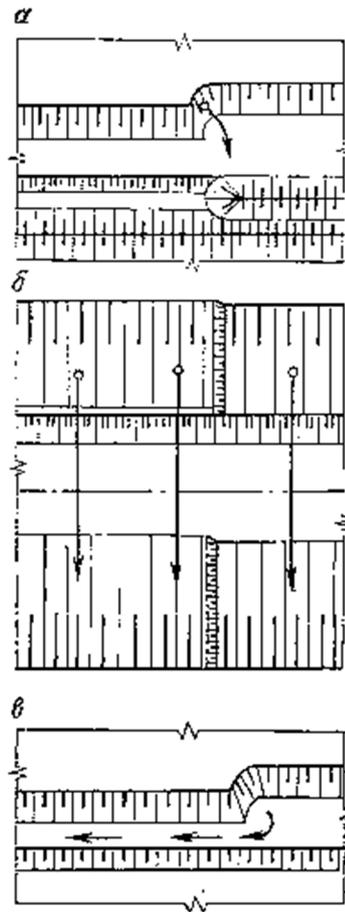


Рис. 6.4. Схемы перемещения горной массы относительно фронта работ уступа

#### 4. По погрузке горной массы.

Нижняя погрузка горной массы на горизонте установки выемочно-погрузочного оборудования (рис. 6.5, а) широко распространена и обеспечивает наиболее экономичное и производительное использование каждого участка фронта горных работ уступа.

Верхняя погрузка горной массы (рис. 6.5, б) необходима и целесообразна в тех случаях, когда затруднительно или невыгодно устройство транспортных коммуникаций на почве разрабатываемого уступа, — при проведении траншеи, небольших объемах работ на горизонте и т. п.

Верхняя экскаваторная перевалка горной массы (рис. 6.5, в) характеризуется тем, что порода или полезное ископаемое складировается экскаватором на верхнюю площадку уступа и затем другим экскаватором грузится в транспортные средства. Такая схема применяется в частных случаях, например при доработке нижних горизонтов глубоких карьеров, на косогорах при небольшом объеме работ, при использовании гидротранспорта, драглайнов и др.

Нижняя экскаваторная перевалка горной массы (рис. 6.5, г) характеризуется перемещением породы или полезного ископаемого экскаватором на нижележащий горизонт и погрузкой ее другим экскаватором в транспортные средства. Применение такой схемы целесообразно на косогорах, для уменьшения высоты уступа, при небольших объемах работ, для улучшения условий работы транспорта и т.п.

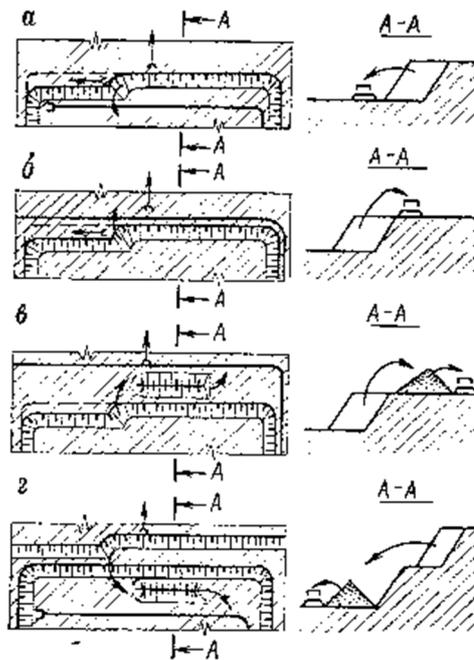


Рис. 6.5. Схемы погрузки горной массы на уступе.

##### 5. По числу транспортных грузовых выходов.

Одинарный фронт — если он имеет один грузовой транспортный выход с уступа (рис. 6.6, а, б и в). Такой фронт типичен для большинства карьеров при использовании различного горного и транспортного оборудования.

Сдвоенный фронт — если он имеет два грузовых транспортных выхода с уступа (рис. 6.6, г, д). Фронт такой конструкции представляет собой два одинарных фронта и может быть использован при большой протяженности карьеров поверхностного вида, а также для группы верхних уступов мощных карьеров глубинного вида.

В редких случаях возможен строенный фронт (рис. 6.6, е).

Тупиковый фронт (с возвратным движением транспорта) — если одинарный фронт на уступе имеет один общий транспортный выход, служащий для подачи порожних железнодорожных составов или автомобилей и для выдачи грузов (рис. 6.6, а, в, г, д и е). Тупиковый фронт получил наибольшее распространение при всех видах карьерного транспорта.

Сквозной фронт (с поточным движением транспорта) — если одинарный фронт на уступе имеет два и больше специализированных транспортных выхода: отдельно для подачи порожняка и отдельно для грузов (рис. 6.5, б). Сдвоенный тупиковый фронт также периодически может использоваться как одинарный сквозной фронт (см. рис. 6.6, г), а строенный тупиковый фронт — как сдвоенный сквозной фронт (см. рис. 6.6, е).

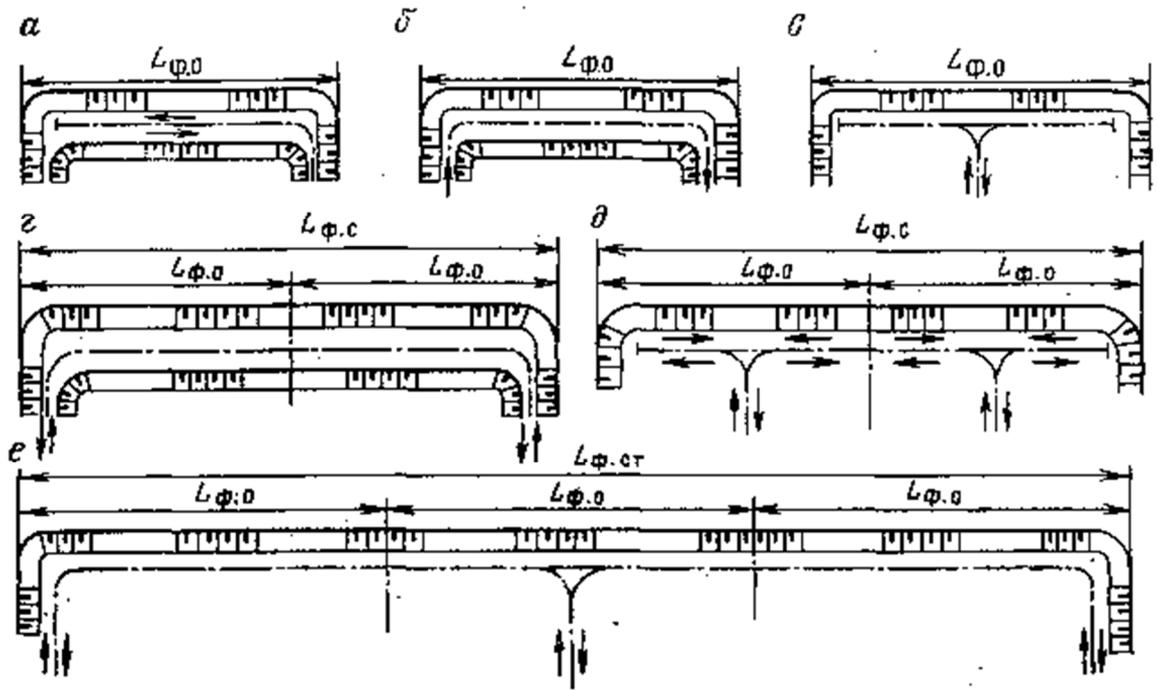


Рис. 6.6. Схемы конструкций фронта горных работ:  
 $L_{ф.о}$ ,  $L_{ф.с}$  и  $L_{ф.ст}$  – длина фронта работ соответственно одинарного, сдвоенного и строенного.

*б. По характеру движения транспортных средств:*

а) тупиковый фронт, с возвратным движением транспорта, - если одинарный фронт на уступе имеет один общий транспортный выход, служащий для подачи порожних железнодорожных составов или автомобилей и для выдачи грузов (рис. 6.6, а, в, г, д, е). Тупиковый фронт получил наибольшее распространение при всех видах карьерного транспорта.

б) Сквозной фронт, с поточным движением транспорта, - если одинарный фронт уступа имеет два и больше специализированных транспортных выхода: отдельно для подачи порожняка и отдельно для грузов (рис. 6.6, б). Сдвоенный тупиковый фронт также периодически может использоваться как одинарный сквозной фронт (см. рис. 6.6, г), а строенный тупиковый фронт – как сдвоенный сквозной фронт (см. рис. 6.6, е).

*7. По положению транспортного выхода.*

Фланговый фронт — если транспортный выход расположен на фланге фронта уступа (рис. 6.6, а, б и г); применяется при вскрытии рабочих горизонтов стационарными выработками.

Центральный фронт — если транспортный выход расположен в пределах фронта (рис. 6.6, в и д). Такой фронт применяется при расположении вскрывающих выработок на рабочем борту карьера и на добычном уступе при разработке горизонтальных или пологих залежей.

Перечисленные характеристики фронта работ уступа служат основанием для правильного выбора системы, разработки, вскрытия и применения технических средств.

**Опорные слова:** признаки, вдоль длинной оси, вдоль короткой оси, концентрически, однородный фронт, разнородный, сложноразнородный, с поперечным перемещением горной массы, с продольным перемещением горной массы, нижняя погрузка, верхняя погрузка,

одинарный фронт, сдвоенный фронт, тупиковый, сквозной, фланговый, центральный.

**Контрольные вопросы:**

1. По каким признакам различается фронт горных работ?
2. Каким может быть фронт работ по расположению?
3. Каким может быть фронт работ по структуре?
4. Каким может быть фронт работ по направлению перемещения горной массы?
5. Каким может быть фронт работ по положению транспортного выхода?

**Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 10

**Тема:** Направления перемещения фронта работ. Протяженность и скорость подвигания фронта работ.

### Направления перемещения фронта работ

Уступ, как правило, делится на панели вдоль фронта работ (рис. 7.1). Панели могут быть одновременно и заходками. На уступе могут одновременно обрабатываться одна или несколько панелей. По мере обработки панелей перемещается рабочий фронт уступа. После обработки панели необходимо перемонтировать транспортные коммуникации, расположенные вдоль фронта работ.

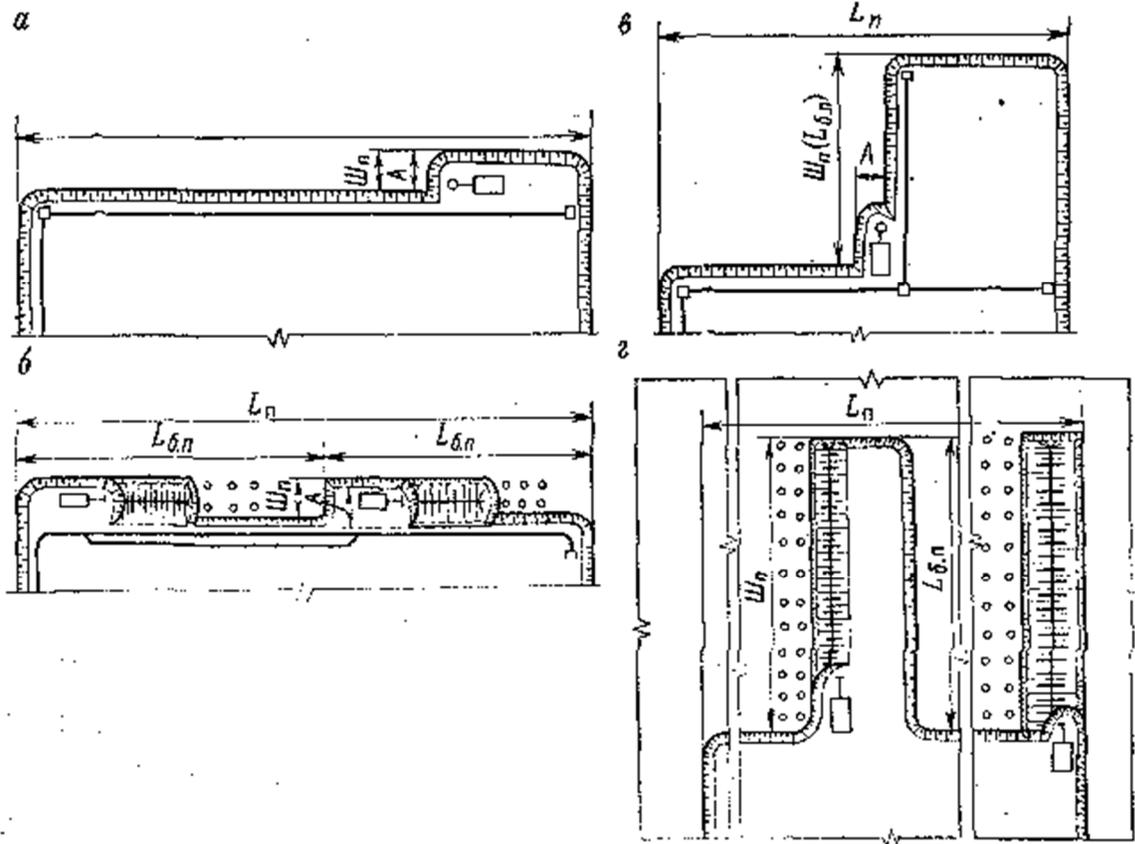


Рис. 7.1. Схемы панелей и блоков панели:

а и б — соответственно при продольных блоках и заходках; в и г — соответственно при поперечных блоках и заходках (широкие панели)

Панель характеризуется высотой уступа  $H_y$ , длиной  $L_p$  и шириной  $Ш_p$ ; при одной панели на уступе ее длина равна длине фронта работ уступа  $L_{ф.у}$ .

Часть панели, отводимая для разработки одной выемочной машиной, называется *блоком панели* (например, экскаваторный блок); в пределах панели могут одновременно действовать один или несколько таких блоков длиной  $L_{б.п}$  (см. рис. 7.1). Блоки панели, в свою очередь, могут делиться на *рабочие блоки*; в пределах каждого из них выполняется какой-либо один рабочий процесс, например бурение, взрывание, выемка (рис. 7.2). Выемка пород в каждом блоке осуществляется узкими полосами, называемыми *выемочными заходками*. В ряде случаев заходки являются и блоками панелей (см. рис. 7.1). Блоки панели и выемочные заходки в зависимости от их расположения относительно фронта уступа могут быть продольными (вдоль фронта уступа,  $\varphi = 0^\circ$ , рис. 7.3, а, г, ж и к), поперечными (вкрест фронта уступа,  $\varphi = 90^\circ$ , рис. 7.3, б, д, з и л) и диагональными ( $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ , рис. 14.3, в, е, и и м).

Продольные блоки панели и выемочные заходки используются при применении всех видов транспорта, поперечные — обычно при автомобильном и конвейерном.

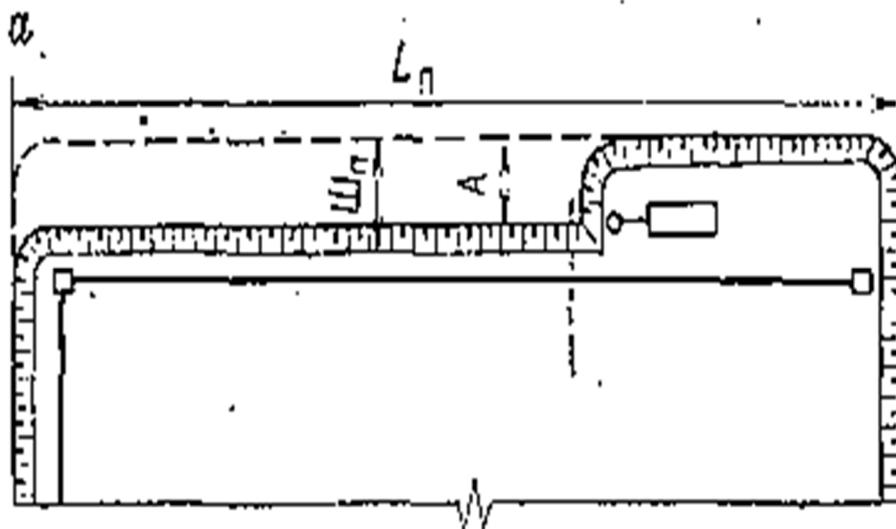


Рис. 7.2. Схемы разделения блоков панели на рабочие блоки:  
 $L_{в}$  ( $L_{э}$ ),  $L_{б}$  и  $L_{п.б}$  — длина взорванного (экскавируемого), бурового и подготовленного к бурению блоков; 1 — забойный путь.

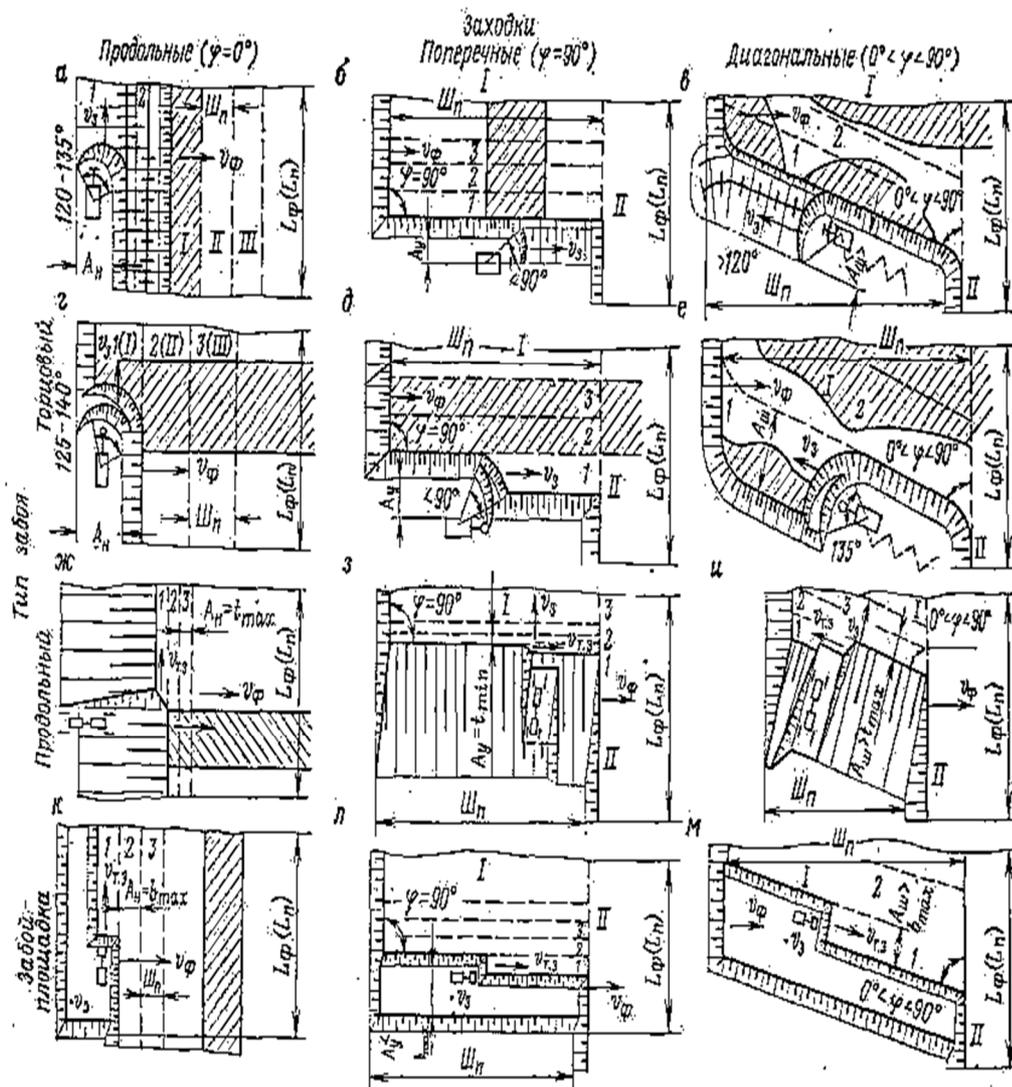


Рис. 7.3. Схемы блоков панели и заходок:

I, II, III — панели; 1, 2, 3 — блоки панели и заходки.

Ширина заходки  $A$  при торцовом забое и забое-площадке соответствует ширине этих забоев. Различают нормальные, узкие и широкие заходки (см. рис. 7.3). При нормальных заходках выемка породы производится при движении машин по прямолинейной оси в пределах всей длины заходки при условии максимального использования линейных параметров машин. Узкие  $z$  а ход  $k$  и отличаются от нормальных неполным использованием рабочих параметров выемочных машин. Широкие заходки характеризуются переменным направлением движения машин в плане (зигзагообразная ось).

*Фронт работ в границах слоя может перемещаться:*

1. Параллельно длинной или короткой оси карьерного поля от одной границы его к другой (противоположной) (рис. 7.4, а). В этом случае уступ имеет один рабочий откос (однобортовая выемка), второй борт уступа является нерабочим.

Этот вариант применяется для разработки горизонтальных и пологих залежей при значительной протяженности карьерного поля. Он характеризуется большими объемами горно-подготовительных работ даже при небольшой мощности покрывающих пород.

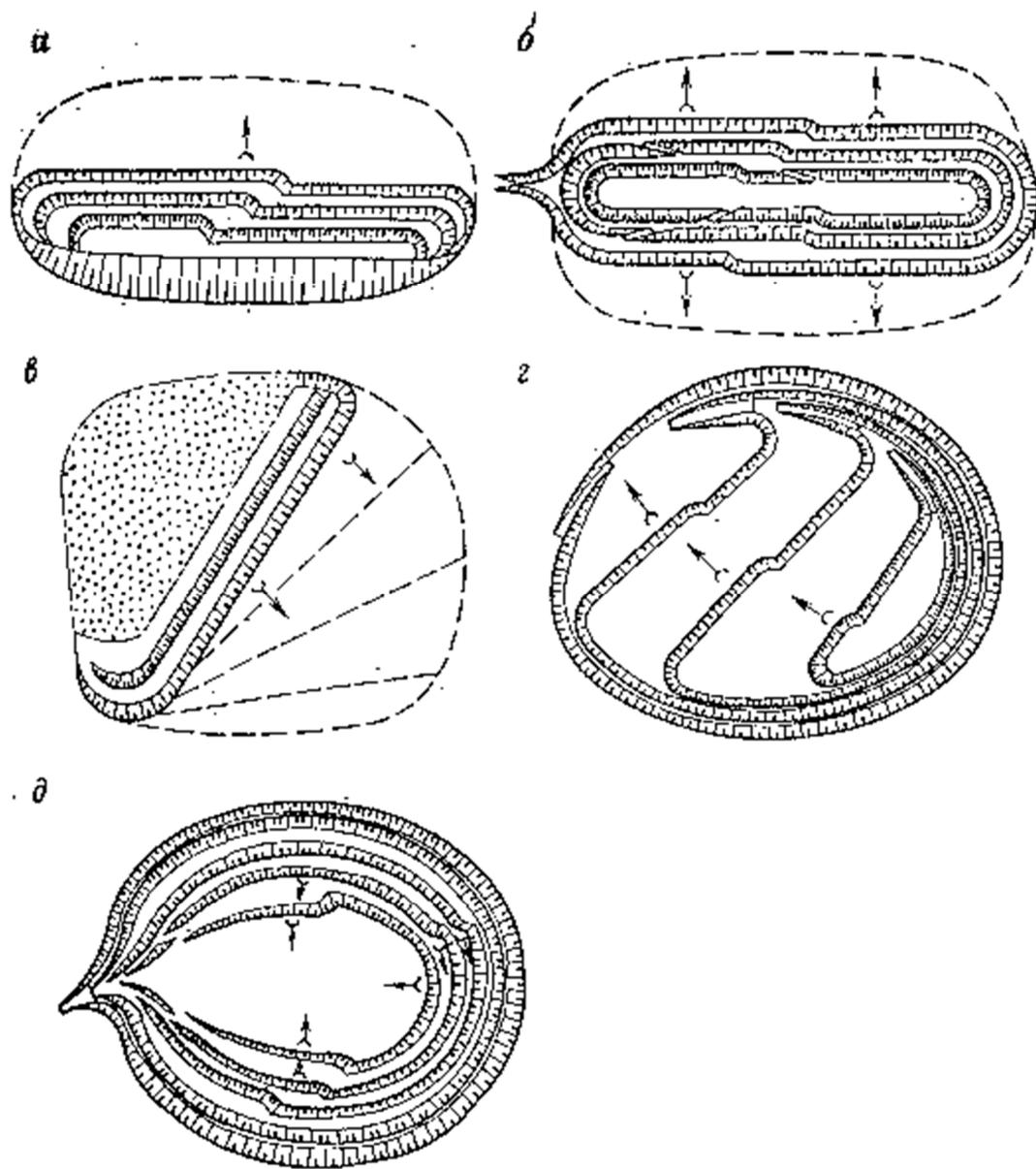


Рис. 7.4. Схемы перемещения фронта горных работ.

2. Параллельно одной из осей поля от промежуточного положения между границами выемочного слоя к его контурам (двухбортовая выемка) (рис. 7.4, б). В этом случае противоположные (или все по периметру) откосы уступа являются постоянно или периодически действующими (рабочими), скорость подвигания отдельных участков фронта работ уступа уменьшается.

Такой вариант применяется для разработки вытянутых по простиранию наклонных и крутопадающих залежей, особенно при большой конечной глубине карьера и мощной толще покрывающих пород.

3. По вееру с поворотным пунктом, расположенным на границе карьерного поля или вблизи ее (рис. 7.4, в). В этом случае уступ имеет, как правило, один рабочий откос. При разработке горизонтальных месторождений устраивают один поворотный пункт для всех уступов карьера; при разработке крутых залежей создают отдельный поворотный пункт для каждого уступа (рис. 7.4, г). Скорость подвигания

различных точек фронта работ уступа при развитии его по вееру переменная (см. рис. 7.1, б и в).

Такой вариант перемещения фронта работ уступов возможен при разработке карьерных полей округленной формы в плане и небольшой мощности мягких покрывающих пород, когда горизонтальные пласты и вскрышные породы разрабатываются с применением оборудования непрерывного действия (часто транспортно-отвальных мостов), а также в случаях разработки крутых штокообразных рудных залежей со спиральной формой вскрывающей трассы.

4. Радиально от центра выемочного слоя к его контурам (фронт работ расположен концентрически или серповидно). Этот вариант может применяться при отработке горизонтов широкими заходками в специфических условиях залегания (см. рис. 7.2, в и 7.1, з).
5. По спирали, начиная с периферийных участков карьерного поля и оканчиваясь в центре, что может иметь место при разработке горизонтальных и неглубоко залегающих пластов (рис. 14.4, д).

### **Протяженность и скорость подвигания фронта работ**

Длина фронта горных работ карьера, которая складывается из протяженности фронтов отдельных уступов, должна быть достаточной для обеспечения установленной производственной мощности карьера по полезному ископаемому и по горной массе, а также для подготовки новых горизонтов.

Первоначальный фронт уступа может быть равен длине  $L_k$  или ширине карьерного поля  $B_k$  или чаще он меньше  $L_k$  ( $B_k$ ). Этот фронт увеличивается по мере развития горных работ, поэтому его длина  $L_{ф.у}$  непостоянна — она меньше в начале и конце периода разработки данного горизонта. При расположении разрезной траншеи посередине карьерного поля и двусторонней его разработке длина фронта работ одного уступа может достигать  $2L_{ф.у}$ .

При применении мощного выемочно-погрузочного оборудования на уступе желательно иметь одинарный тупиковый или сквозной фронт работ с использованием одного экскаватора, производительность которого соответствует плановому объему работ на данном горизонте. Это улучшает организацию работ и использование оборудования.

При небольшой интенсивности разработки число экскаваторов может быть меньше числа рабочих уступов. В этом случае работа на уступах или группе уступов осуществляется одним экскаватором. При использовании мощных экскаваторов (массой более 500—600 т) их частые перегоны с уступа на уступ по техническим условиям нежелательны.

Годовая эксплуатационная производительность экскаватора ( $m^3/год$ ) должна быть равна плановому объему работ на уступе

$$Q_{э.г} = N_y L_{ф.у} v_{ф},$$

где  $L_{ф.у}$  и  $v_{ф}$  — усредненные соответственно длина фронта уступа (м) и скорость его подвигания, м/год.

Таким образом, для конкретных протяженности фронта уступа и его скорости подвигания можно выбрать только одну модель экскаватора, обеспечивающую наилучшие технико-экономические результаты разработки.

Только при большой протяженности фронта работ (2—3 км и более) целесообразно на уступе применять несколько экскаваторов. Необходимость в этом возникает при большой интенсивности горных работ, значительной высоте уступа и при отсутствии (или невозможности применения по транспортным условиям) более мощных экскаваторов. В таких случаях однопанельный фронт работ уступа делят на блоки.

Длину блоков панели устанавливают так, чтобы обеспечить бесперебойность и взаимную независимость работ в забоях смежных блоков. Если горная масса разнородна, необходимо выделить блоки соответственно по сортам и видам пород и полезного ископаемого. В таких случаях длина отдельных блоков панели может быть различной. При небольшой длине смежных блоков их разрабатывают одним экскаватором последовательно.

Независимость разработки блоков панели, представленных скальными породами, обеспечивается при достаточных объемах, а следовательно, и длине рабочих блоков — взорванных, подготовленных к взрыванию (обуренных) и обуриваемых. Забои смежных блоков панели должны иметь одинаковое направление подвигания и значительно удалены один от другого.

Интенсивность разработки характеризуется скоростью подвигания экскаваторных забоев. Скорость подвигания торцовых забоев (м/сут) при ширине заходки  $A$  (м) и суточной производительности экскаватора  $Q_{э.с.}$  (м<sup>3</sup>/сут) составляет

$$v_3 = Q_{э.с.} / (A \cdot H_y).$$

Время (сут) отработки блока панели длиной  $L_6$  (м)

$$t_6 = L_6 / v_3.$$

При нескольких блоках панели на уступе время их отработки в равных условиях можно принимать одинаковым. Подвигание забоев обычно составляет от нескольких метров до нескольких десятков метров в сутки.

Скорость подвигания фронта работ в единицу времени (обычно за год) зависит от мощности карьера и ряда других факторов. На современных карьерах она изменяется от 30 до 250 м/год, а в отдельных случаях достигает 400—600 м/год; ее обычная величина 80—120 м/год. Большая скорость подвигания фронта горных работ достигается при разработке горизонтальных пластов малой мощности с перемещением полезного ископаемого автомобильным или конвейерным транспортом, а вскрышных пород — в выработанное пространство вскрышными экскаваторами или транспортно-отвальными агрегатами.

При железнодорожном транспорте допускается не более трех экскаваторных блоков в пределах одинарного фронта работ вследствие затруднений с транспортно-обменными операциями, а при автотранспорте — до шести блоков. При конвейерном транспорте число блоков ограничивается, как правило, мощностью применяемых экскаваторов и конвейеров.

На карьерах большой протяженности при необходимости интенсификации отработки верхних горизонтов экскаваторами относительно небольшой мощности, работающими в комплексе с железнодорожным транспортом, применяют сдвоенный фронт работ, что позволяет установить на уступе до четырех-пяти экскаваторов. При использовании автотранспорта устройство в таких условиях нескольких транспортных выходов с уступа позволяет сократить расстояние перевозок в карьере, а также и по поверхности.

Минимальная длина блока панели устанавливается обычно из условий транспортных и буровзрывных работ. Так, при железнодорожных перевозках длина блока и расстояние между смежными забоями должны быть не менее 2,5—3 длин состава для обеспечения независимости подачи и погрузки поездов в каждом забое. Объем взрываемого блока в настоящее время обычно составляет не менее двухнедельной (а часто и месячной) производительности экскаватора при разработке вскрышных пород. Обычно минимальная длина блоков при железнодорожном транспорте составляет 300—500 м при разработке скальных пород и 200—400 м при выемке мягких пород.

При использовании автомобильного транспорта минимальная длина блока панели сокращается до 80—150 м по условиям буровзрывных работ и безопасности движения.

Наименьшая длина блока панели является, таким образом, практически постоянной величиной для определенного вида транспорта.

Каждый экскаватор должен выполнить плановый годовой объем работ  $Q_{э.г.}$ . При заданной скорости подвигания  $v_f$  и высоте уступа  $H_y$  для этого необходим определенный фронт работ.

**Опорные слова:** уступ, панель вдоль фронта работ, заходка, рабочий фронт, блок панели, рабочие блоки, выемочные заходки, продольные, поперечные, диагональные, фронт работ в границах слоя, параллельно, по вееру, радиально, протяженность, скорость, первоначальный фронт, большая протяженность, минимальная длина.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Чем характеризуется панель уступа?
2. Что называется выемочными заходками?
3. Как может перемещаться фронт работ в границах слоя?
4. Чему должен быть равен первоначальный фронт уступа?
5. Исходя из чего устанавливается минимальная длина блока панели?

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недрa, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недрa , 1979.

## Лекция 11

**Тема:** Рабочая зона карьера. Подготовленные, вскрытые и готовые к выемке запасы.

### План:

1. Рабочая зона карьера.
2. Подготовленные запасы.
3. Вскрытые запасы.
4. Готовые к выемке запасы.

Как в период строительства, так и в период эксплуатации карьера одновременно разрабатывается несколько уступов.

Каждый из них имеет рабочий и нерабочий фронт, т. е. ту часть уступа, в пределах которой длительное время (не менее года) выемка пород не производится.

Каждый нижерасположенный уступ отделяется от вышележащего предохранительными и транспортными бермами. Такие бермы обязательны как в рабочей, так и в нерабочей части фронта уступа. Между рабочими фронтами уступов обязательно оставляют рабочие площадки, ширина и длина которых устанавливаются проектом.

Зона, в которой выполняются основные технологические процессы открытых горных работ, называется *рабочей зоной* карьера. Примеры рабочих зон показаны на рис. 8.1.

Рабочая зона может охватывать один, два или все борта карьера. Она представляет собой перемещающуюся и изменяющуюся по размерам и форме поверхность, имеющую разнообразную пространственную конфигурацию и различное со временем положение в пространстве карьерного поля.

В период строительства рабочая зона карьера включает только вскрышные уступы, а к концу горно-капитальных работ— и добычные. При эксплуатации в рабочей зоне карьера выделяются зоны вскрышных, добычных и горно-подготовительных (нарезных) работ (см. рис. 8.1).

Число вскрышных, добычных и горно-подготовительных блоков панелей и забоев устанавливается не произвольно, так как от этого зависит выполнение планов по отдельным видам работ и планомерность разработки месторождения согласно проекту и графику режима горных работ.

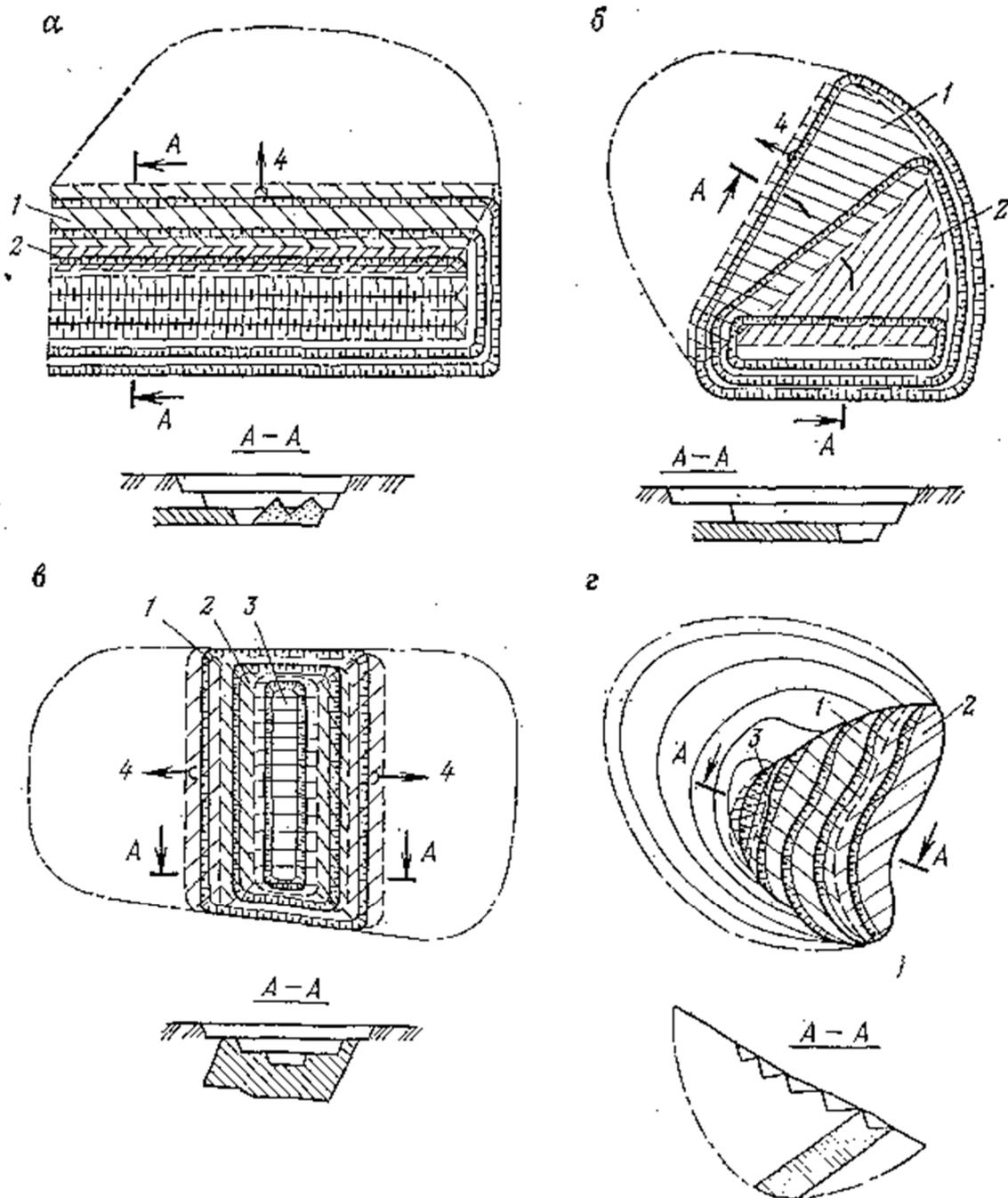


Рис. 8.1. Схемы рабочих зон карьера:

а и б — при разработке горизонтальных залежей; в и г — при разработке крутых залежей; 1 — вскрышная рабочая зона; 2 — добычная рабочая зона; 3 — зона горно-подготовительных работ; 4 — направление подвигания фронта работ.

В пределах рабочей зоны карьера на каждый работающий экскаватор приходится определенная горизонтальная площадь  $S_6$ , характеризующаяся средней шириной рабочей площадки  $Ш_{р.п.}$  и длиной блока панели  $L_6$  отводимого на экскаватор по фронту работ. Обычно площадь  $S_6$  колеблется от 15 до 40 тыс.  $m^2$  при применении железнодорожного транспорта и от 3 до 15 тыс.  $m^2$  при других видах транспорта. В каждом конкретном случае при известной технологии работ минимальная величина  $S_6$  может быть рассчитана более точно.

Число блоков панелей, размещаемых в рабочей зоне данного размера,

$$N_6 = S_{р.з} k_{оф} k_{и} / S_6,$$

где  $S_{p.z.}$  — площадь горизонтальной проекции рабочей зоны,  $m^2$ ;  $k_o$  — коэффициент, учитывающий наличие откосов уступов на площади  $S_{p.z.}$  (в обычных условиях  $k_o = 0,85 \div 0,93$ );  $f$  — коэффициент, учитывающий наличие резервных (нерабочих) блоков ( $f = 0,75 \div 0,8$ );  $k_n$  — коэффициент использования площади рабочей зоны, определяющий соответствие рабочего фронта уступа длине блока  $L_b$  ( $k_n = 0,7 \div 0,9$ ).

Изменения площадей горизонтальной и вертикальной проекций рабочей зоны в целом, по вскрышным породам и полезному ископаемому по мере развития горных работ могут быть изображены на графиках режима горных работ.

На каждом уступе рабочей зоны различают:

интенсивные горные работы, когда каждая выемочная машина на уступе имеет относительно короткий фронт работ и годовое подвигание фронта примерно равно или больше протяженности фронта работы машины;

неинтенсивные горные работы, когда годовое подвигание значительно меньше длины фронта работ выемочной машины.

В различные периоды разработки каждого уступа степень интенсивности горных работ существенно меняется. Она является наибольшей в период вскрытия горизонта и проведения разрезных траншей, а затем снижается вследствие увеличения протяженности фронта работ. При затухании работ число действующих забоев и протяженность фронта работ постепенно сокращаются.

Содержание большего, чем это необходимо, числа действующих забоев на уступе связано с нерационально большим размером рабочей зоны карьера, увеличением транспортных и энергетических коммуникаций и затрат. В принципе, чем меньше размеры рабочей зоны, чем более концентрированно и интенсивно ведутся горные работы, тем экономичнее разработка. Однако при этих размерах не должны нарушаться планомерность горных работ и воссоздание системы разработки.

Размеры рабочей зоны зависят от периода разработки, типа разрабатываемого месторождения, изменяющихся с глубиной углов откосов рабочих бортов, углов откосов бортов на момент погашения открытых работ, размеров карьерного поля и от принятого направления развития горных работ (рис. 8.2). В общем случае высота рабочей зоны карьера равна сумме высот разрабатываемых уступов. В период строительства и освоения проектной мощности карьера рабочая зона непрерывно увеличивается в плане и по высоте при разработке месторождений любых типов. Далее в период, когда достигнута проектная мощность карьера, размеры рабочей зоны достигают своих максимальных значений, если не снижается интенсивность горных работ.

В последующие периоды при разработке горизонтальных и пологих залежей рабочая зона, имея полное развитие по высоте и в плане, смещается в заданном направлении, размеры ее изменяются только частично в результате изменения конфигурации карьерного поля и создания дополнительных передовых уступов на участках повышения рельефа поверхности. При этом отсутствует необходимость в проведении горно-подготовительных работ. Рабочие зоны при разработке горизонтальных и пологих залежей обычно непрерывны как по вскрышным, так и по добычным работам и сравнительно устойчивы по размерам; поэтому они называются *сплошными зонами*.

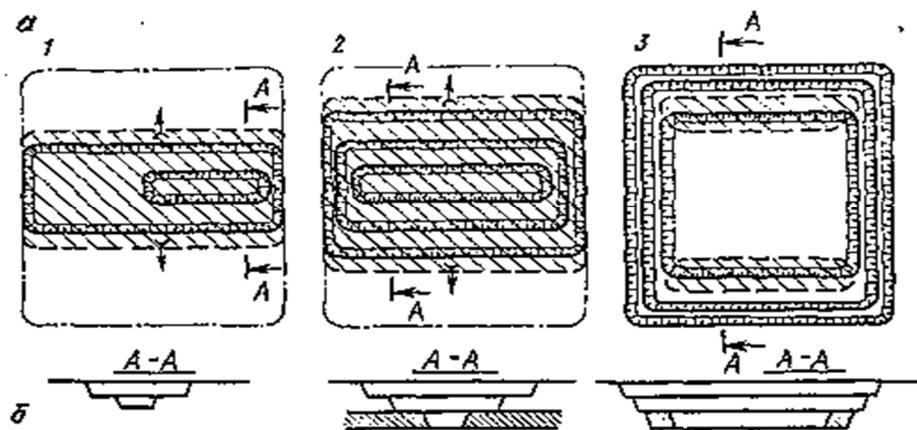


Рис. 8.2. Динамика рабочей зоны карьера:

а и б — при разработке соответственно горизонтальной и крутой залежей; 1, 2, 3, 4 и 5 — этапы изменения положения и размеров рабочей зоны.

При разработке наклонных и крутых залежей рабочая зона увеличивается в плане и по высоте из-за разноса бортов и вскрытия новых горизонтов до тех пор, пока верхние уступы не достигнут промежуточных (этапных) или конечных границ карьерного поля на поверхности. При этом возрастают годовые объемы работ по горной массе.

После достижения конечных контуров горные работы на верхних уступах прекращаются и рабочая зона смещается по вертикали. При этом обычно уменьшаются ее размеры в плане и сокращаются годовые объемы работ по горной массе.

Рабочие зоны при разработке наклонных и крутых залежей называются *углубляющимися рабочими зонами*. Характерными признаками таких рабочих зон являются переменные число рабочих уступов и их размеры.

### Подготовленные, вскрытые и готовые к выемке запасы

Уступ, подлежащий разработке, должен быть подготовлен к выполнению основных (технологических) процессов: подготовки пород к выемке, выемочно-погрузочных и транспортных работ. Так, например, до разработки верхнего уступа карьера производится подготовка поверхности, дренажные работы и осушение массива по крайней мере в пределах первых рабочих панелей. Для нижерасположенных уступов подготовка заключается прежде всего в выемке пород вышерасположенных уступов с соблюдением проектных размеров рабочих и нерабочих площадок, а также в демонтаже оборудования, различных коммуникаций, в уборке навалов породы с верхней площадки (если они оставлены по каким-либо причинам), ликвидации нависей, опасных для обслуживающего персонала и оборудования, и т. д.

*Под подготовленными запасами горной массы уступа понимают те объемы, которые могут быть вовлечены в начальные технологические процессы (бурение, взрывание, механическое рыхление и др.), предшествующие выемочно-погрузочным работам, или хотя бы в один из начальных процессов.*

Для выполнения основных процессов — выемки, погрузки и перемещения пород из забоев к пунктам приема грузов — необходимо вскрыть уступ, т.е. провести вскрывающую выработку, уложить транспортные коммуникации, создать первоначальный забой для выемки пород. *Часть подготовленных запасов горной массы, к которым обеспечен транспортный*

доступ, необходимый для выемки и перемещения пород, называется вскрытыми запасами горной массы уступа.

Осуществление полного комплекса технологических процессов возможно только в пределах вскрытых запасов горной массы. Обычно объем вскрытых запасов меньше подготовленных запасов, в отдельных случаях они могут быть равными.

Часть вскрытых запасов являются *готовыми к выемке запасами горной массы уступа*. К ним относятся запасы, которые готовы к выемке, погрузке и перемещению непосредственно из массива (мягкие и часто плотные породы) или после взрывания, механического рыхления и т. д. (скальные, полускальные и иногда плотные породы).

В частных случаях, например при выемке мягких пород без предварительной подготовки, вскрытые и готовые к выемке запасы одинаковы. На рис. 8.3 показаны примеры расположения подготовленных, вскрытых и готовых к выемке запасов горной массы уступа.

Естественно, из запасов горной массы выделяются соответственно подготовленные, вскрытые и готовые к выемке запасы полезного ископаемого разных сортов и видов и, если это необходимо, запасы некондиционных и забалансовых руд и попутно добываемых полезных ископаемых.

После определения запасов в пределах каждого уступа суммированием находят общие подготовленные, вскрытые и готовые к выемке запасы горной массы и полезных ископаемых для карьера в целом.

По мере продвижения фронта работ вышележащих уступов и изменения положения транспортных коммуникаций объемы горной массы нижележащих уступов переходят в подготовленные запасы, а затем последовательно или одновременно во вскрытые и готовые к выемке (см. рис. 8.3).

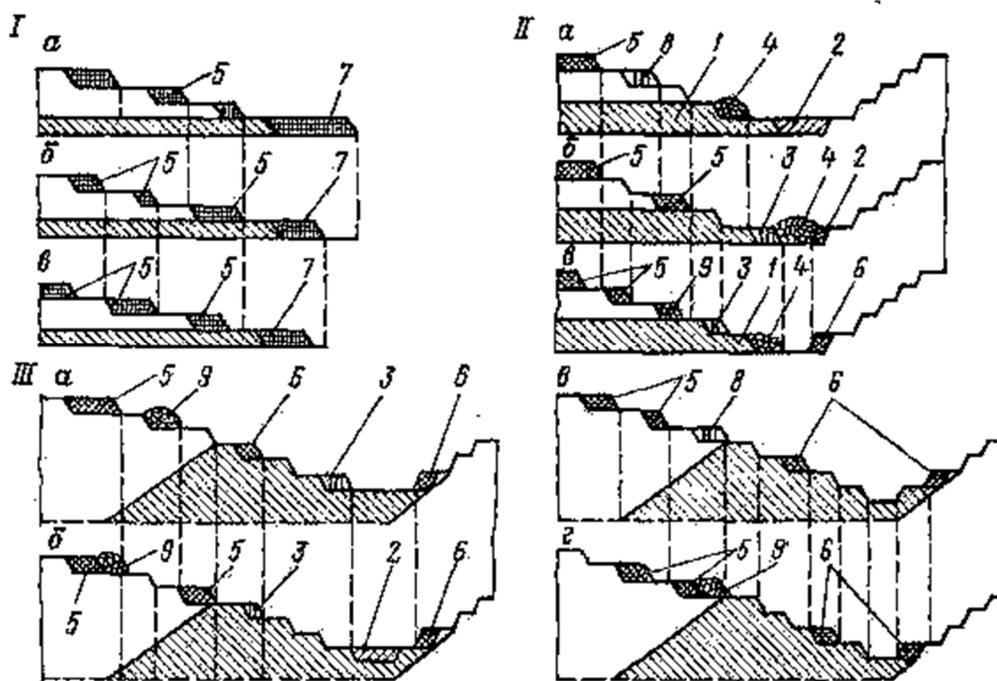


Рис. 8.3. Схематическое изображение запасов горной массы (текущих) при разработке горизонтальных залежей с мягкими (I) и скальными (II) породами и при разработке крутых залежей (III):

а, б, в, г — последовательное изменение запасов; 1 — полезное ископаемое; 2 — подготовленные запасы полезного ископаемого; 3 и 4 — соответственно обуренный и взорванный объем подготовленного полезного ископаемого; 5 и 6 — вскрытый объем породы

и вскрытые запасы полезного ископаемого соответственно; 7 — готовые к выемке запасы полезного ископаемого; 8 и 9 — соответственно обуренный и взорванный объемы породы.

*Необходимо различать запасы горной массы и полезного ископаемого на фиксированный момент времени — текущие и на определенный период работы карьера (чаще всего годовой) — плановые.*

Подготовленные и вскрытые запасы горной массы на уступах, о которых говорилось выше, относятся к текущим. Этим запасам должно быть достаточно для выполнения всех подготовительных работ, и этим положением определяются объемы соответствующих рабочих блоков: подготовленных к бурению, буровых, взрываемых и др.

Готовых к выемке запасов должно быть достаточно для ритмичной работы выемочно-погрузочного оборудования, а в добычной зоне — также для обеспечения необходимого сортамента полезного ископаемого и текущих плановых показателей по качеству. В настоящее время на мощных карьерах готовые к выемке запасы горной массы на один экскаватор составляют, как правило, не менее его месячной производительности. Подготовленные и вскрытые запасы на любой момент времени должны обеспечить готовые к выемке запасы.

Плановые подготовленные и вскрытые запасы горной массы и полезного ископаемого необходимы для обеспечения выполнения проектных объемов вскрышных, добычных и горно-подготовительных работ при принятом порядке их производства. Объем и местоположение этих запасов устанавливаются при годовом планировании горных работ с учетом возможности временного прекращения работ на отдельных или всех вскрышных уступах, изменения качества полезного ископаемого в недрах и т. д. Плановые запасы горной массы определяются подвиганием всех нижних уступов относительно какого-либо верхнего, остановленного (рис. 8.4).

К моменту сдачи карьера в эксплуатацию подготовленных запасов полезного ископаемого при круглогодичной работе должно быть достаточно для выполнения не менее трехмесячного плана добычи первого года эксплуатации, а при сезонной работе — не менее шести- или семимесячного плана.

Подготовленные и вскрытые запасы подсчитывают методом горизонтальных сечений на плане горных работ, выполненном в масштабе не менее 1 : 1000. Для этого на каждом горизонте между нижней и верхней бровкой смежных уступов определяют площади подготовленных, вскрытых и готовых к выемке запасов, соответствующую среднюю высоту уступа и плотность вскрышных пород и полезного ископаемого. Результаты расчетов определяются в объемах и тоннах запасов горной массы, руды (и тоннах металлов) по их видам.

В практике открытой разработки угля, различных руд и строительных горных пород широко пользуются понятиями вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов применительно только к полезному ископаемому. Даже в одном ведомстве пока не удается строго увязать определение запасов и их графическую интерпретацию применительно ко всему разнообразию условий залегания полезных ископаемых, особенно при перемежаемости в пределах уступа вскрышных пород, забалансовых и балансовых полезных ископаемых.

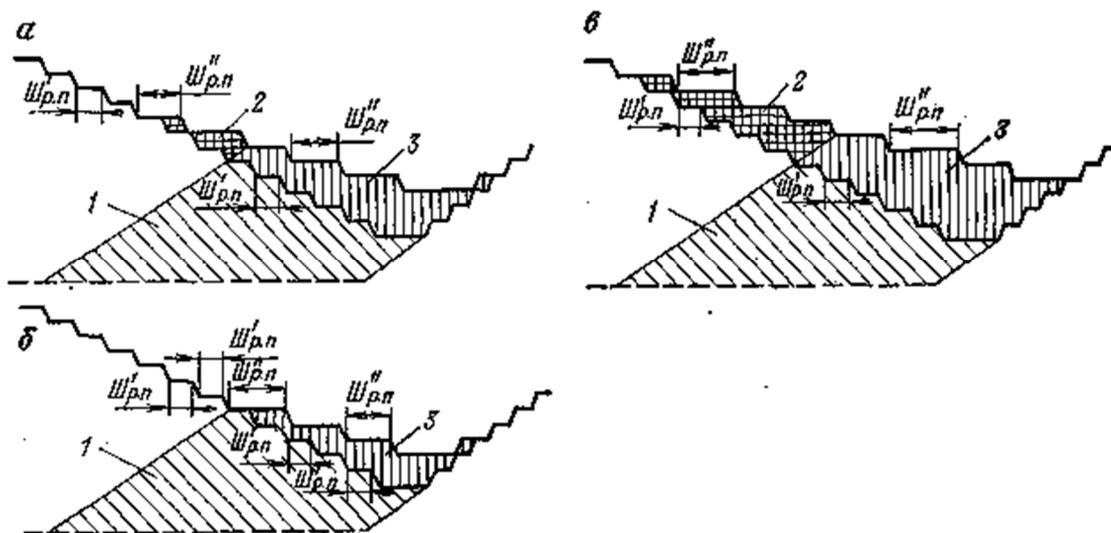


Рис. 8.4. Схемы к определению плановых запасов горной массы:

а, б и в — соответственно при остановке промежуточного, всех и верхнего вскрышного уступов; 1 — полезное ископаемое; 2 и 3 — соответственно объемы пород и запасы полезного ископаемого;  $Ш'_{р.п}$  и  $Ш''_{р.п}$  — соответственно минимальная и фактическая ширина рабочих площадок.

**Опорные слова:** рабочий и нерабочий фронт, уступ, предохранительная и транспортная берма, фронт, рабочая зона, борт карьера, вскрышные уступы, добычные уступы, число блоков панелей, интенсивные и неинтенсивные горные работы, сплошные зоны, объем, подготовленные запасы, вскрытые, готовые к выемке, текущие, плановые.

#### Контрольные вопросы:

1. Что называется рабочей зоной карьера?
2. Какие горные работы различают на каждом уступе рабочей зоны?
3. Какие запасы называются подготовленными?
4. Какие запасы называются вскрытыми?
5. Что вы понимаете под готовыми к выемке запасами горной массы?

#### Литература:

1. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.

## Лекция 12

**Тема:** Классификация систем открытых горных работ.

### План:

1. Общие понятия.
2. Классификация систем разработки по В.В.Ржевскому.
3. Классификация систем разработки по Е.Ф.Шешко.
4. Классификация систем разработки по Н.В.Мельникову.

*Под системой открытой разработки месторождения понимается порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка. Система должна обеспечить безопасную, планомерную и экономичную комплексную разработку всех полезных ископаемых, требуемую производственную мощность предприятия, полное извлечение запасов, охрану недр и окружающей среды.*

В общем случае горные работы включают добычные, вскрышные и горно-подготовительные работы.

При добыче малоценных полезных ископаемых, выходящих непосредственно на поверхность, вскрышные работы могут отсутствовать или не иметь существенного значения. В таких случаях системой разработки является порядок и последовательность выполнения добычных работ и работ по вскрытию и подготовке горизонтов в пределах карьерного поля.

Иногда при разработке горизонтальных месторождений после окончания горно-строительных работ нет необходимости во вскрытии новых горизонтов; в таких случаях система разработки характеризуется только порядком и последовательностью выполнения вскрышных и добычных работ.

Естественно, что система разработки связана с применяемыми комплексами оборудования на карьере. *Если система разработки определяет порядок и последовательность выполнения горных работ, то комплексы оборудования определяют виды, мощность и расстановку оборудования, обеспечивающего производство горных работ в установленном объеме и порядке.* Ниже их классификации рассматриваются отдельно, так как в системах разработки, независимо от средств механизации горных работ, существует своя последовательность и закономерность производства вскрышных, добычных и горно-подготовительных работ.

По степени взаимной зависимости вскрышных, добычных и горно-подготовительных работ различают системы разработки:

*зависимые (жестко зависимые), при которых существует жесткая зависимость между вскрышными, добычными и горноподготовительными работами в отношении последовательности их выполнения во времени и пространстве; при этом плановые вскрытые запасы полезного ископаемого весьма ограничены (обычно на срок не более 15—45 дней) и порядок ведения горных работ строго регламентируется календарным планом;*

*полузависимые, при которых вскрышные, добычные и горно-подготовительные работы выполняются без жесткой взаимной увязки во времени; плановые вскрытые запасы могут быть значительными (на период до 3—6 мес); порядок ведения работ регулируется годовым календарным планом, предусматривающим существенные резервы времени между указанными видами работ, что позволяет выполнять их с различной интенсивностью;*

*независимые, при которых вскрышные, добычные и горно-подготовительные работы выполняются практически независимо друг от друга; при этом вскрытые запасы полезного*

ископаемого почти не ограничиваются организацией работ и резервы времени в их проведении весьма значительны.

При разработке горизонтальных или пологих залежей по окончании горно-подготовительных работ создается первичный фронт вскрышных и добычных работ карьера; возобновление горно-подготовительных работ возможно при реконструкции карьера. Таким образом, системы разработки горизонтальных и пологих залежей в период эксплуатации характеризуются только порядком и последовательностью ведения вскрышных и добычных работ и изменением длины фронта работ или высоты отдельных уступов и размеров рабочих площадок. Такие системы разработки называются *сплошными*.

При разработке наклонных и крутых залежей горно-подготовительные работы ведутся как в период строительства, так и при эксплуатации карьера для создания фронта добычных и вскрышных работ. В состав горно-подготовительных работ в эксплуатационный период входят вскрытие и нарезка новых рабочих горизонтов. Таким образом, системы разработки при наклонных и крутых залежах характеризуются порядком выполнения вскрышных, добычных и регулярных горно-подготовительных работ. Такие системы могут быть названы *углубочными*.

При разработке месторождений нагорного типа применяют системы первой группы. При крутых склонах и крутом наклонном падении залежей применяются системы второй группы. При разработке сложных по топографическим и горно-геологическим условиям месторождений в пределах одного карьерного поля могут одновременно применяться системы из обеих групп.

По направлению подвигания фронта горных работ в плане различают системы разработки:

*продольные*, при которых однобортовой или двухбортовой фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно длинной оси карьерного поля;

*поперечные*, при которых однобортовой или двухбортовой фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно короткой оси карьерного поля;

*веерные*, при которых фронт вскрышных и добычных работ перемещается по вееру с центральным (общим) или рассредоточенными (два и более) поворотными пунктами;

*кольцевые*, при которых рабочая зона охватывает все борта по периметру карьера и разработка производится кольцевыми полосами от центра к границам карьерного поля или от границ к центру.

При всех вариантах систем разработки основное значение имеет место расположения отвалов (внешние, внутренние или смешанные отвалы), определяющие направление перемещения вскрышных пород.

Классификация систем разработки в соответствии с указанными основными признаками приведена в табл. 9.1, а графическая— показана на рис. 9.1. Указанная классификация, в основу которой положены горно-геологические и геометрические предпосылки, характеризует сущность технологии открытых горных работ и облегчает последующий расчет систем разработок. Обоснование систем разработки предусматривает установление количественных зависимостей между основными размерами залежи, карьерного поля, параметрами элементов системы разработки, параметрами и расстановкой оборудования и производственной мощностью карьера по добычным, вскрышным и горно-подготовительным работам.

Выбор систем разработки основан на следующих положениях:

1. Установление для конкретных условий максимально возможной по природным и

*техническим условиям производственной мощности карьера по полезному ископаемому.* Максимальная мощность карьера зависит от характера комплексной механизации горных работ, закладываемой в основу расчетов системы разработки. Такие расчеты производятся при проектировании новых и реконструкции действующих карьеров.

2. *Обеспечение заданной плановой производственной мощности действующего карьера по полезному ископаемому.* При расчетах также задаются возможными к применению комплексами оборудования. Задачи этого направления решаются при проектировании карьеров и при техническом обосновании планов добычных и вскрышных работ на действующих предприятиях.

Таблица 16.1. Классификация систем открытой разработки месторождений.

Индекс группы	Группа систем	Индекс подгруппы	Подгруппа	Индекс системы	Система разработки
С	Сплошные	СД	Сплошные продольные	СДО СДД	Сплошная продольная однобортная Сплошная продольная двухбортная
		СП	Сплошные поперечные	СПО СПД	Сплошная поперечная однобортная Сплошная поперечная двухбортная
		СВ	Сплошные веерные	СВЦ СВР	Сплошная веерная центральная Сплошная веерная рассредоточенная
		СК	Сплошные кольцевые	СКЦ СКП	Сплошная кольцевая центральная Сплошная кольцевая периферийная
У	Углубочные	УД	Углубочные продольные	УДО УДД	Углубочная продольная однобортная Углубочная продольная двухбортная
		УП	Углубочные поперечные	УПО УПД	Углубочная поперечная однобортная Углубочная поперечная двухбортная
		УВ УК	Углубочные веерные Углубочные кольцевые	УВР УКЦ	Углубочная веерная рассредоточенная Углубочная кольцевая центральная
УС	Смешанные (углубочно-сплошные)	—		То же, в различных сочетаниях	

Примечание. К наименованию системы добавляется: «с внешними или внутренними отвалами».

а

Масштаб поперечной	Направление выемки в плане	Место расположения отвала	
		Внутреннее	Внешнее
СА	0		
	0		
СП	0		
	0		
СВ	ц		
	р		
СК	ц		
	п		

Рабочая зона карьера  
 направление перемещения вскрышных пород  
 направление перемещения полезного ископаемого  
 отвалы вскрышных пород

б

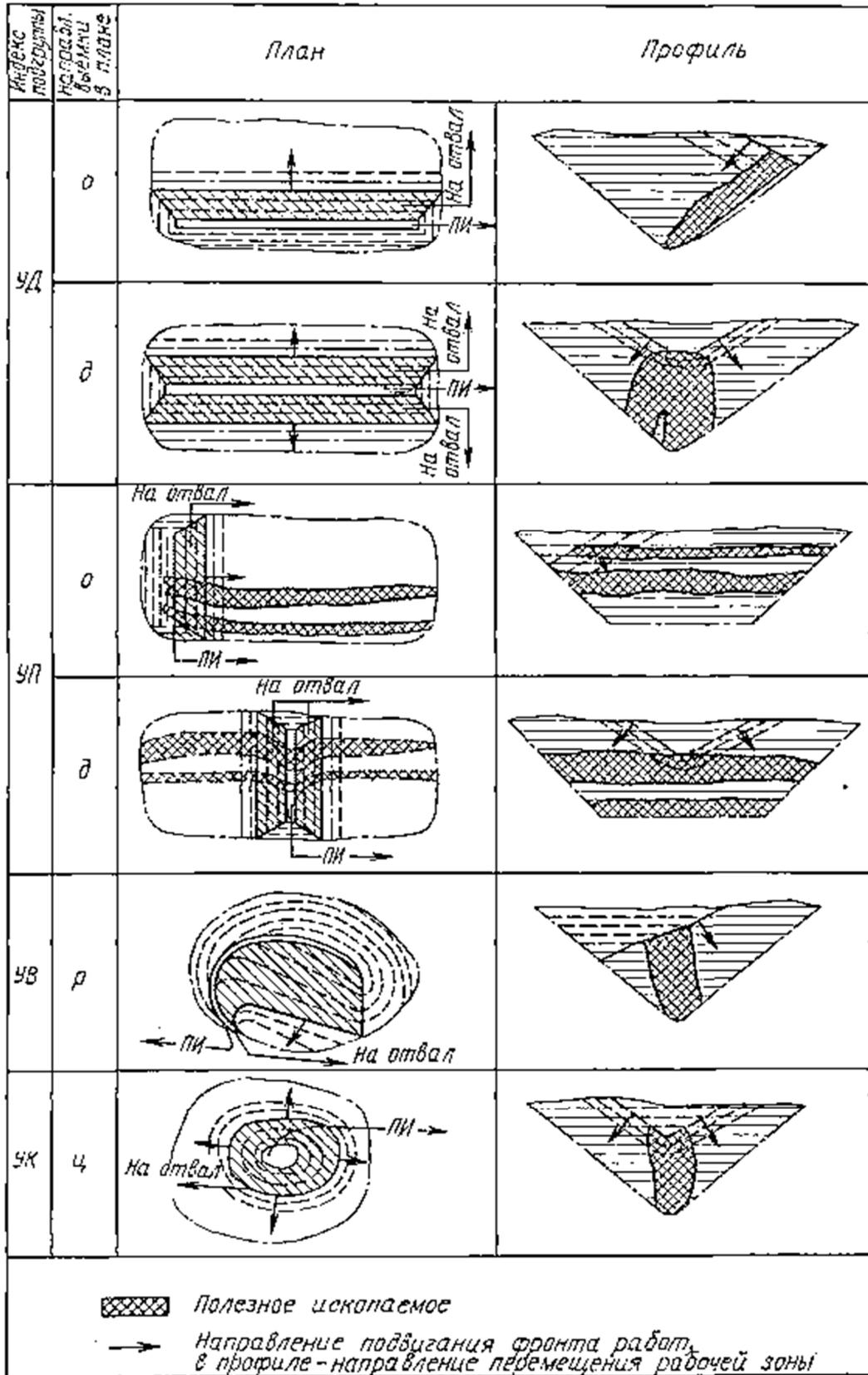


Рис. 9.1. Системы открытой разработки месторождений полезных ископаемых: а – сплошные; б – углубочные; о, д, ц, п и р – направление выемки в плане соответственно однобортовое, двухбортовое, центральное, периферийное и рассредоточенное.

3. Сведение затрат на вскрышные и добычные работы к минимуму (при известных

комплексах оборудования и производственной мощности по полезному ископаемому). Такой расчет может быть произведен для нескольких вариантов мощности и комплексов оборудования.

Интенсификация и концентрация горных работ способствует наиболее полному использованию горного и транспортного оборудования. Поэтому реализация максимально возможной по горным условиям производственной мощности карьера связана в большинстве случаев с достижением оптимальных технико-экономических результатов разработки.

Исходными данными для обоснования и исследования системы разработки служат отправные сведения о месторождении и о карьерном поле, о применяемых режиме горных работ, способах вскрытия и возможных для использования комплексах оборудования.

### **Классификации систем разработки по направлению перемещения и способу производства вскрышных работ**

В 1947 г. проф. Е. Ф. Шешко предложил классификацию систем разработки по направлению перемещения вскрышных пород в отвалы. По этому признаку выделяются (рис. 9.2):

*А. Системы с поперечным перемещением породы в отвалы без применения транспортных средств; эти системы разработки могут быть названы также бестранспортными.*

*Б. Системы с продольным (фронтальным) перемещением породы в отвалы с применением транспортных средств; эти системы могут быть названы также транспортными.*

*В. Комбинированные системы с поперечным и продольным перемещением породы в отвалы; эти системы разработки имеют одновременно признаки бестранспортных и транспортных систем.*

Далее в основу разделения указанных групп (*А, Б, В*) на самостоятельные системы разработки положены способы производства и степень трудности выполнения транспортных и отвальных работ.

Группа *А* по способу производства транспортных и отвальных работ разделена на системы *А-1, А-2* и *А-3*. Отдельно выделяется система *Л-0* при незначительном объеме вскрышных работ. Группа *Б* по относительной сложности транспортирования пород разделена на системы *Б-4, Б-5* и *Б-6*.

К группе *В* относятся две системы разработки — по одной из бестранспортной и транспортной групп. Эта группа разделяется на системы *В-7* и *В-8* по признаку относительного преобладания бестранспортного или транспортного перемещения вскрышных пород.

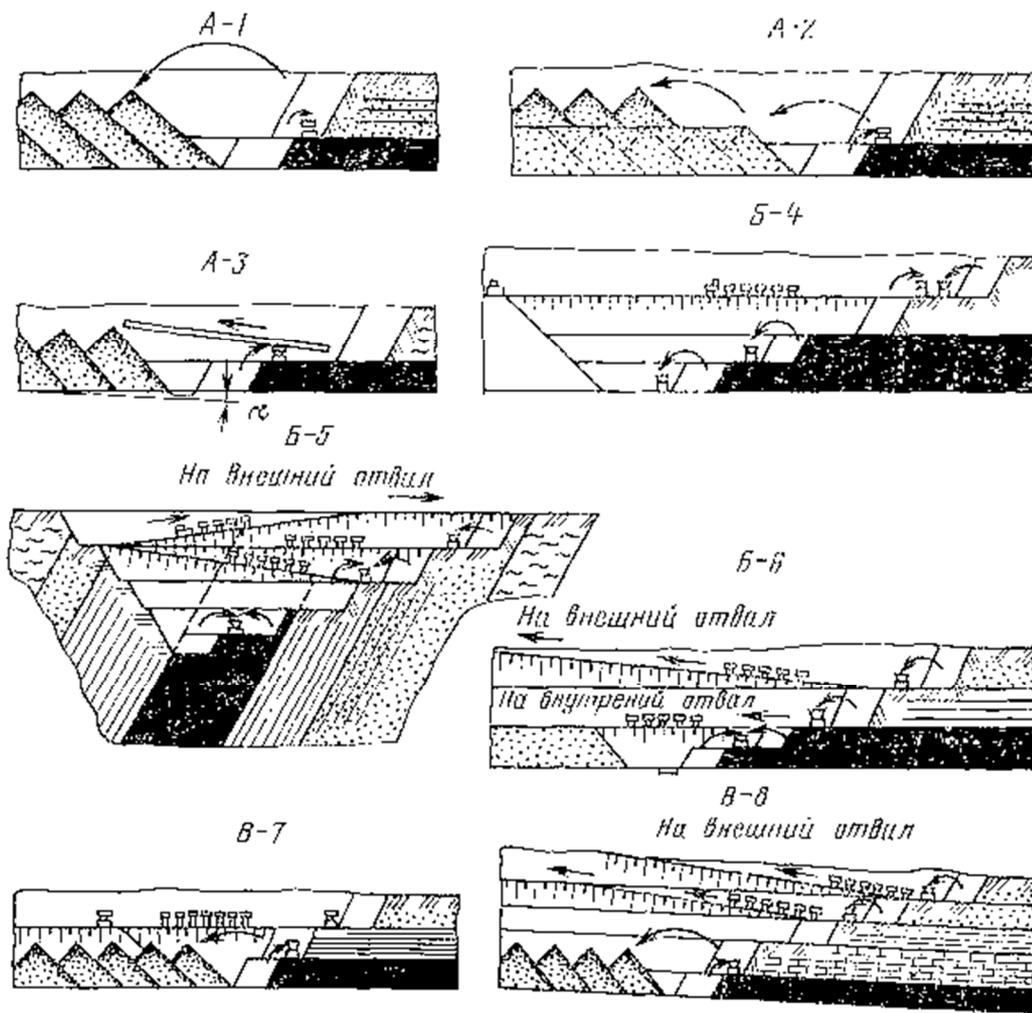


Рис. 9.2. Системы открытой разработки месторождений (по Е. Ф. Шешко)

В 1952 г. акад. Н. В. Мельниковым была предложена классификация систем разработки по способу производства вскрышных работ. По этой классификации все системы разработки разделены на пять групп.

При *бестранспортной системе разработки* перемещение породы из забоя во внутренний отвал производится вскрышными экскаваторами (мехлопатами или драглайнами).

В группу *транспортно-отвальных* включены системы разработки, при которых вскрышные породы перемещаются на внутренние отвалы посредством транспортно-отвальных мостов и консольных отвалообразователей.

В группу *специальных* включены системы разработки, при которых вскрышные породы удаляются башенными экскаваторами, колесными скреперами, гидромеханизированным способом или кабель-кранами. К ним можно отнести также разработку вскрышных пород бульдозерами, канатными скреперами и другим специальным оборудованием.

К *транспортным* отнесены системы разработки, при которых вскрышные породы перемещаются на отвалы средствами транспорта. Эти системы более сложны и менее экономичны по сравнению с бестранспортными, но они могут применяться при любых условиях залегания месторождения и поэтому являются наиболее распространенными.

*Комбинированные системы* могут применяться при разработке горизонтальных и пологих залежей с мощной толщей покрывающих пород.

**Опорные слова:** порядок, последовательность, зависимые, полузависимые, независимые, сплошные, углубочные, продольные, поперечные, веерные, кольцевые, положения, направление перемещения вскрышных пород в отвалы, способ производства вскрышных работ.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что Вы понимаете под системой разработки?
2. Какие системы называются сплошными?
3. Какие системы разработки называются углубочными?
4. Охарактеризуйте классификацию систем разработки по направлению перемещения вскрышных пород в отвалы.
5. Охарактеризуйте классификацию систем разработки по способу производства вскрышных работ.

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 13

**Тема:** Общие сведения о комплексной механизации открытых горных работ.  
Принципы комплексной механизации

### План:

1. Общие сведения.
2. О разработке горных пород.
3. Поточная технология.
4. Основные требования к комплексам оборудования.

Технологическая сущность основных процессов заключается в изменении агрегатного состава и пространственного положения породы. Порода вовлекается в отдельные процессы последовательно или практически одновременно. При выполнении нескольких технологических процессов одним и тем же оборудованием элементарный объем породы (например, 1 м<sup>3</sup>) участвует в них последовательно (например, при разработке породы скрепером) или одновременно, когда отдельные процессы физически совмещаются, например погрузка, перемещение и складирование породы вскрышным экскаватором в выработанное пространство.

Процессы бурения, взрывания и выемки могут выполняться со значительным опережением в пространстве и времени относительно друг друга. Выемочно-погрузочные работы и транспортирование связаны между собой гораздо более жестко. Взаимосвязь всех технологических процессов и степень зависимости их определяется общей целью — создать элементарные, уступные и карьерные грузопотоки определенной мощности.

Для бесперебойного элементарного грузопотока необходимо иметь начальный и конечный склады этих грузов. Поэтому в действительности *понятие элементарного грузопотока шире, чем ранее приведенное, и включает сам поток горной массы, ее запасы, находящиеся в различной стадии вовлечения в технологические процессы, а также определенную вместимость отвала или другого разгрузочного пункта.*

Грузопотоки создаются цепочкой взаимосвязанных машин и механизмов, последовательно осуществляющих полный цикл основных (технологических) и вспомогательных процессов. Каждая такая цепочка машин и механизмов является *комплексом горного и транспортного оборудования.*

При комплексной механизации горных работ тяжелый ручной труд вытеснен не только из основных, но и вспомогательных процессов.

Под *комплектностью механизации* понимается качественное (по видам и моделям) и количественное соответствие входящих в комплекс средств механизации по основным и вспомогательным процессам. Комплектное построение механизации характеризуется суммарной производительностью оборудования по смежным технологическим процессам, соответствующей требуемой мощности грузопотока.

*Комплексная механизация и автоматизация* основных и вспомогательных процессов, освоение более совершенного и производительного горного и транспортного оборудования совместно с совершенствованием технологии и организации открытых горных работ — основные факторы технического прогресса горного производства.

### О разработке горных пород

Сущность технологических процессов горных работ состоит в преодолении

сопротивления пород отделению от массива, их разрушению и перемещению.

Сопротивление пород для каждого последующего процесса объясняется рядом факторов.

1. При выполнении технологических процессов из первоначального естественного состояния (в массиве) порода переходит в искусственно измененное состояние: скальные и полускальные породы при выемке переходят в группу разрушенных пород, а плотные и мягкие породы — в разрыхленное состояние.

2. Состояние уже искусственно измененной породы неодинаково после каждого технологического процесса. Например, разные кусковатость и степень разрыхления разрушенной породы, находящейся в развале и в отвальном бункере, обуславливают разное сопротивление разработке и различную техническую производительность однотипных экскаваторов в карьерных и отвальных забоях. Разным числом свободных поверхностей и соответственно степенью дробления характеризуется первичное и вторичное взрывание породы и т. д.

3. Каждый процесс характеризуется приложением к породе разнородных внешних усилий. Сопротивление породы одного состава и физическое состояние не может быть одинаковым в каждом процессе.

4. Сопротивление породы при выполнении отдельных процессов неодинаково. В разных объемах агрегатный состав породы непостоянный.

5. Сопротивление данной породы при выполнении одного и того же процесса изменяется при использовании разнотипных средств механизации и их разной мощности. Характеристики разрабатываемых пород не должны рассматриваться изолированно от средств механизации процессов. Например, неодинаковы показатели сопротивления породы шарошечному и пневмоударному бурению, выемке мехлопатами и роторными экскаваторами и т. д.

Горно-технологическими характеристиками пород при выполнении процессов можно управлять, выбрав определенным образом средства механизации процессов и технологические параметры рабочих мест (забоев, транспортных коммуникаций и т. д.). *Важно не просто осуществить отделение от массива, разрушение и перемещение горных пород, но и обеспечить высокую производительность средств механизации в каждом процессе, их надежность в работе и долговечность эксплуатации.* Например, технически возможно осуществить перемещение в вагонах очень крупных породных кусков, но это ненормально, так как ведет к увеличению продолжительности погрузки вагонов и их разгрузки, обуславливает быстрый их износ.

При всем разнообразии разрабатываемых горных пород, условий их залегания и применяемой техники можно установить ряд общих положений для приближенной относительной оценки трудности разработки горных пород:

1. Рациональная горная технология характеризуется как минимальным числом технологических процессов, так и минимальными общими затратами энергии и труда на их осуществление. При этом должно быть обеспечено: воссоздание нормальных условий для выполнения очередного цикла горных работ, получение продукции требуемого качества, максимально возможное сохранение окружающих природных условий.

2. Затраты энергии и труда, отнесенные к 1 м<sup>3</sup> горной массы, зависят от: показателей трудности разрушения породы; климатических, топографических и гидрогеологических условий разработки; масштаба горных работ и размеров карьерного поля; применяемых технических средств для выполнения технологических процессов;

требуемой крупности кусков отделяемой и перемещаемой породы; организации производства отдельных процессов и горных работ в целом.

3. Состоянием и свойствами пород при выполнении отдельных технологических процессов можно управлять путем подбора состава и технологии предшествующих процессов (например, выбором крупности первичного разрушения в совокупности с выбором вида и параметров применяемых горных и транспортных машин). Такой выбор обязателен, так как именно в результате него достигаются минимальные общие затраты на единицу продукции. Увеличение степени дробления и измельчения пород, достигнутое при выполнении предыдущих технологических процессов, как правило, связано с уменьшением

затрат на выполнение последующих технологических процессов.

Вместе с тем управление свойствами пород при построении рациональной технологии имеет технические, организационные и экономические ограничения. Например, увеличение степени дробления пород взрывом при росте расхода ВВ имеет пределы, обусловленные параметрами развала, распределением энергии ВВ на дробление и перемещение породы, размерами зоны разлета породных кусков и т. д.

4. Затраты на перемещение разрабатываемых горных пород зависят в основном от параметров карьера и расположения приемных и перегрузочных сооружений на поверхности и в карьере. Так как затраты на транспортирование составляют от 40 до 70 % общих затрат на разработку пород, все предшествующие и последующие технологические процессы обычно стремятся механизировать и выполнять так, чтобы создать наиболее благоприятные условия для работы карьерного транспорта. Поэтому и достигнутые в результате выполнения процессов, предшествующих перемещению, горно-технологические характеристики горной породы должны обеспечить эффективную работу конкретного вида транспорта.

5. Опыт работы показывает, что в зависимости от вида разрабатываемой породы и требований, предъявляемых к транспорту, совокупные затраты энергии, труда и материалов (в стоимостном выражении) на выполнение всех производственных процессов, предшествующих перемещению (без учета масштаба разработки), отнесенные к 1 м<sup>3</sup> породы, изменяются в диапазоне 1:25. Точность расчета экономических показателей горной технологии обычно также не превышает 5 %.

С учетом приведенных положений в качестве физико-технической и обобщенной технологической основы сопоставления горных пород по сопротивлению выполнению процессов (предшествующих перемещению) предлагается принимать относительный показатель трудности разработки породы  $P_{т.р}$ . Показатель  $P_{т.р}$  характеризует породу в естественном состоянии (в массиве) и вместе с тем учитывает последующие изменения горно-технологических характеристик породы после выполнения процессов подготовки к выемке, выемки и погрузки.

При указанных предпосылках  $P_{т.р}$  приближенно может быть определен из выражения  $P_{т.р} = 1/3(P_б + P_в + P_э)$ ,

где  $P_б$ ,  $P_в$  и  $P_э$  — соответственно показатели трудности бурения, взрывания и экскавации горной породы.

Численно показатели  $P_б$ ,  $P_в$  и  $P_э$  характеризуются категориями породы по буримости, взрываемости и экскавируемости.

По относительной трудности разработки горные породы в соответствии с величиной  $P_{т.р}$  подразделяются на 5 классов и 25 категорий:

I класс — *легкоразрабатываемые* ( $P_{т.р} = 1 \div 5$ ); категории трудности разработки 1, 2, 3, 4, 5;

II класс — *средней трудности разработки* ( $P_{т.р} = 6 \div 10$ ); категории 6, 7, 8, 9, 10;

III класс — *трудноразрабатываемые* ( $P_{т.р} = 11 \div 15$ ); категории 11, 12, 13, 14, 15;

IV класс — *весьма трудноразрабатываемые* ( $P_{т.р} = 16 \div 20$ ); категории 16, 17, 18, 19, 20;

V класс — *исключительно трудноразрабатываемые* ( $P_{т.р} = 21 \div 25$ ); категории 21, 22, 23, 24, 25.

Отличительные черты пород каждого класса;

I класса — возможность их разработки без предварительной подготовки к выемке;

II класса — возможность разработки без производства взрывных работ, но с обязательной предварительной подготовкой к выемке, например осушением, механическим рыхлением, динамическим отколом от массива и т. п.;

III класса — необходимость предварительного взрывания при относительно небольшом расходе ВВ (породы I—II классов по взрываемости);

IV класса — необходимость взрывания при большом расходе ВВ (III—IV классы пород по буримости и взрываемости);

V класса — исключительная трудность бурения и взрывания (породы V класса по буримости и взрываемости и внекатегорные).

Одна и та же порода при разных требованиях к подготовке ее для перемещения может характеризоваться разными показателями  $P_{т.р}$ . Показатель  $P_{т.р}$  вводят для приближенной относительной оценки затрат на выполнение отдельных процессов при укрупненных экономико-технологических расчетах и первоначального выбора комплексов оборудования.

### **Поточная технология.**

Комплекс основного горного и транспортного, вспомогательного и дробильно-сортировочного оборудования должен обеспечить планомерную, в соответствии с мощностью грузопотока, подготовку пород к выемке, их выемку и погрузку, перемещение, складирование и иногда первичную переработку в пределах каждой технологической зоны карьера, в которой формируется грузопоток.

В технологии горных работ может отсутствовать необходимость выполнения отдельных процессов (в основном подготовки пород к выемке, транспортного перемещения), а в комплексе оборудования — соответствующие специальные средства механизации. При погрузке полезного ископаемого в вагоны МПС могут, естественно, отсутствовать средства механизации складирования. *Во всех случаях комплекс оборудования включает машины и механизмы, обеспечивающие выемку и перемещение горных пород.*

Комплексная механизация горных работ на карьерах развивается на основе освоения поточной технологии, а также максимально возможного совмещения отдельных операций при выполнении основных процессов. Поточная технология достигается легче при использовании машин непрерывного действия. Однако можно создать ритмичный поток и при экскаваторах циклического действия, а также при железнодорожном и автомобильном транспорте.

Следует помнить, что большинство производственных процессов открытых горных работ, включая работу цепных и роторных экскаваторов, выполняется повторяющимися циклами меньшей или большей длительности.

Принято считать, что технология с использованием цепных и роторных экскаваторов и

конвейеров является непрерывной и ее называют поточной. Однако полный технологический цикл открытых разработок всегда является циклично-поточным, поскольку в результате горных работ образуются *грузопотоки*.

Основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования, заключаются в следующем:

1. В комплекс оборудования должны входить только *машины, паспортные характеристики которых соответствуют горно-технологическим характеристикам пород при выполнении каждого процесса* (их буримости, взрываемости, экскавируемости, транспортируемости).

2. Комплекс оборудования должен *соответствовать климатическим и горно-геологическим условиям разработки* (залеганию, структуре залежи, обводненности, топографическим условиям и т. п.); горные и транспортные машины должны в одинаковой степени обеспечивать техническую возможность выполнения технологических процессов при изменении горно-геологических условий работ, трудности разработки пород и качества полезного ископаемого.

3. Комплекс оборудования должен *соответствовать принятым системам разработки и вскрытия, размерам и форме карьера, его мощности, сроку строительства и эксплуатации, организационным условиям ведения горных работ, а также средствам механизации, устанавливаемым у потребителей сырья* — на дробильной и обогатительной фабрике, ТЭЦ, складе и т. п.

4. *Чем меньше число действующих машин и механизмов входит в комплекс, тем надежнее, производительнее и экономичнее его работа.*

5. *Отдельные машины и механизмы комплекса по своим параметрам должны соответствовать друг другу* (высота погрузки и разгрузки, отношение геометрических емкостей, динамические нагрузки и т. д.), как правило, быть типовыми и серийными, чтобы была возможна замена. Оборудование, изготовляемое по специальным заявкам, следует применять лишь в особых случаях — при уникальных масштабах горных работ или специфических условиях залегания месторождения, когда применение стандартного оборудования не обеспечивает достижения должного эффекта.

6. *Коэффициент резерва мощности и технической производительности отдельных машин по сравнению со среднечасовыми показателями их работы в соответствии с характером горного производства должен быть не менее 1,2—1,3 (при разработке мягких пород) и не более 1,5—1,7 (при разработке скальных и разнородных пород).*

7. Комплексы по возможности следует обеспечивать *машинами и механизмами непрерывного действия.*

8. Следует по возможности отдавать предпочтение одной мощной машине взамен нескольких машин меньшей мощности.

Однако применение высокопроизводительной мощной машины с большой энерго- и металлоемкостью при недостаточной ее годовой загрузке ухудшает экономические показатели работы по сравнению с показателями работы двух машин, меньших по массе и мощности, но способных выполнить необходимый объем работ. Наилучший экономический эффект достигается всегда при условии *полного использования мощности и производительности машин и механизмов, входящих в комплекс, в первую очередь ведущих машин комплекса оборудования.*

9. *Ведущими машинами, которым подчинены другие элементы комплекса,*

являются, как правило, выемочно-погрузочные машины и средства транспорта; при исключительно трудно-разрабатываемых породах ограничивать производительную работу всего комплекса могут буровые станки; в большинстве случаев производительность ограничивается возможностями карьерного транспорта.

10. Следует отдавать предпочтение комплексам оборудования, при использовании которых *минимально число трудоемких и слабомеханизированных вспомогательных процессов и операций*. Комплектация средств механизации вспомогательных работ и процессов должна обеспечить минимальное время их выполнения. Следует ориентироваться на использование мощных средств вспомогательной техники для обслуживания нескольких комплексов оборудования при четком планировании и управлении их работой.

11. Любые комплексы оборудования должны, полностью *удовлетворять требованиям безопасности горных работ, обеспечивать полноту извлечения запасов полезного ископаемого из недр, требуемое качество продукции и возможность комплексного использования всех видов и сортов полезных ископаемых*.

На вскрышных и добычных работах в большинстве случаев целесообразно применять различные комплексы оборудования. В тех случаях, когда выделить самостоятельные уступы или блоки в пределах залежи полезного ископаемого не представляется возможным, может применяться и единый комплекс оборудования, имеющий лишь различные средства механизации складирования пород и полезного ископаемого.

Таким образом, *основными принципами, на которых базируется формирование комплексов оборудования, являются: поточное производство, возможное совмещение процессов, кратчайшее расстояние перемещения горной массы, сокращение числа и объемов вспомогательных работ*. В конкретных комплексах эти принципы определенным образом реализуются для получения наилучших технико-экономических показателей разработки, прежде всего по труду.

**Опорные слова:** *грузопоток, комплекс горного и транспортного оборудования, комплектность механизации, процессы бурения, взрывания и выемки, качественное, количественное, комплексная механизация и автоматизация, сопротивление пород, относительный показатель трудности разработки породы, классы и категории разработки. основное горное и транспортное оборудование, вспомогательное оборудование, дробильно-сортировочное оборудование, машины.*

#### **Контрольные вопросы:**

1. *Что Вы понимаете под комплектность механизации?*
2. *В чем сущность технологических процессов горных работ?*
3. *Какими факторами объясняется сопротивление пород для каждого последующего процесса?*
4. *В чем отличительные черты пород каждого класса, разделенных по относительному показателю трудности разработки?*
5. *В чем заключаются основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования?*
6. *Каким требованиям должны соответствовать комплексы оборудования?*
7. *Что должна обеспечить комплектация средств механизации вспомогательных работ и процессов?*

### ***Литература:***

- 1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.*
- 2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.*
- 3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.*
- 4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.*
- 5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.*

## Лекция 13

**Тема:** Технологическая классификация комплексов оборудования

### План:

1. Выемочно-отвальные комплексы оборудования.
2. Экскаваторно-отвальные комплексы оборудования.
3. Выемочно-транспортно-отвальные комплексы оборудования.
4. Экскаваторно-транспортно-отвальные комплексы оборудования.
5. Выемочно-транспортно-разгрузочные комплексы оборудования.

Комплексы оборудования, применяемые и внедряемые на карьерах, можно подразделить на шесть технологических классов (табл. 14.1).

При наличии выемочно-погрузочного оборудования непрерывного действия комплексы оборудования называются выемочными, а при выемочно-погрузочном оборудовании циклического действия — экскаваторными.

Комплексы оборудования для вскрышных работ обязательно включают средства механизации отвальных работ, а комплексы оборудования для добычных работ — средства механизации разгрузочных работ.

Выемочно-отвальные комплексы оборудования (ВО) включают роторные и цепные экскаваторы, консольные отвалообразователи или транспортно-отвальные мосты (рис. 14.1, а).

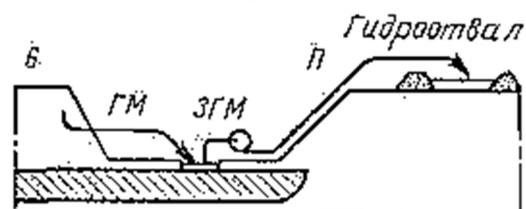
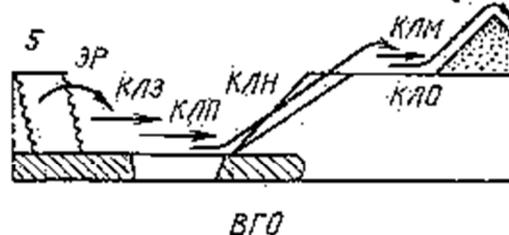
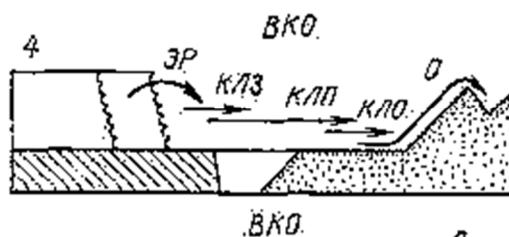
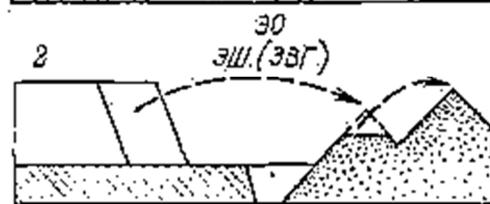
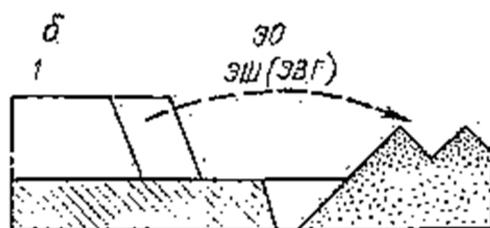
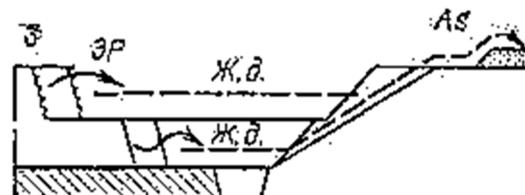
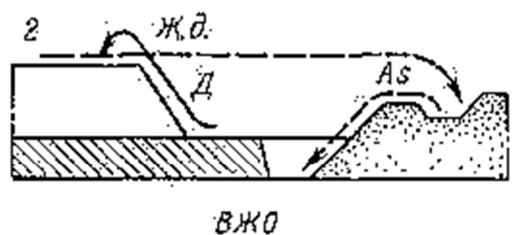
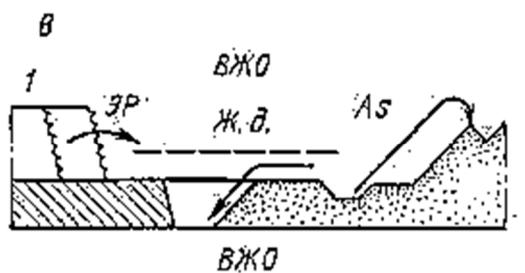
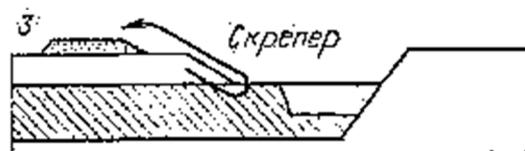
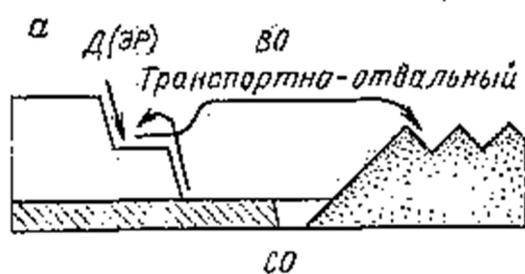
Основными машинами экскаваторно-отвальных комплексов оборудования (ЭО) являются мощные вскрышные мехлопаты или драглайны, используемые для перевалки вскрышных пород в выработанное пространство (рис. 14.1, б, 1, 2). К этому же классу относятся комплексы скреперного оборудования (СО) (рис. 14.1, б, 3).

Характерной особенностью выемочно-транспортно-отвальных комплексов оборудования (ВТО) является непрерывность выемки мягких или мелкозорованных скальных пород и транспортирования вскрышных пород (рис. 14.1, в).

Для экскаваторно-транспортно-отвальных комплексов оборудования (ЭТО) характерно использование при выемке и погрузке экскаваторов циклического действия, а для перемещения — практически всех известных видов транспорта (рис. 14.1, г).

Выемочно (экскаваторно)-транспортно-разгрузочные комплексы оборудования (ВТР и ЭТР) отличаются наличием разгрузочных устройств на поверхности или у потребителей (рис. 14.1, д, е).

Дальнейшая дифференциация комплексов оборудования производится в тесной связи с технологией горных работ по видам оборудования ведущего процесса (выемочно-погрузочные работы, перемещение грузов и отвалообразование). При этом определяющая роль, как правило, принадлежит применяемому виду транспорта, название которого входит в наименование комплексов (ВКО, ЭЖО, ЭАР и т. д.).



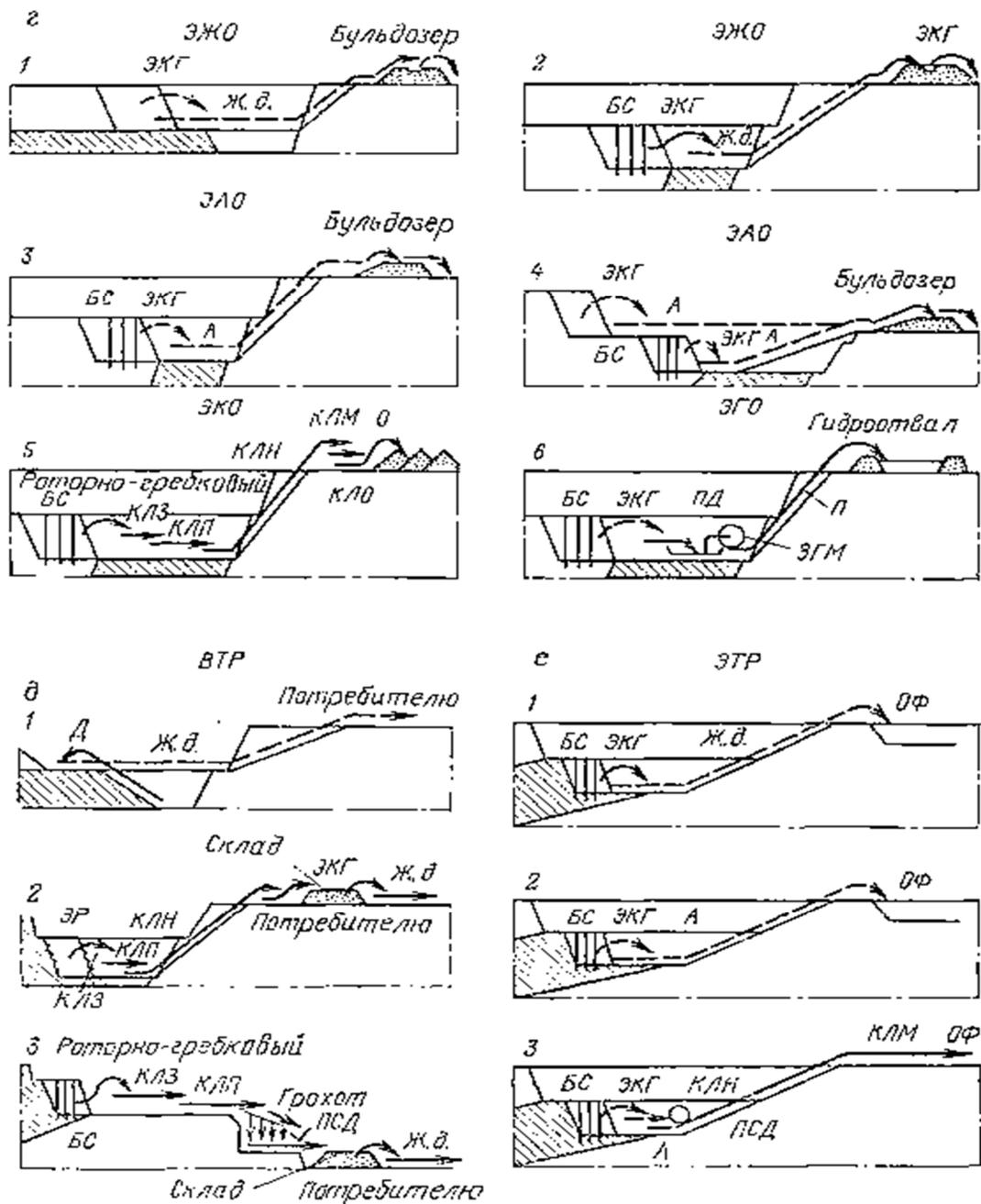


Рис. 14.1. Схемы комплексов оборудования, применяемые при открытой разработке:

а — выемочно-отвальные; б — экскаваторно-отвальные (1 и 2 — с простой и кратной перевалкой; 3 — скреперные); в — выемочно-транспортно-отвальные (1, 2 и 3 — с железнодорожным транспортом; 4 и 5 — с конвейерным транспортом; 6 — с гидротранспортом); г — экскаваторно-транспортно-отвальные (1 и 2 с железнодорожным транспортом; 3 и 4 — с автомобильным транспортом; 5 — с конвейерным транспортом; 6 — с гидротранспортом); д — выемочно-транспортно-разгрузочные (1 — с железнодорожным транспортом; 2 и 3 с конвейерным транспортом); е — экскаваторно-транспортно-разгрузочные (1 — с железнодорожным транспортом; 2 — с автомобильным транспортом; 3 с автомобильно-конвейерным транспортом); Д — цепной экскаватор; ЭР — роторный экскаватор; ЭШ — драглайн; ЭВГ и ЭЖГ — соответственно вскрышная и карьерная мехлопаты; О — консольный отвалообразователь; Ас — абзетцер; КЛЗ, КЛП, КЛН, КЛМ и КЛО — ленточные конвейеры соответственно забойный, передаточный, наклонный

(подъемный), магистральный, отвальный; ГМ — гидромонитор; ЗГМ — землесос; П — пульповод; БС — буровой станок; А — автотранспорт; ПД и ПСД — соответственно передвижная и полустационарная дробилки; ОФ — обогатительная фабрика.

Таблица 19.1. Технологическая классификация комплексов оборудования, применяемых при открытой разработке

Класс комплексов	Комплекс оборудования	Тип оборудования комплекса		
		Выемочно-погрузочные работы	Транспортирование	Отвалообразование и складирование
1	Въемочно-отвальный (ВО)	Роторные и цепные экскаваторы	Нет	Транспортно-отвальные мосты, консольные отвалообразователи
2	Экскаваторно-отвальный (ЭО, СО)	Вскрышные экскаваторы, скреперы	Нет	Вскрышные экскаваторы, скреперы
3	Въемочно-транспортно-отвальный (ВТО)	1) Роторные и цепные экскаваторы, гидроразрыв (м. п.) * 2) Скальные комбайны, специализированные экскаваторы (с. п.) **	Конвейеры, гидротранспорт, железнодорожный транспорт и автопоезда	1) Консольные отвалообразователи, гидроотвалы (м. п.) 2) Отвальные машины (с. п.)

Так как наиболее дорогостоящим и трудоемким процессом при открытой разработке является перемещение горных пород, минимальные затраты средств достигаются либо при перемещении пород в конечное положение по кратчайшему расстоянию, либо при использовании дешевых видов транспорта.

При разработке горизонтальных и пологих залежей часто все или часть вскрышных пород перемещают в выработанное пространство по кратчайшему расстоянию — поперек фронта работ уступа, совмещая при этом все или часть технологических процессов. При плотных и мягких вскрышных породах совмещение технологических процессов достигается при использовании:

выемочных машин с необходимыми размерами рабочего оборудования, когда комплекс включает только один вид основного оборудования — обычно одноковшовые экскаваторы;

выемочных машин и транспортно-отвальных агрегатов, когда комплексы оборудования включают роторные экскаваторы и консольные отвалообразователи или цепные многоковшовые экскаваторы и транспортно-отвальные мосты.

Помимо частичного совмещения процессов, использование выемочно-отвальных комплексов оборудования обеспечивает и непрерывность выполнения всех процессов.

При перемещении мягких вскрышных пород вдоль фронта работ уступов во внутренние или внешние отвалы типичными комплексами оборудования являются:

роторные экскаваторы — конвейерный транспорт — консольные отвалообразователи;

цепные многоковшовые экскаваторы — железнодорожный транспорт — абзетцеры;

одноковшовые экскаваторы — конвейерный транспорт с бункерами-питателями — консольные отвалообразователи;

скреперы или бульдозеры.

Комплексы оборудования, применяемые при разработке и продольном перемещении скальных и полускальных пород, весьма разнообразны, как разнообразны типы и свойства коренных пород и условия их залегания. Обычно комплексы включают в качестве основного оборудования буровые станки различных типов (при подготовке полускальных пород — иногда механические рыхлители), одноковшовые экскаваторы типа мехлопаты (иногда при выемке мелкозсорванных пород — одноковшовые погрузчики), различные транспортные средства, отвалообразователи, выбор которых зависит в первую очередь от вида применяемого транспорта.

Наиболее распространены (до 1/2 объемов горных работ) комплексы с железнодорожным транспортом и одноковшовыми экскаваторами на отвалах. Широко применяются также комплексы с автомобильным транспортом и бульдозерами на отвалах.

В глубоких карьерах широко используются комплексы с автомобильно-железнодорожным транспортом. Перспективны комплексы с автомобильно-конвейерным и автомобильно-скиповым транспортом, а также (при допустимой крупности взорванных пород или дополнительном механическом дроблении их в местах погрузки на рабочих уступах) комплексы с использованием только конвейерного транспорта, а в качестве выемочно-погрузочных машин — соответственно оборудования непрерывного действия и одноковшовых экскаваторов.

При разработке месторождений нагорного типа, помимо перечисленных, применяют комплексы с комбинированным транспортом, включающим в различном сочетании автомобильный транспорт, рудоспуски, канатно-подвесные дороги, железнодорожный транспорт.

При разработке скальных и полускальных пород комплексы оборудования с транспортными средствами механизации характеризуются относительной независимостью выполнения процессов. Степень независимости различна для разных процессов и определяется в первую очередь технической возможностью и экономической целесообразностью создания запасов (резерва) горной массы, необходимых для бесперебойного выполнения следующего процесса. Например, бурение и взрывание могут быть в значительной степени независимыми друг от друга и от выемочно-погрузочных работ при создании достаточных запасов подготовленной к разработке и готовой к выемке породы; автомобильный и железнодорожный транспорт (в их комбинации) — если перегрузочный пункт является складом. Гораздо меньшей степенью независимости характеризуется работа отвальных экскаваторов и железнодорожного транспорта, обеспечиваемая за счет относительно небольшого объема породы, остающегося в приемном бункере после разгрузки поезда. Минимальной независимостью характеризуются комплексы с одноковшовыми экскаваторами и конвейерным транспортом, связь между которыми осуществляется через бункера-питатели (вследствие их малой вместимости).

Помимо запасов горной массы, независимость процессов обеспечивается технической возможностью их выполнения при выходе из строя некоторых основных средств механизации, например одного-двух железнодорожных составов, нескольких автомобилей, отвального экскаватора. В этом случае в процессе работы возможно перераспределение технических средств, которое, естественно, ведет к уменьшению производительности или простоям оборудования, но не к прекращению работы.

**Опорные слова:** выемочные, экскаваторные, средства механизации отвальных работ, средства механизации разгрузочных работ, основные машины, выемочно-отвальные, экскаваторно-отвальные, выемочно-транспортно-отвальные, экскаваторно-транспортно-отвальные, выемочно-транспортно-разгрузочные.

#### **Контрольные вопросы:**

1. На какие классы подразделяются комплексы оборудования, применяемые и внедряемые на карьерах?
2. Какие комплексы оборудования называются выемочными?
3. Какие комплексы оборудования называются экскаваторными?
4. Какие машины и механизмы включают в себя выемочно-отвальные комплексы?
5. Чем отличаются выемочно-транспортно-разгрузочные комплексы оборудования от других комплексов?

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ.

*Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.*

*6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.*

*7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.*

## Лекция 14

**Тема:** Продольные, поперечные, веерные и кольцевые системы разработки

**План:**

1. Продольные системы разработки.
2. Поперечные системы разработки.
3. Веерные системы разработки.
4. Кольцевые системы разработки.

Продольные и поперечные системы разработки предпочтительны при вытянутых залежах, имеющих в плане форму, близкую к прямоугольнику или вытянутому овалу.

*Продольная однобортовая система разработки* горизонтальными слоями широко распространена при больших карьерных полях вытянутой формы; она позволяет применять:

комплексы ВО и ЭО при кратчайшем расстоянии перемещения вскрышных пород во внутренние отвалы;

комплексы ВТО и ЭТО с перемещением пород транспортными средствами по фронту работ;

те же комплексы одновременно для перевалки пород нижнего уступа во внутренние отвалы и перемещения пород верхних уступов транспортными средствами на внешние или внутренние отвалы.

Добычные работы ведут с применением, как правило, независимого выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

Для продольной однобортовой системы характерно параллельное перемещение фронта работ уступов. При этом ширина разрабатываемой панели или заходки по всей длине фронта одинакова.

Транспортные коммуникации включают забойные пути или дороги З, соединительные пути на бермах М и пути капитальной траншеи К (рис. 15.1, а). Пункт примыкания передвижных (забойных) путей к стационарным путям переносят по мере перемещения фронта, само примыкание осуществляется на соединительных бермах, оставляемых на нерабочем борту карьера, а соединительные пути периодически удлиняют. Схема движения средств транспорта при перенесении пункта примыкания не меняется.

При использовании комплексов ЭТО и ЭТР продольные параллельные экскаваторные заходки (по простиранию залежи) обеспечивают достаточный фронт для размещения двух-трех экскаваторов на уступе, следующих с некоторым отставанием один за другим. При железнодорожном транспорте необходимо систематически переносить криволинейную часть пути (см. рис. 15.1, а).

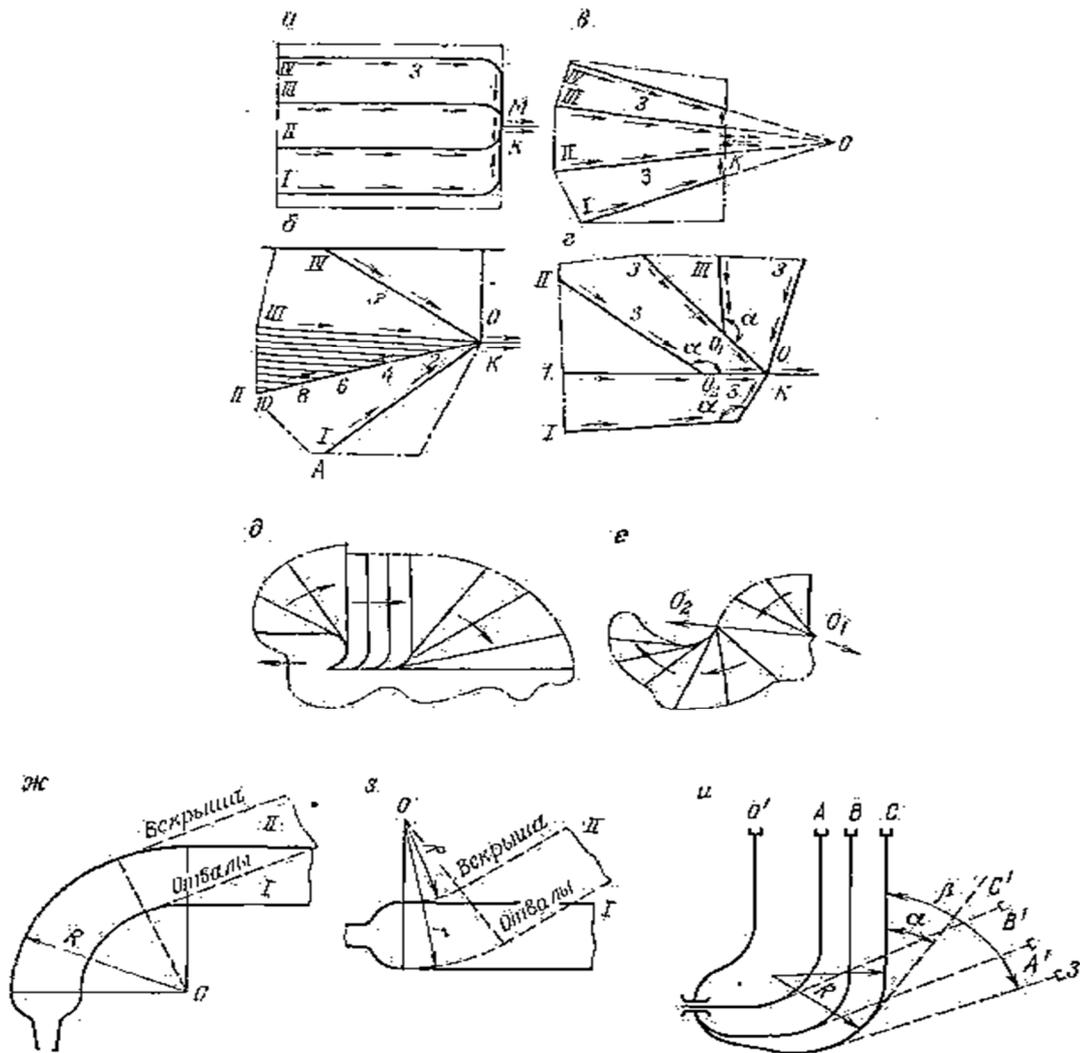


Рис. 15.1. Схемы перемещения фронта работ:

I – IV – последовательность положения фронта работ; А, В, С и А', В', С' — положения забойных путей соответственно до и после поворота на угол  $\beta$ ; О' — отвальный путь.

Параллельное перемещение фронта горных работ типично при использовании мехлопат и роторных экскаваторов в комплексе с колесным и конвейерным транспортом. Сравнительно редко его применяют при цепных экскаваторах и транспортно-отвальных мостах; при этом на площадках устраивают большое число путей, и перенос их на криволинейных участках сложен и трудоемок.

*Продольная двухбортовая система разработки* горизонтальными слоями иногда применяется при весьма больших карьерных полях и значительных запасах полезного ископаемого. При этой системе создаются предприятия большой производственной мощности, особенно в тех случаях, когда наименьшая мощность вскрышных пород приходится на середину карьерного поля.

*Поперечные однобортовые системы разработки* используют:

при относительно узких и вытянутых или рассредоточенных залежах, когда фронт горных работ располагать параллельно длинной оси карьерного поля нецелесообразно из-за большого объема горно-капитальных работ и короткого периода эксплуатации;

при больших (и близких по величине) длине и ширине карьерного поля, когда

расположение фронта работ параллельно короткой оси карьера достаточно для размещения одного мощного комплекса вскрышного оборудования.

В первом случае обычно применяют комплексы ЭАО, а во втором случае — комплексы ЭО, ВО или ВКО.

*Веерная центральная система разработки* эффективна при округлой и близкой к треугольной конфигурации карьерного поля, позволяющей удобно расположить постоянный поворотный пункт. В редких случаях применяется двухбортовая веерная система разработки.

При веерном развитии перемещение фронта работ происходит по мере отработки уступов так, что начало его находится всегда у постоянного поворотного пункта О, а конец описывает часть окружности радиусом, равным длине уступа (рис. 15.1, б). При этом скорости подвигания отдельных мест фронта изменяются от нуля у поворотного пункта до максимума в торце уступа.

Уступы обрабатывают заходками переменной ширины, имеющими в плане форму треугольника или трапеции, или заходками постоянной ширины, но при разном их числе на отдельных участках фронта работ и периодической выемке «клиньев» у начала каждой заходки.

Веерную систему обычно применяют при разработке мягких пород комплексами с цепными экскаваторами и железнодорожным транспортом при передвижке железнодорожных путей путепередвижателями непрерывного действия. В течение определенного числа смен экскаваторы осуществляют выемку породы на соответствующих пикетах (0—10) таким образом, что на начальные пикеты (0—1) приходится одна единица подвигания фронта, в то время как на конечных пикетах (9—10) подвигание составляет девять единиц.

Положение поворотного пункта при обработке карьерного поля остается неизменным, производят только «развертывание» кривых поворотного пункта, обрабатывая один торец карьера. Протяженность фронта работ остается неизменной. При веерном перемещении фронта возможны только односторонний транспортный доступ к уступам и тупиковая схема движения поездов в пределах горизонта при железнодорожном транспорте. Благодаря постоянному поворотному пункту облегчается примыкание путей капитальной траншеи к путям рабочих горизонтов карьера и исключается необходимость систематического выполнения трудоемких работ по переносу криволинейных участков путей. Сокращается расстояние перемещения горной массы, а в ряде случаев и объем горно-подготовительных работ. У пункта примыкания путей удобно размещать промышленные сооружения (тяговые подстанции, депо, мастерские, и т.п.) и постоянные водоотливные установки. Наличие минимального числа стрелочных переводов позволяет применять путепередвижные машины непрерывного действия.

При использовании комплексов с цепными экскаваторами характерно сезонное ведение вскрышных работ и круглогодичное — добычных работ. Поэтому необходимо иметь значительный объем вскрытых и готовых к выемке запасов полезного ископаемого на зимний период. Для его увеличения иногда центр поворотного пункта выносят за контур /карьера (рис. 15.1, в) или применяют смешанное веерное и параллельное перемещение фронта (рис. 15.1, з). В этом случае целик вскрытых запасов в плане приобретает форму трапеции, а его относительный объем увеличивается.

За период работы карьера система разработки может изменяться: одну часть карьерного поля обрабатывают с применением продольной системы разработки, а другую — веерной системы разработки (рис. 15.1, д). При веерном перемещении фронта поворотный пункт переносят с изменением направления разворота веера (рис. 15.1, е).

Конструкцию поворотного пункта выбирают, исходя из требований полноты отработки карьерного поля, надежной работы транспорта в течение всего периода эксплуатации карьера и минимального объема горно-капитальных работ.

Центр поворота может размещаться со стороны нерабочего борта карьера (рис. 15.1, ж) и со стороны рабочего его борта (рис. 15.1, з). В первом случае по мере поворота увеличивается длина фронта работ и возрастает площадь участка карьерного поля, обрабатываемого при одном положении поворотного пункта. Однако при этом увеличивается объем работ по его сооружению.

По мере подвигания фронта работ рельсовые пути перемещают, но они постоянно располагаются по касательным к соответствующим кривым поворотного пункта. При подвигании фронта работ и повороте забойных путей на угол  $\beta$  (рис. 15.1, и) часть кривой поворотного пункта выпрямляется и длина фронта увеличивается. Угол поворота веера  $\beta$  выбирают из условия наибольшей возможной площади карьерного поля, обрабатываемой без переукладки стационарных путей; при углах  $\beta > 180^\circ$  возникают определенные трудности.

Кольцевую центральную систему разработки применяют в отдельных случаях, когда участки с небольшой мощностью вскрышных пород или с полезным ископаемым лучшего качества приурочены к середине карьерного поля, а также при его благоприятных очертаниях (рис. 15.2, а и б). Вскрышные породы перемещают на внутренние и внешние отвалы, поскольку вместимости внутренних отвалов недостаточны для размещения всего объема вскрышных пород. Наиболее удобно при такой системе перемещать вскрышные породы и полезное ископаемое с применением автотранспорта (см. рис. 15.2, а).

Если залежь полезного ископаемого имеет округлую форму в плане и мощность вскрышных пород минимальная на отдельных участках поля и максимальная в его середине, экономически выгодно применять кольцевую периферийную систему разработки (рис. 15.2, в).

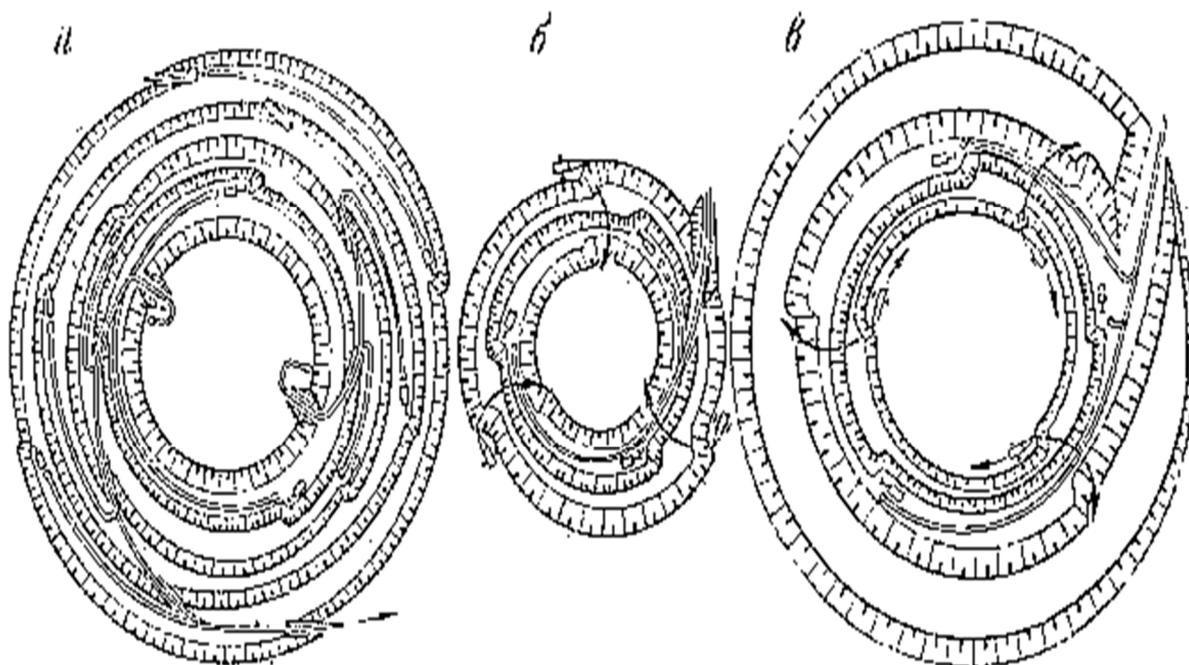


Рис. 15.2. Сплошные кольцевые системы разработки.

**Опорные слова:** вытянутая залежь, большие карьерные поля, продольная однобортная, продольная двухбортная, поперечная однобортная, веерная центральная,

комплексы ВО, ЭО, ВТО и ЭТО.

**Контрольные вопросы:**

1. Охарактеризуйте продольную систему разработки.
2. При каких случаях используют поперечные однобортные системы разработки?
3. Какие комплексы оборудования применяют при продольных системах разработки?
4. При каких случаях применяют веерные системы разработки?
5. При каких случаях применяют кольцевые системы разработки?

**Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
4. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
5. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 15

**Тема:** Вскрытие рабочих горизонтов при сплошных системах разработки

### План:

1. Бестраншейное вскрытие.
2. Вскрытие внешними траншеями.
3. Вскрытие внутренними траншеями.
4. Вскрывающие трассы.

Бестраншейное вскрытие характерно:

при разработке месторождений с использованием башенных экскаваторов и канатных скреперов;

для вскрышных горизонтов при использовании комплексов оборудования ВО, ЭО, ВКО и ЭКО при внутреннем отвалообразовании (рис. 16.1, б, в и е), а также для добычных горизонтов при использовании межступенных перегружателей — конвейерных мостов;

при нарезке передовых уступов в результате повышения рельефа поверхности, транспортный доступ к которым осуществляется непосредственно с поверхности (см. рис. 16.1, в);

при использовании бульдозерных и скреперных комплексов, если движение машин на подъем (спуск) осуществляется по выположенному откосу уступа;

в случаях применения гидромеханизированных и дражных комплексов оборудования.

Внешние отдельные траншеи типичны для вскрытия:

одного добычного горизонта при разработке горизонтальных (см. рис. 16.1, б, в, г и н) и пологих залежей, если угол падения последних  $\beta$  не превышает допустимого подъема  $i$  для принятого вида транспорта ( $\text{tg } \beta \leq i$ ) (рис. 16.1, о);

одного вскрышного горизонта при использовании скреперных и бульдозерных комплексов;

одного-двух вскрышных горизонтов при автомобильном или конвейерном транспорте и внешнем отвалообразовании (рис. 16.1, з);

одного вскрышного горизонта при железнодорожном транспорте и другом виде транспорта на добычных работах.

Внешние групповые траншеи в аналогичных условиях применяют для вскрытия:

двух (реже более) добычных горизонтов;

всех вскрышных горизонтов при использовании железнодорожного, а на добычных работах — конвейерного, автомобильного или железнодорожного (при рассредоточении вскрышного и добычного грузопотоков) транспорта, когда  $\text{tg } \beta \leq i$ ;

группы верхних вскрышных горизонтов при железнодорожном транспорте, когда нижний вскрышной уступ обрабатывают с применением экскаваторно-отвального комплекса, а добычной — другим видом транспорта.

Внешние общие траншеи применяют для вскрытия горизонтальных пологих ( $\text{tg } \beta \leq i$ ) залежей при использовании железнодорожного транспорта (рис. 16.1, а).

Внутренние траншеи часто применяют для вскрытия всех или группы верхних вскрышных горизонтов при автомобильном транспорте (рис. 16.1, д, е, н и п).

Траншеи смешанного заложения (внешние и внутренние) типичны для вскрытия пологих месторождений при использовании железнодорожного транспорта (рис. 16.1, ж, з, и, к, л, м, о и п). Нередко они применяются при разработке горизонтальных и пологих залежей ограниченных размеров с использованием автомобильного транспорта.

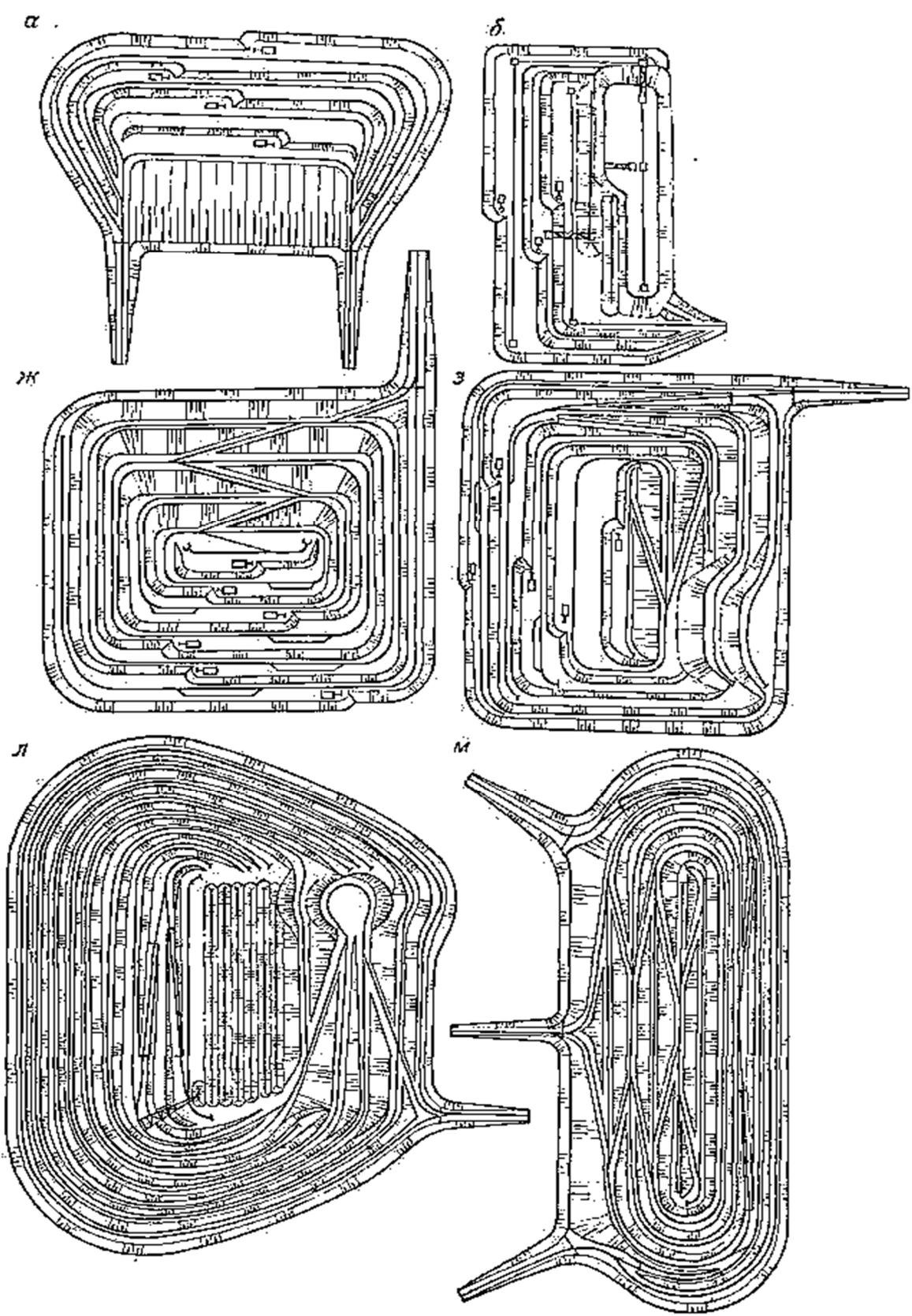
На рабочие горизонты, где применяется железнодорожный и конвейерный транспорт, а также комплексы ВО и ЭО, как правило, проводят вспомогательные автомобильные съезды (см. рис. 16.1, в).

*Схемы вскрывающих трасс для горизонтальных и пологих залежей различаются: видами применяемых вскрывающих выработок; числом рабочих горизонтов, вскрываемых общей трассой; числом траншей, имеющих разные трассы; местоположением внешних и внутренних траншей относительно контура карьерного поля (рабочий и нерабочий продольный или торцовый борт, внутренние отвалы, комбинации их); формой трасс траншей и числом горизонтов, вскрываемых прямым отрезком трассы.*

Конкретные способы вскрытия характеризуются сочетанием указанных выше факторов, принимаемых с учетом горно-геологических и горно-технических условий на начало, на отдельные этапы и окончание разработки месторождения. Поэтому *эти способы вскрытия индивидуальны и практически не повторяют друг друга.*

*При разработке горизонтальных и пологих залежей основные группы схем вскрывающих трасс различаются положением оси вскрывающих выработок относительно контура карьера.*

Вскрытие с применением одной фланговой внешней общей траншеи типично для одинарного тупикового фронта при продольной односторонней и веерной системах разработки и использовании комплексов ЭЖО и ЭЖР. Две фланговые траншеи характерны при сквозном одинарном и сдвоенном тупиковом фронте горных работ (рис. 16.1, а). Одной центральной траншеей в некоторых случаях вскрываются россыпи и месторождения строительных горных пород при использовании автотранспорта и подготовке горизонтов разрезными траншеями или котлованами.



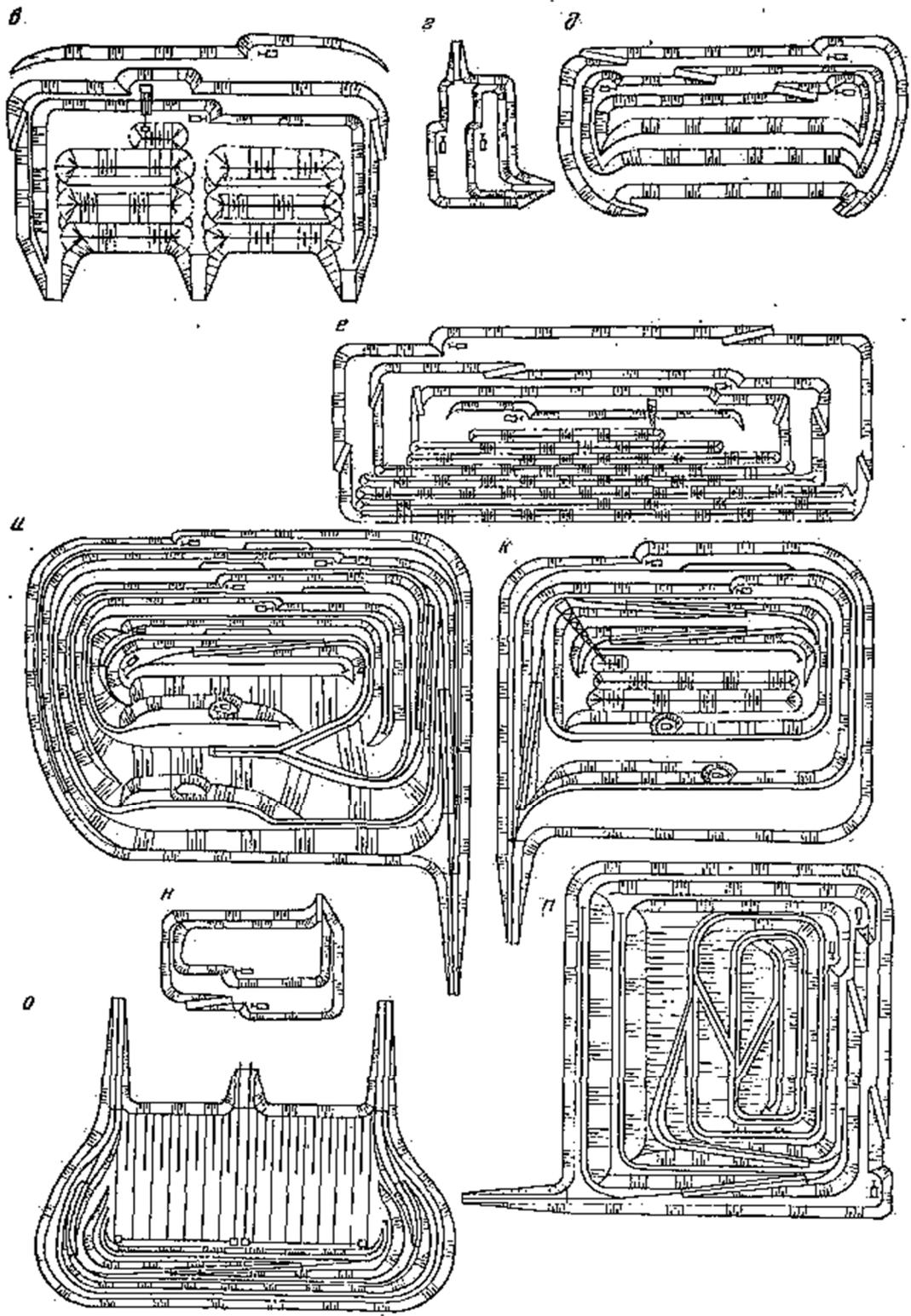


Рис. 16.1. Способы вскрытия горизонтальных и пологих залежей.

Внешние групповые и отдельные траншеи применяются при отработке всей или нижней части толщи вскрышных пород на горизонтальных месторождениях комплексами оборудования ЭО и ВО как при продольной (см. рис. 16.1, б и в), так и при веерной (рис. 16.2) системах разработки. Число траншей (одна, две или три) зависит от размеров карьерного поля.

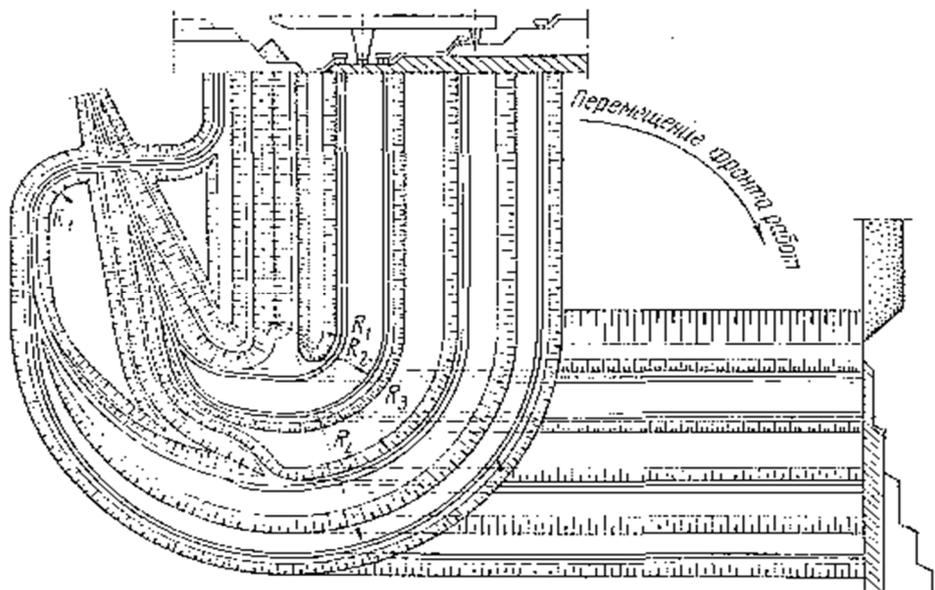


Рис. 16.2. Схема вскрытия и конструкция поворотного пункта при веерной системе и использовании комплексов ВО, ВЖО и ВЖР

Отдельные и групповые внешние траншеи применяются при разработке месторождений небольших размеров в плане и по глубине (россыпей, строительных горных пород) при использовании скреперов, погрузчиков, автотранспорта, реже — конвейерного транспорта (см. рис. 16.1, з).

Схемы вскрывающих трасс внутреннего заложения широко применяются в период строительства карьеров при работе комплексов ЭАО. Траншеи в основном групповые или общие; применяются и временные съезды, размещаемые на рабочем борту карьера (см. рис. 16.1, д). При перевалке пород нижнего вскрышного уступа в выработанное пространство вскрытие добычного горизонта при автотранспорте в ряде случаев осуществляется с использованием внутренних полустационарных съездов по торцовым бортам карьера (см. рис. 16.1, е).

Трассы смешанного (внешнего и внутреннего) заложения применяются при разработке пологих залежей ( $\text{tg } \beta > i$ ), в первую очередь при использовании железнодорожного транспорта на вскрышных работах.

Общие одна или две фланговые траншеи смешанного заложения характерны при перевозках всей горной массы железнодорожным транспортом соответственно при одинарном тупиковом или одинарном сквозном и сдвоенном тупиковом фронте горных работ (см. рис. 16.1, ж, з и и).

При внешнем отвалообразовании внутренняя часть трассы обычно расположена на продольном нерабочем борту карьера. Форма внутренней трассы при одной траншее — тупиковая многоступенчатая (см. рис. 16.1, ж). Одноступенчатая тупиковая трасса характеризуется устройством тупиков на каждом горизонте, а многоступенчатая (поступательно-тупиковая) - устройством тупиков через  $n$  горизонтов

$$n \approx \frac{L_{к.ср}}{l_T} = \frac{L_{к.ср} i_p}{K_y H_y},$$

где  $L_{к.ср}$  — средняя длина карьера, м;  $l_T$  — длина участка трассы при вскрытии одного горизонта, м;  $K_y$  — коэффициент удлинения простой внутренней трассы при примыкании на

площадках.

При перемещении вскрышных пород во внутренние отвалы трасса часто располагается в торце карьера и нижней части продольного нерабочего борта, свободного от отвалов (см. рис. 16.1, з). Нередко нижняя часть внутренней трассы размещается на рабочем борту карьера (см. рис. 16.1, и).

При формировании внутренних многоярусных отвалов с частичной перевалкой и перевозкой пород железнодорожным транспортом внутренняя часть трассы размещается обычно в торце и на рабочем борту карьера (см. рис. 16.1, к). При размещении в выработанном пространстве только бестранспортных отвалов верхняя часть внутренней трассы устраивается на этих же отвалах (см. рис. 16.1, л). Применяются обычно одна-две фланговые групповые траншеи.

На очень мощных карьерах большой протяженности вскрытие вскрышных горизонтов может быть осуществлено двумя фланговыми траншеями с размещением внутренней части трассы в торце и на рабочем борту карьера, а добычных горизонтов — центральной траншеей смешанного заложения с одной или двумя внутренними трассами (см. рис. 16.1, м). Вскрытие одной общей центральной траншеей при колесном транспорте применяется редко в связи с увеличением пробега транспортных средств по горизонтам по сравнению с фланговым вскрытием.

Схемы с параллельным использованием вскрывающих трасс внешнего, внутреннего и смешанного заложения применяются при:

вскрытии добычного и вскрышного горизонтов соответственно внешней и внутренней отдельными траншеями (см. рис. 16.1, к), что характерно для многих россыпей и месторождений по добыче строительных горных пород;

вскрытии вскрышных горизонтов фланговыми траншеями смешанного заложения, а добычных горизонтов внешними центральными (одной или несколькими). Это характерно при использовании железнодорожного и конвейерного транспорта соответственно на вскрышных и добычных работах (см. рис. 16.1, о);

вскрытии, когда на вскрышных работах применяют одновременно железнодорожный и автомобильный транспорт (см. рис. 16.1, п).

Схемы этой группы широко применяются при использовании на карьере как различных, так и одного вида транспорта для сокращения расстояния транспортирования горной массы, ускорения вскрытия и подготовки горизонтов и т. д.

*Системы вскрывающих трасс* при разработке горизонтальных и пологих ( $\text{tg}\beta < i$ ) месторождений часто адекватны схемам вскрывающих трасс (из-за неизменности вскрытия в течение срока эксплуатации карьера). При вскрытии внутренними траншеями со скользящей или полустационарной трассой система вскрывающих трасс характеризуется регулярным изменением положения вскрывающих выработок в плане. Нередко изменяется положение только части вскрывающих выработок. Периоды неизменного положения отдельных траншей составляют от трех-четырех месяцев до нескольких лет.

Более динамичны в целом системы вскрывающих трасс пологих месторождений, когда  $\text{tg}\beta > i$ . Внешние отрезки их, как правило, остаются неизменными. При расположении внутренней части трассы на продольном нерабочем борту карьера она постепенно углубляется при проведении новых полутраншей и устройства тупиков или петлевых соединений. Нижняя часть внутренней трассы при расположении на торцовом борту карьера и продольном нерабочем борту (при перемещении пород во внутренние отвалы железнодорожным транспортом) является полустационарной. Наряду с переносом тупиковых съездов на нижних

горизонтах с увеличением ширины карьера ликвидируется часть тупиковых соединений на средних по глубине вскрышных горизонтах. С глубиной карьера трасса вскрывающих выработок в целом усложняется: увеличиваются число поворотов трассы и длина ее части, расположенной на рабочем борту карьера; сокращается число уступов, вскрываемых прямым отрезком трассы. Одновременно уменьшается возможное число траншей для вскрытия нижних горизонтов.

**Опорные слова:** *бестраншейное вскрытие, внешние отдельные траншеи, внешние групповые траншеи, внешние общие траншеи, внутренние траншеи, траншеи смешанного заложения, схемы вскрывающих трасс, внутреннее заложение, смешанное заложение, параллельное использование вскрывающих трасс.*

#### **Контрольные вопросы:**

1. Для каких месторождений характерно бестраншейное вскрытие?
2. При каких случаях применяют внешние отдельные траншеи?
3. Чем различаются схемы вскрывающих трасс для горизонтальных и пологих залежей?
4. Чем характеризуется одноступенчатая тупиковая трасса?
5. При каких случаях применяют схемы с параллельным использованием вскрывающих трасс?

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. *Краткий справочник по открытым горным работам.* М., «Недра», 1982.
2. *Открытые горные работы. Справочник.* Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.

## Лекция 16

### Тема: Порядок выемки экскаваторно-отвальными технологическими комплексами

**Цель занятия:** ознакомление с применением технологических комплексов для перевалки вскрышных пород в выработанное пространство.

#### План:

1. Условия применения технологических комплексов.
2. Расчеты и анализ технологических комплексов и схем экскавации.

Применение технологических комплексов для перевалки вскрышных пород в выработанное пространство очень экономично и желательно во всех случаях, когда это возможно, в частности при следующих условиях:

горизонтальное или пологое падение залежи полезного ископаемого (обычно не более 10–12°, иногда до 15–17°);

ограниченные мощности залежи (до 20–30 м, в отдельных случаях до 50–60 м) и вскрышных пород (до 40–45 м, иногда до 60 м).

Указанные технологические комплексы применяют и при отработке выходов наклонных и крутых залежей или узких, вытянутых и неглубоко залегающих линз полезного ископаемого. При этом производится непосредственная или кратная перевалка вскрышных пород на борта карьера.

Расчеты жестко взаимосвязанных вскрышного и добычного технологических комплексов связаны:

- с выбором типа и мощности вскрышных экскаваторов и схемы экскавации;
- с выбором вида добычного комплекса, в первую очередь транспорта полезного ископаемого, и установлением порядка транспортного обслуживания добычных забоев при работе экскаваторно-отвального комплекса оборудования;
- с определением ширины заходок, берм, площадок вскрышных и добычных уступов и расчетом вскрытых запасов полезного ископаемого.

Взаимная расстановка оборудования должна рассчитываться комплексно: в плане и по нескольким типичным геологическим профилям. Расчеты только по одному поперечному профилю, без учета расстановки и последовательности работы оборудования в плане (по фронту работ), могут привести к значительным погрешностям.

Важным условием правильного расчета и построения вскрышного и добычного технологических комплексов является равенство или кратность ширины заходки по полезному ископаемому ширине заходки по вскрышным породам с целью равномерности подвигания фронта вскрышных и добычных работ.

С увеличением мощности вскрышных пород, размещаемых во внутренние

отвалы, а также мощности залежи или при отсутствии достаточно мощных вскрышных экскаваторов простая и кратная перевалка породы становится либо неэффективной, либо технически невозможной. К значительному усложнению технологических комплексов приводит требование обеспечения достаточно больших вскрытых запасов полезного ископаемого при сезонном ведении вскрышных работ.

Расчеты и анализ технологических комплексов и схем экскавации, как и конструктивные решения элементов системы разработки, приводятся ниже применительно к наиболее распространенной продольной однобортовой системе разработки.

После отработки одной вскрышной заходки 1 и одной заходки по полезному ископаемому  $y$  (рис. 23.1, *а*) порода из очередной вскрышной заходки 2 может размещаться на свободной площади выработанного пространства (за исключением призабойной полосы  $\Pi$ ) в отвальной заходке  $2_0$  (рис. 23.1, *б*).

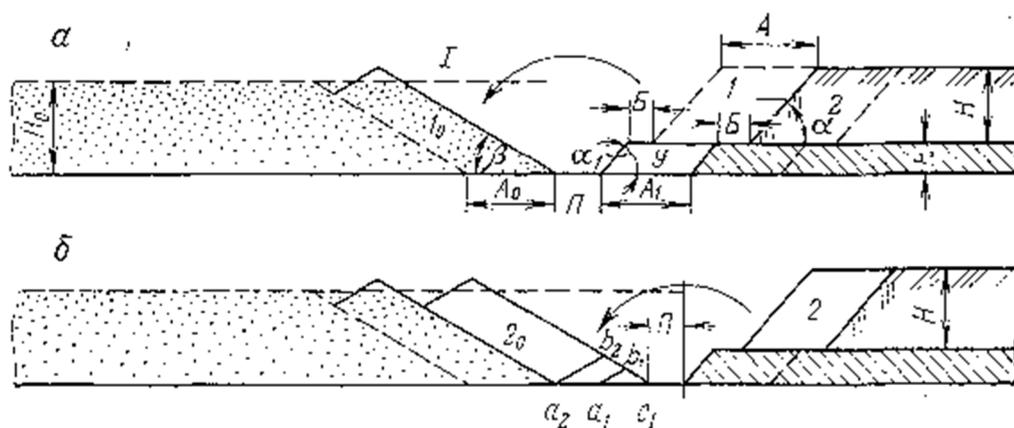


Рис. 23.1. Принципиальная схема простой перевалки вскрышных пород:  
*а* и *б* – соответственно положение до и после отработки вскрышной заходки 1; 1 – средний уровень отвала.

Независимо от порядка выемки вскрышной заходки наиболее экономично размещать породу возможно ближе к полосе  $\Pi$ , заполняя последовательно треугольную площадь  $a_1, b_1, c_1$ , а затем четырехугольник  $a_2b_2b_1a_1$ . При этом откос отвала предыдущей заходки не подсыпается породой.

При незначительной высоте вскрышного уступа  $H_1$  (рис. 23.2, *а*) вместимость отвала, показанная треугольником  $/o$ , может оказаться достаточной, а для перевалки вскрышных пород необходим минимальный радиус разгрузки  $R_{0,1}$ .

С увеличением высоты вскрышного уступа до  $H_2, H_3, H_4$  и т. д. объем переваливаемой породы возрастает (площади 2, 3, 4; см. рис. 23.2, *а*). Порода должна размещаться выше по откосу отвала на площадях  $2_0, 3_0, 4_0$  и т. д., а соответствующие радиусы разгрузки должны возрастать до размеров  $R_{0,2}, R_{0,3}, R_{0,4}$  и т. д.

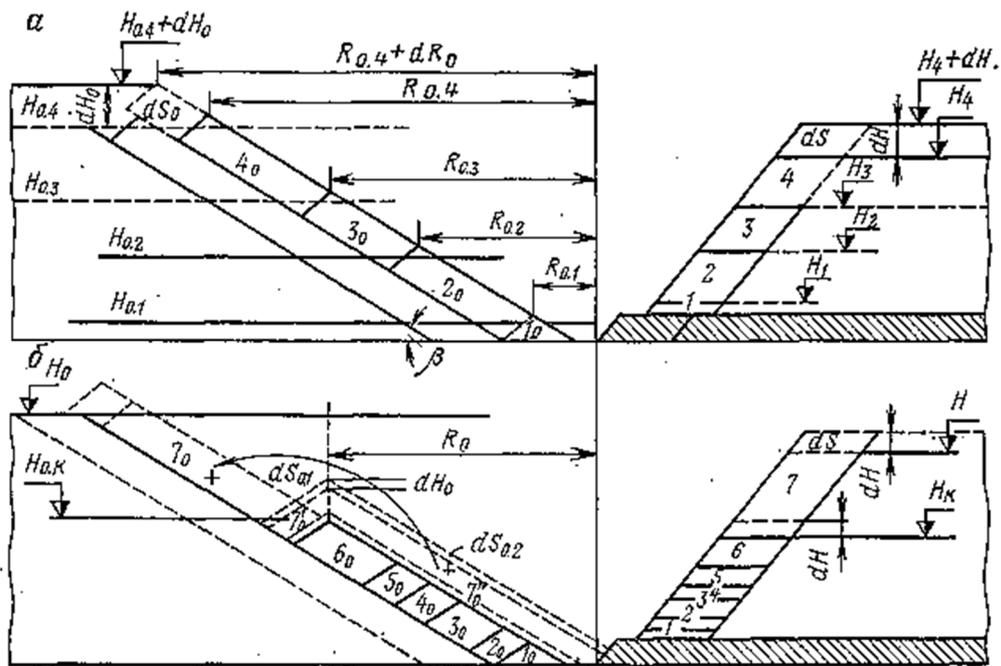


Рис. 23.2. Схемы к расчету объемов перевалки вскрышных пород

Такая простая перевалка, при которой вся порода экскавируется только один раз (из массива) и непосредственно укладывается в отвальную насыпь, в принципе возможна при любой высоте вскрышного уступа.

Однако необходимый радиус разгрузки (м) вскрышного экскаватора при большой высоте отвала значительно возрастает, так как

$$R_0 = \Pi + H_0 \operatorname{ctg} \beta.$$

Поэтому при значительной мощности вскрышных пород применяют кратную перевалку, при которой порода из вскрышной заходки в объемах 1, 2, 3, 4, 5 и 6 отсыпается в отвал в прежней последовательности и образует площади  $1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0$  и  $6_0$ . Это возможно, пока полностью не будет использован максимальный радиус разгрузки вскрышного экскаватора (рис. 23.2, б). С увеличением мощности вскрышных пород возрастает объем отвала ( $7_0 = 7_0' + 7_0''$ ) за счет перевалки объема пород 7 без увеличения радиуса разгрузки вскрышного экскаватора, но с частичной или полной засыпкой призабойной полосы и откоса добычного уступа.

Практически выемку породы вскрышной заходки производят на всю ее высоту  $H$ , и отсыпку породы в большинстве случаев начинают при максимальном радиусе разгрузки  $R_0$  (см. рис. 23.2, б). При этом в результате свободного падения и последующего осыпания по откосу порода заполняет отвал не в описанной последовательности ( $1_0, 2_0, \dots, 7_0$ ), а путем прироста площади отвала тонкими слоями  $dS_{0.1} + dS_{0.2}$  (см. рис. 23.2, б).

Однако первоначально описанный порядок отсыпки более экономичен в результате уменьшения расстояния перемещения породы. При этом упрощается методика расчета и экономическая оценка схем экскавации.

Часть отсыпанной в отвал породы  $7_0'$  может оставаться на месте, так как положение ее соответствует простой перевалке. Вторая часть  $7_0''$  заполняет призабойную полосу и частично приваливает откос добычного уступа. Чтобы создать условия для выемки залежи, эту часть отвальных пород следует повторно экскавировать и разместить выше площади  $7_0'$  (на рис. 23.2, б показано стрелкой).

Отношение повторно экскавируемого объема породы  $7_0''$  к общему объему первично экскавируемой породы  $7_0'+7_0''$  называют коэффициентом кратности перевалки (переэкскавации):

$$K_{пер} = \frac{7_0''}{7_0' + 7_0''}.$$

При правильном построении технологического комплекса всегда больший или меньший объем породы, укладываемой в выработанное пространство, впоследствии не переэкскавируют, поэтому коэффициент кратности перевалки должен быть меньше единицы. В конкретных горно-геологических условиях при небольших радиусах разгрузки вскрышных экскаваторов и особенно при развитии оползней пород отвала коэффициент кратности перевалки может быть больше единицы, в отдельных случаях  $K_{пер} = 3 \div 4$  и более.

Экономически допустимый коэффициент переэкскавации ориентировочно определяется из выражения

$$K_{пер} = \frac{C_T - C_6}{C_{пэ}},$$

где  $C_T$  – затраты на  $1 \text{ м}^3$  вскрышных работ при использовании транспорта, сум;  $C_6$  – затраты на  $1 \text{ м}^3$  вскрышных работ при простой перевалке, сум;  $C_{пэ}$  – затраты на переэкскавацию  $1 \text{ м}^3$  пород, сум.

По величине экономически допустимого коэффициента переэкскавации для принятого типа вскрышных экскаваторов и схемы экскавации можно определить максимальную высоту уступа, обрабатываемого с экскаваторной перевалкой вскрышных пород.

**Опорные слова:** падение залежи, выбор типа и мощности, выбор вида, условия расчета, простая перевалка, кратная перевалка, отвальная насыпь, радиус разгрузки, выемка породы, порядок отсыпки, коэффициент кратности перевалки, экономически допустимый коэффициент переэкскавации.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите условия применения технологических комплексов для перевалки вскрышных пород.
2. Как осуществляется простая перевалка вскрышных пород?
3. Как осуществляется кратная перевалка вскрышных пород?
4. Какой коэффициент называется коэффициентом кратности

перевалки?

5. По какой формуле определяется экономически допустимый коэффициент переэкскавации?

**Литература:**

1. Ржевский В.В. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ.* М., 2010, 631 с.

2. *Открытые горные работы. Справочник.* Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виноцкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.

3. Арсентьев В.И. *Вскрытие и системы разработки карьерных полей.* М., Недра, 2001.

4. Шорохов С.М. *Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений.* М., 2003.

5. Юматов Б.П. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений.* М., 2006.

## Лекция 17

**Тема:** Способы вскрытия при экскаваторно-отвальном технологическом комплексе

**Цель занятия:** ознакомление со схемами вскрытия горизонтальных залежей при использовании комплексов ЭО.

### План:

1. Вскрытие одной и двумя фланговыми капитальными траншеями.
2. Вскрытие одной центральной и двумя фланговыми капитальными траншеями при разработке двумя блоками.
3. Вскрытие тремя капитальными траншеями.

Для перемещения полезного ископаемого чаще применяется автомобильный и конвейерный транспорт, реже – автомобильно-железнодорожный и железнодорожный. Конвейерные установки могут конкурировать с автомобильным транспортом для перемещения мягкого полезного ископаемого в основном при большой мощности карьера. При транспортировании полезного ископаемого от забоев железнодорожным транспортом затрудняется организация работ на флангах карьера, где в этом случае искривляется фронт работ или же необходимо производить погрузку с расцепкой вагонов, а также с укладкой выставочного тупика.

Обычными при использовании на карьере комплексов ЭО и ЭТР являются вскрытие внешними отдельными (при одном добычном горизонте) и групповыми (при двух добычных горизонтах) траншеями или внутренними траншеями, применяемыми при автотранспорте и располагаемыми в основном на торцовых бортах карьера.

Схемы вскрытия непосредственно связаны с числом комплексов оборудования ЭО в карьере и организацией их взаимодействия с комплексами добычного оборудования.

В пределах карьерного поля эксплуатируются обычно один или два взаимосвязанных комплекса вскрышного и добычного оборудования. При использовании двух комплексов общий фронт работ на карьере делится на блоки. При этом каждый блок должен иметь собственный транспортный выход (один или более).

Различают следующие способы вскрытия добычных горизонтов, взаимосвязанные с организацией вскрышных и добычных работ.

1. Вскрытие одной фланговой капитальной траншеей при разработке пород и полезного ископаемого одним блоком (рис. 24.1, а). Вскрышной комплекс следует впереди добычного с опережением, величина которого регламентируется требованиями техники безопасности.

После отработки каждой заходки вскрышное и добычное оборудование возвращается в исходное положение.

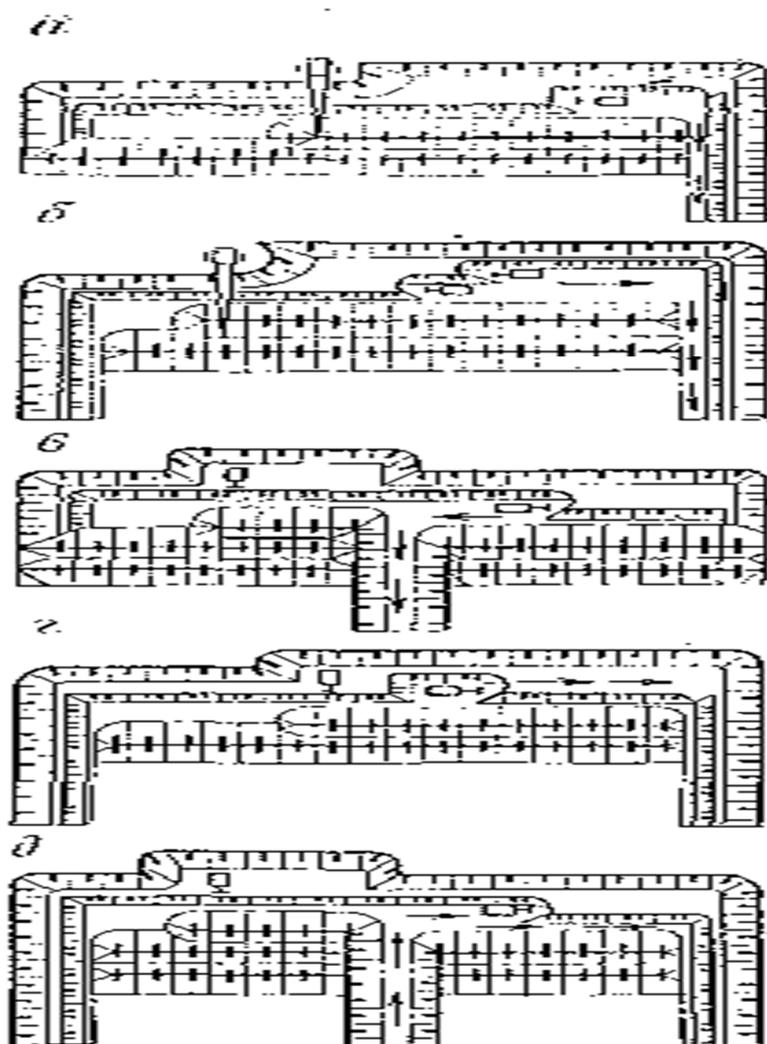


Рис. 24.1. Схемы вскрытия горизонтальных залежей при использовании комплексов ЭО

2. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями при одноблочной разработке горной массы (рис. 24.1, б). Добыча полезного ископаемого при этом может производиться по двум вариантам: добычный комплекс может следовать за вскрышным или работать впереди него. При этой схеме возможен рабочий ход экскаваторов в обоих направлениях.

3. Вскрытие одной центральной капитальной траншеей при разработке двумя блоками (рис. 24.1, в). Перевалка вскрышных пород производится попеременно в обоих блоках. Готовые к выемке запасы лимитируются вскрытой и зачищенной полосой полезного ископаемого на ширину вскрышной заходки и полную длину одного блока. Вскрышное и добычное оборудование после отработки каждого блока возвращается в

исходное положение холостым ходом.

4. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями при разработке двумя блоками (рис. 24.1, з). Добычные и вскрышные работы производятся одновременно в разных блоках. Вскрышное и добычное оборудование перегоняют в исходное положение холостым ходом.

5. Вскрытие тремя капитальными траншеями (две фланговые и одна центральная) при разработке двумя блоками (рис. 24.1, д). Эта схема предусматривает возможность поточного движения транспорта и рабочий ход экскаваторов в обоих направлениях.

Из рассмотренных способов вскрытия предпочтительны два последних. Не рекомендуется применять схему вскрытия одной фланговой траншеей. Вскрытие двумя фланговыми траншеями при одноблоковой разработке применяют в условиях, когда общая длина фронта недостаточна для деления его на два блока и при небольшой производственной мощности предприятия.

**Опорные слова:** применяемый вид транспорта, взаимосвязанный комплекс, вскрышное и добычное оборудование, добычной горизонт, организация работ, фланговая капитальная траншея, центральная.

#### **Контрольные вопросы:**

1. С чем связана схема вскрытия?
2. Какие существуют способы вскрытия добычных горизонтов?
3. Как осуществляется вскрытие одной фланговой капитальной траншеей при разработке одним блоком?
4. Как осуществляется вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями при разработке двумя блоками?
5. При каких условиях применяют вскрытие двумя фланговыми траншеями при одноблоковой разработке?

#### **Литература:**

1. Ржевский В.В. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ.* М., 2010, 631 с.
2. *Открытые горные работы. Справочник.* Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виноцкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Арсентьев В.И. *Вскрытие и системы разработки карьерных полей.* М., Недра, 2001.
4. Шорохов С.М. *Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений.* М., 2003.
5. Юматов Б.П. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений.* М., 2006.

## Лекция 18

**Тема:** Технологические комплексы с консольными отвалообразователями

**Цель занятия:** ознакомление с перемещением породы отвалообразователями.

### План:

1. Общие сведения о технологических комплексах с перемещением породы отвалообразователями.

2. Характеристика технологических комплексов с консольными отвалообразователями.

*Технологические комплексы с перемещением породы отвалообразователями* характеризуются наличием и объединением трех процессов вскрышных работ - экскавации, перемещения и отвалообразования. Эти комплексы применяют в основном при разработке месторождений двух типов:

с мягкими и плотными вскрышными породами и полезным ископаемым;

с мягкой и плотной породой и скальным (полускальным) полезным ископаемым.

При разработке месторождений первого типа комплексы добычного оборудования включают роторные экскаваторы с нормальными усилиями копания и средства конвейерного транспорта. При разработке месторождений второго типа выемка взорванного полезного ископаемого осуществляется мехлопатами в сочетании с автомобильным, железнодорожным или конвейерным транспортом; на конвейеры горная масса поступает через самоходный дробильный агрегат. При перемещении взорванных скальных вскрышных пород консольными отвалообразователями в технологической цепи необходим также самоходный дробильный или дробильно-грохотильный агрегат с бункером-питателем.

Система разработки чаще всего продольная однобортовая. При веерной системе разработки комплекс вскрышного оборудования, как правило, должен включать дополнительно перегружатель между экскаваторами и отвалообразователем. Годовое продвижение фронта работ может достигать 300–350 м. Достоинства технологических комплексов с перемещением породы конвейерными отвалообразователями: возможность транспортирования пород в отвал по кратчайшему пути, непрерывность производственного процесса, лучшее использование комплекса оборудования во времени (суточная производительность при вскрышных экскаваторах одинаковой мощности на 20–35 % выше, чем при использовании железнодорожного транспорта), высокая производительность труда, простая организация вскрышных работ, отсутствие

потребности в специальных работах на породных отвалах, за исключением рекультивации, улучшение условий устойчивости отвальных откосов из-за возможности управления общим углом заложения их системы.

Технологические комплексы с перемещением породы консольными отвалообразователями применяют в районах с относительно сухим теплым климатом или при сезонном выполнении вскрышных работ при условиях: хорошей разведанности и планомерного осушения карьерного поля; горизонтального или слабонаклонного залегания пластов или пластообразных залежей с незначительным изменением гипсометрии почвы и кровли пласта для обеспечения допустимых уклонов; плавных очертаний контуров карьерного поля, что позволяет избежать резкого сокращения и наращивания протяженности фронта горных работ; значительных запасов полезного ископаемого в контурах карьера. Комплексы с роторными и цепными экскаваторами, как правило, не эффективны при наличии в разрабатываемой толще мягких вскрышных пород твердых включений (в виде валунов, прослоев и т. д.), если невозможно отработать крепкие породы отдельным уступом с применением выемочной техники циклического действия.

#### **Характеристика технологических комплексов с консольными отвалообразователями**

Простейший технологический комплекс вскрышных и добычных работ включает один роторный или цепной многоковшовый экскаватор со встроенной неполноповоротной консолью, оборудованной ленточным конвейером (рис. 25.1). Мягкие вскрышные породы и залежь с применением такого экскаватора обрабатываются поочередно. Порода через разгрузочный конвейер перемещается в выработанное пространство (см. рис. 25.1, *а*). Полезное ископаемое грузится на конвейер или в средства колесного транспорта, при этом консоль разворачивается под углом 25–30° к фронту работ (см. рис. 25,1. *б*). При очередной и раздельной выемке породы и полезного ископаемого уменьшается возможная производственная мощность карьера из-за периодического ведения добычных работ, усложняется организация работ и обуславливается также периодическое использование транспорта. Применение комплекса возможно при разработке необводненных месторождений в условиях относительно небольшой (до 20–30 м) суммарной мощности вскрышных пород и залежи полезного ископаемого.

Непрерывность производства вскрышных и добычных работ достигается при разделении комплекса на отдельные технологические комплексы вскрышных и добычных работ посредством применения на добыче дополнительного экскаватора (рис.25.2, *а*).

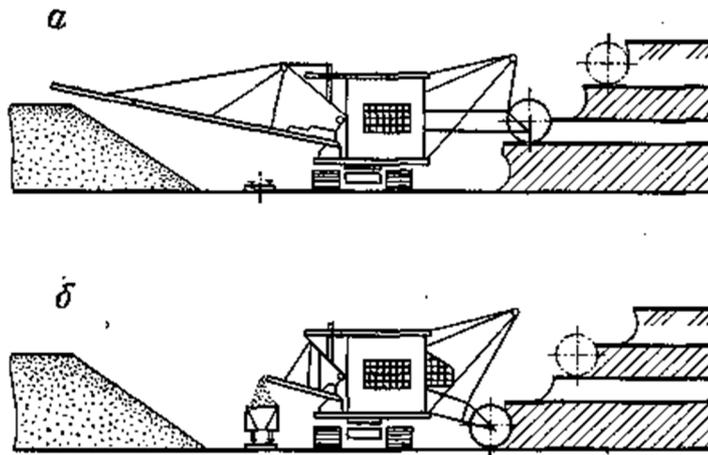


Рис. 25.1. Схема технологического комплекса при использовании одного роторного экскаватора в качестве комплекса оборудования ВО и головной машины комплекса ВТР.

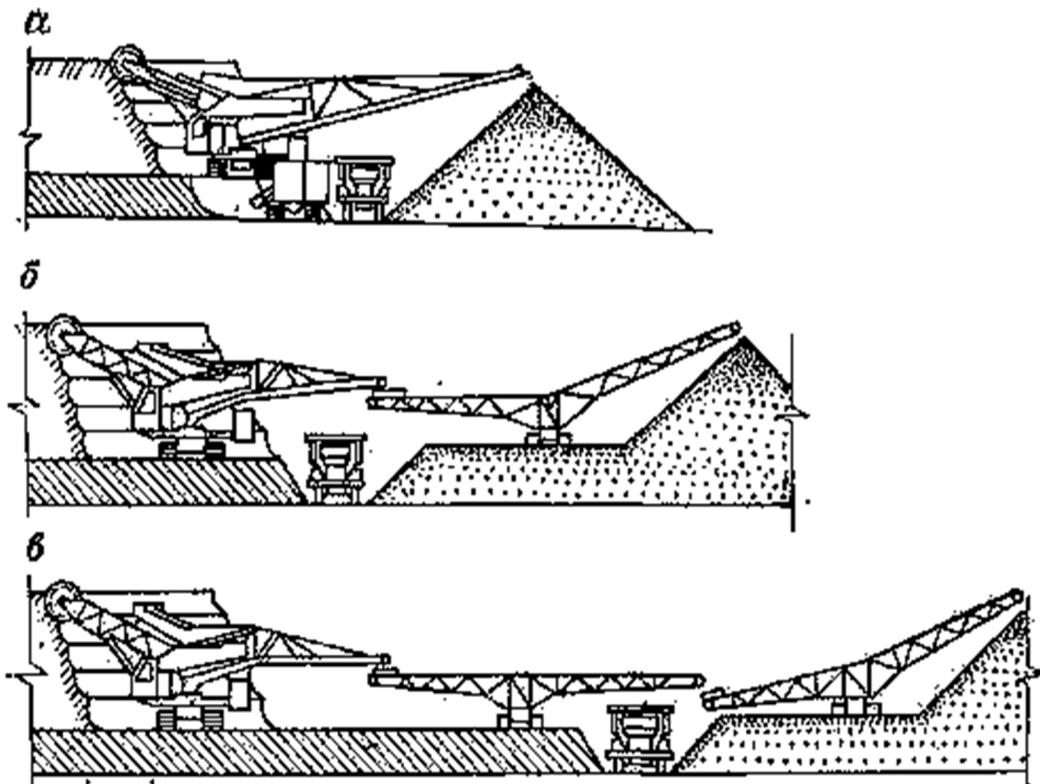


Рис. 25.2. Схемы вскрышных технологических комплексов при использовании многоковшовых экскаваторов и консольных отвалообразователей.

Роторный экскаватор осуществляет выемку и перемещение вскрышных пород в выработанное пространство, а добычной экскаватор - отгрузку полезного ископаемого в транспортные средства. Транспортные коммуникации размещаются на кровле, почве или промежуточном горизонте залежи.

С увеличением мощности залежи и вскрышных пород, а также при необходимости создания значительных вскрытых запасов полезного

ископаемого длина консоли, встроенной в роторный экскаватор, может быть недостаточной и в комплекс вскрышного оборудования включается специальный консольный отвалообразователь, на который порода поступает непосредственно от экскаватора (рис. 25.2, б) или через конвейерный перегружатель (рис. 25.2, в).

Схемы экскавации различаются местом установки консольных отвалообразователей в плане и профиле карьерного поля, что предопределяет параметры элементов системы разработки, состав комплекса оборудования и параметры самих отвалообразователей. Отвалообразователь может быть установлен на кровле добычного уступа (рис. 25.3, а), на промежуточной площадке (рис. 25.3, б) или на предотвале (рис. 25.3, в и г). Возможны схемы с периодическим изменением места установки отвалообразователя.

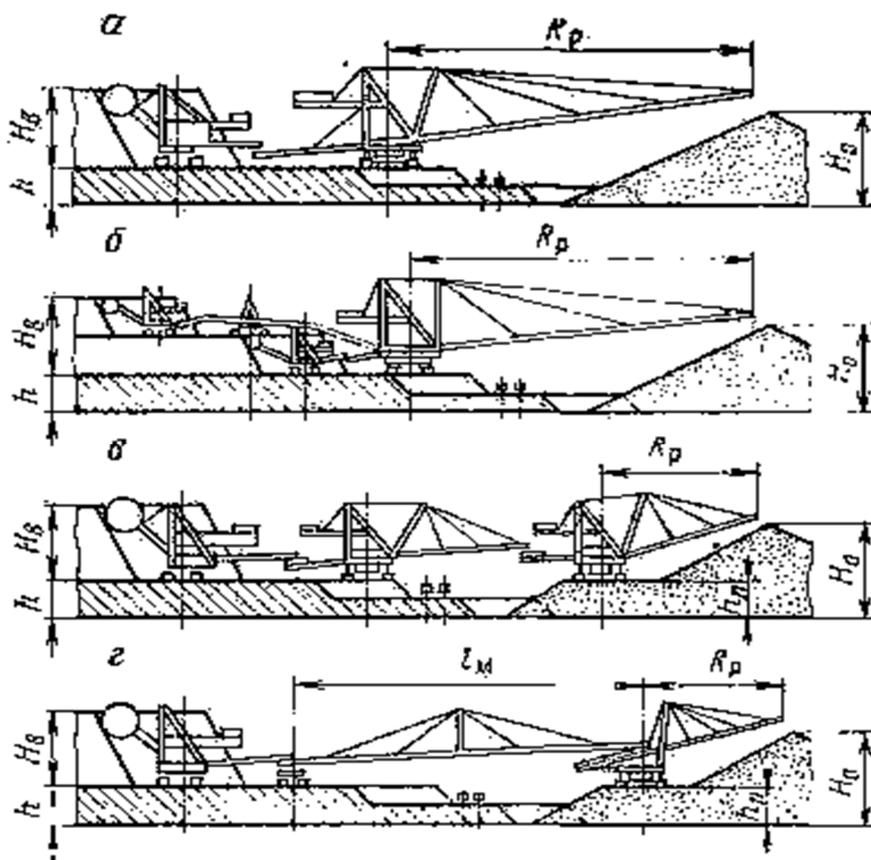


Рис. 25.3. Схемы экскавации при использовании консольных отвалообразователей.

При схеме экскавации с установкой отвалообразователя на кровле залежи (см. рис. 25.3, а) порода на отвалообразователь подается экскаватором, расположенным на том же горизонте. Отвал отсыпается без поворота отвальной консоли отвалообразователя. Организация работы комплексов вскрышного и добычного оборудования (рис. 25.4) жестко зависима.

При этой схеме редко удастся создать резервную добычную заходку под отвальной консолью отвалообразователя, в результате чего комплексы вскрышного и добычного оборудования должны двигаться друг за другом,

отрабатывая очередные вскрышную и добычную заходки при одинаковой их ширине. Добычные работы опережают вскрышные по фронту, при этом обязательны холостые переходы выемочных машин после отработки очередных вскрышной и добычной заходок (см. рис. 25.4, *а, б, в* и *г*), иначе неизбежны большие простои вскрышного и добычного комплексов оборудования или одного из них. Необходимость такой организации вскрышных и добычных работ возникает при разработке мощной залежи двумя высокими добычными уступами даже при использовании на вскрышных работах мощного комплекса ВО с перегружателем и отвалообразователем.

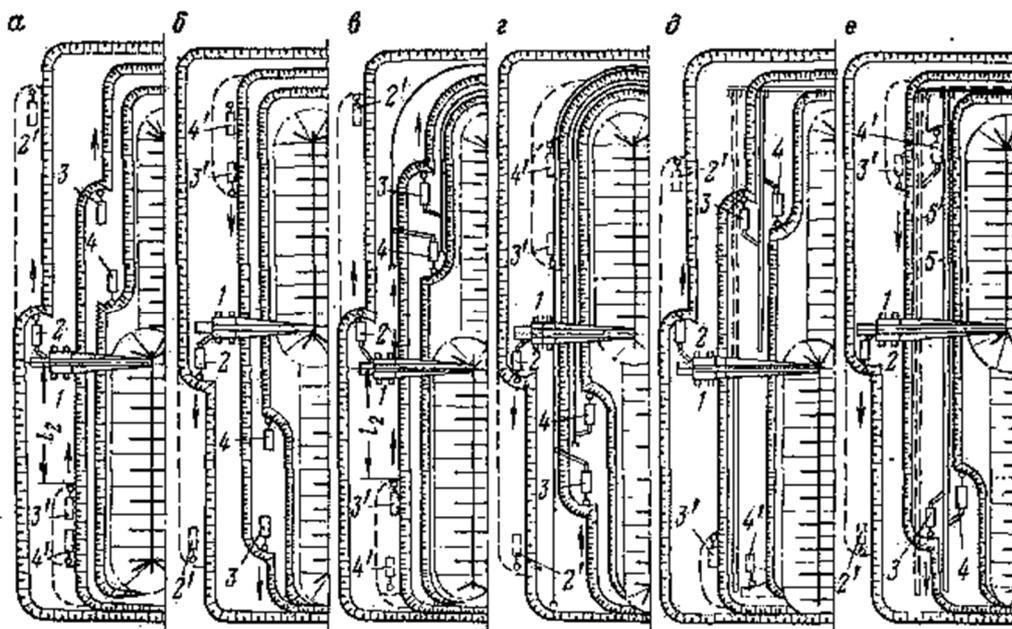


Рис. 25.4. Схемы экскавации с установкой отвалообразователя на кровле залежи:

*а* и *б* – при комплексах ЭАР или ВАР; *в* и *г* – при комплексах ВЖР или ЭЖР; *д* и *е* – при комплексах ВКР (*а, в* и *д* – при отработке заходок в направлении к капитальной траншее; *б, г* и *е* – при отработке заходок в противоположном направлении); 1 – отвалообразователи; 2 и 2' – вскрышные роторные экскаваторы; 3 и 3' – добычные роторные экскаваторы верхнего черпания; 4 и 4' – добычные роторные экскаваторы нижнего черпания; 5 и 5' – положения забойных конвейеров.

Связь между вскрышными и добычными работами менее жесткая при использовании комплексов ЭАР, когда не возникают затруднения с организацией его работы при любом положении комплекса оборудования ВО (см. рис. 25.4, *а* и *б*). При использовании комплексов ВЖР или ЭЖР по мере перемещения вскрышного комплекса вдоль фронта уступа необходим перенос изогнутого участка пути (см. рис. 25.4, *в* и *г*).

При наличии резервной заходки вскрышной и добычной комплексы могут вести выемку в разных направлениях; исключаются холостые переходы оборудования, не требуется изгиб забойных железнодорожных путей, при транспортировании полезного ископаемого можно применять конвейеры (рис.

25.4, *д* и *е*) и упрощается организация работ. Однако для создания резервной заходки необходимо увеличивать радиус разгрузки отвалообразователя на величину, равную ширине добычной заходки.

Врезка роторного экскаватора в новую заходку целесообразна на торцовом участке, противоположном месту примыкания капитальной траншеи, так как это облегчает размещение во внутреннем отвале вскрышных пород, извлекаемых при врезке, и позволяет использовать отвалообразователь с меньшей (на 8 - 10 %) длиной консоли. Рабочий ход комплексов оборудования по направлению к транспортному выходу с добычного уступа позволяет также при перемещении полезного ископаемого конвейерами заблаговременно производить передвижку конвейерных ставов в пределах отработанной части заходки.

При схеме экскавации с установкой отвалообразователя на разных горизонтах с экскаватором (см. рис. 25.3, *б*) обязательно наличие в комплексе перегружателя. С применением данной схемы появляется возможность попеременной отработки верхнего и нижнего вскрышных подступов одним роторным экскаватором, при этом перегружатель используется только при отработке верхнего вскрышного подступа. Все основные технологические положения, указанные для первой схемы установки отвалообразователя, относятся и к этой схеме.

При схеме экскавации с установкой отвалообразователя на предотвале сокращается его радиус разгрузки. Поступление породы от экскаватора осуществляется перегружателем (см. рис. 25.3, *в*) или соединительным мостом (см. рис. 25.3, *г*). Взаимная связь вскрышных и добычных работ аналогична описанной выше. Отсыпка отвала производится обычно с поворотом консоли, что приводит к выравниванию поверхности отвала и уменьшению его высоты вследствие отсутствия «гребней».

При схеме экскавации с изменением места стояния отвалообразователя при отсыпке многоярусного отвала (рис. 25.5) уменьшаются линейные размеры роторного экскаватора, так как вскрышной уступ большой высоты отрабатывается двумя-тремя подступами. Такая схема возможна при использовании мощных комплексов ВО (с паспортной производительностью оборудования 5 - 10 тыс. м<sup>3</sup>/ч и более) для отработки мощной (до 70 - 90 м) толщи мягких вскрышных пород при небольшой (менее 10 м) мощности залежи полезного ископаемого. При отработке одним роторным экскаватором двух или трех подступов отвалообразователь последовательно устанавливается на кровле и почве залежи (см. рис. 25.5, *а* и *б*) и предотвале или на промежуточном вскрышном горизонте, кровле залежи и предотвале.

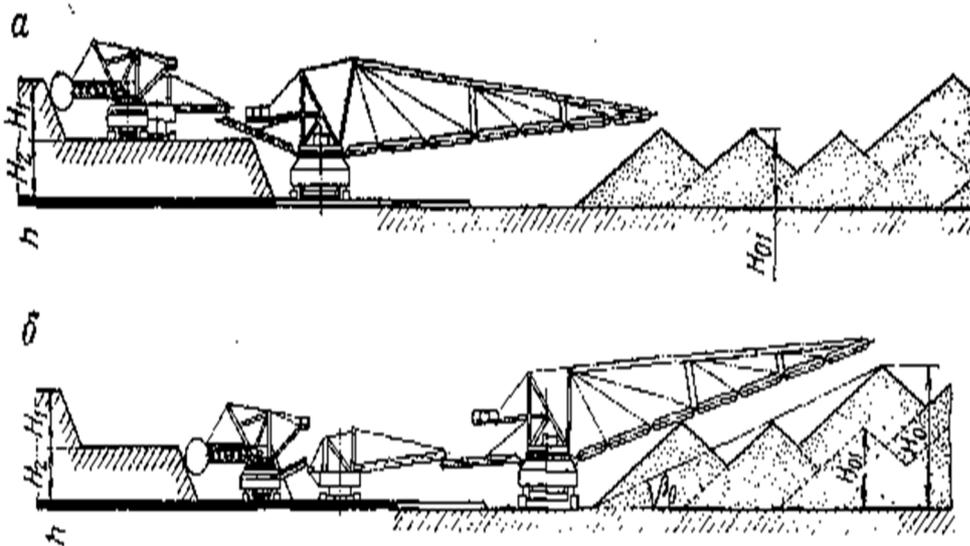


Рис. 25.5. Двухподступная схема экскавации с изменением горизонта стояния отвалообразователя.

**Опорные слова:** экскавация, перемещение, отвалообразование, роторные экскаваторы, цепные экскаваторы, система разработки, кратчайший путь, непрерывность, использование во времени, протяженность фронта горных работ, головная машина, схема экскавации, кровля залежи, место стояния.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Чем характеризуются технологические комплексы с перемещением породы отвалообразователями?
2. При разработке каких месторождений применяются отвалообразователи?
3. Укажите достоинства технологических комплексов с перемещением породы конвейерными отвалообразователями.
4. Чем различаются схемы экскавации при использовании отвалообразователя?
5. Как происходит экскавация при установлении отвалообразователя на кровле залежи?

#### **Литература:**

1. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., 2010, 631 с.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виноцкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Арсентьев В.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М., Недра, 2001.
4. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки

*россыпных месторождений. М., 2003.*

*5. Юматов Б.П. Технология и комплексная механизация открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений. М., 2006.*

## Лекция 19

**Тема:** Транспортные технологические комплексы. технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы при сплошных системах разработки

### План:

1. Общие сведения о транспортных технологических комплексах.
2. Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы.

### Общие положения

Транспортные технологические комплексы применяются при разработке горизонтальных и пологих залежей любой мощности. При сплошных системах разработки эти комплексы характерны для разработки верхней части мощной толщи вскрышных пород на горизонтальных месторождениях (с созданием передовых уступов).

Затраты на выемочно-погрузочные работы, перемещение и отвалообразование при разработке мягких, плотных и разнородных пород обычно характеризуются соотношением 4:4:2. Поэтому экономичность разработки зависит одновременно от применяемых средств выемки, вида транспорта и расстояния перемещения горной массы, в первую очередь вскрышных пород.

Для транспортных технологических комплексов обязательно раздельное выполнение процессов выемки, погрузки, а также транспортирования горной массы вдоль фронта работ уступов.

Как правило, отдельно выполняется и процесс отвалообразования.

Для уменьшения расстояния внутрикарьерных перевозок при больших размерах карьерных полей могут применяться: поперечная однобортовая система разработки; продольная однобортовая система разработки при сдвоенном фронте работ уступов с одним или двумя транспортными выходами;

продольная система разработки при строенном фронте работ уступов с тремя транспортными выходами.

Поперечная система применяется при разработке горизонтальных месторождений с использованием комплексов оборудования ЭАО, иногда комплексов ВКО.

Сдвоенный фронт с двумя фланговыми транспортными выходами широко распространен при внутреннем отвалообразовании (рис. 17.1, а), протяженности фронта работ 3—4 км и более и использовании железнодорожного и конвейерного транспорта. Вскрытие одного уступа двумя временными съездами применяется при работе комплексов ЭАО, когда протяженность фронта уступов, обрабатываемых с перемещением породы во внешние отвалы (обычно рассредоточенные), составляет 1,5—2 км и более (рис. 17.1, б).

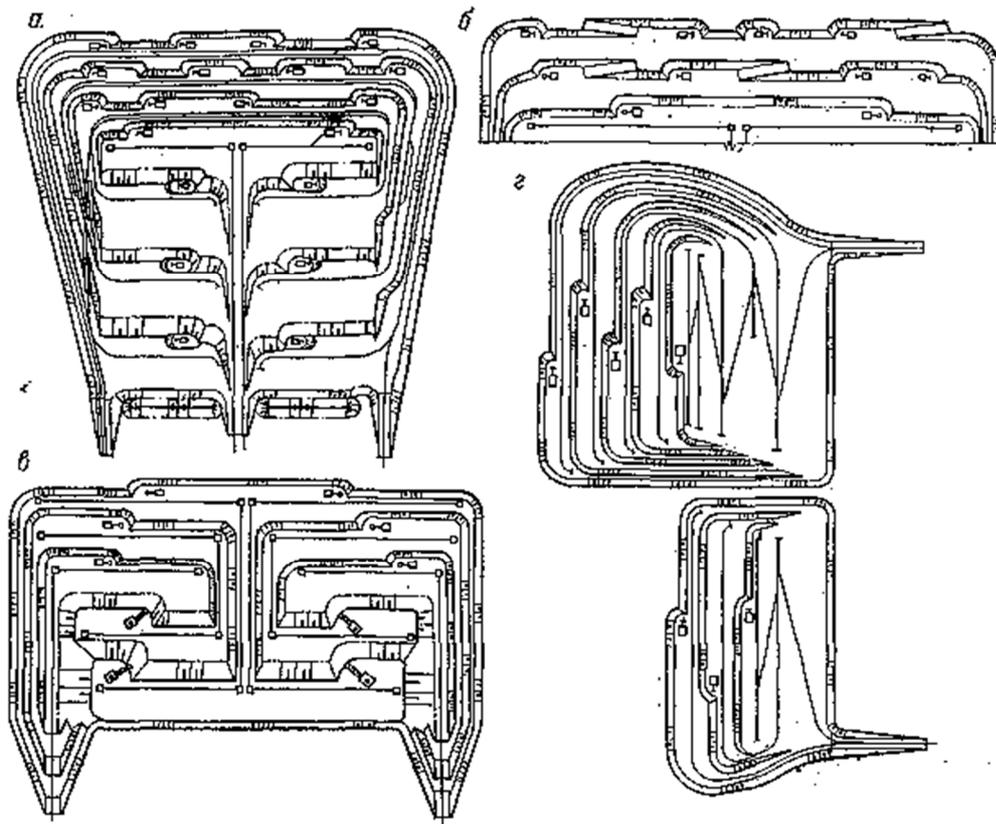


Рис. 17.1. Конструкция фронта работ уступов при использовании комплексов ЭТО и ВТО.

Строенный фронт работ вскрышных уступов при внутреннем отвалообразовании обуславливает необходимость оставления временных целиков полезного ископаемого и дамбы вскрышных пород до почвы рассматриваемого уступа (рис. 18.1, в). Такая конструкция фронта может быть целесообразной при небольших мощностях горизонтальной залежи и вскрышных пород при использовании комплексов оборудования ЭАО или ВКО.

Оставление временной или постоянной породной перемычки между отдельными участками карьерного поля по простиранию залежи характерно при поочередном их вводе в разработку с большим интервалом во времени (рис. 17.1, г). При разработке пологих месторождений горизонтальными слоями по мере подвигания фронта работ в связи с увеличением мощности вскрыши ширина породной перемычки и объем целика полезного ископаемого постоянно возрастают, а фронт внутренних отвалов сокращается; поэтому строенная конструкция фронта, как и опережающая разработка отдельных участков карьерного поля, в этих условиях в большинстве случаев неэффективны.

При внешнем отвалообразовании несколько трасс временных съездов возможны при работе комплексов ЭАО обычно только на верхних горизонтах при разработке пологих залежей.

*Перемещение пород транспортом вдоль фронта работ не ограничивает высоты рабочей зоны карьера и мощности отрабатываемых вскрышных пород.* Поэтому параметры систем разработки, в том числе и объемы вскрытых запасов полезного ископаемого, зависят от рабочих размеров применяемого оборудования в меньшей степени, чем при использовании комплексов ЭО и ВО.

## Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы

Рациональное расстояние перемещения пород конвейерами при разработке мягких и среднеплотных пород на карьерах большой мощности достигает 6—8 км. В таких условиях конвейерный транспорт вполне конкурентоспособен с железнодорожным по затратам, отнесенным на 1 м<sup>3</sup> транспортируемой породы.

Протяженность конвейерных линий и число перегрузок минимальны при разработке одного вскрышного уступа вытянутого карьерного поля с перемещением породы во внутренний отвал и одинаковых скоростей подвигания фронтов вскрышных и отвальных работ (рис. 17.2, а). Роторный экскаватор 1 осуществляет погрузку породы на забойный конвейер 2 непосредственно или через забойный перегружатель. В последнем случае увеличивается шаг передвижки забойных конвейеров (ширина панели) и облегчаются условия отработки тупиков и врезка в новую вскрышную заходку. Далее порода поступает на передаточный конвейер 3, установленный на соединительной берме в торце карьера, с которого непосредственно или через межступный перегружатель доставляется на отвальный конвейер 4 и консольный отвалообразователь 5.

При аналогичных условиях в случае внешнего отвалообразования (рис. 18.2, б) порода с передаточного конвейера 3 через межступный перегружатель 6 подается на соединительный конвейер 7, расположенный на поверхности, а затем по отвальному конвейеру 4, транспортируется к отвалообразователю 5. В качестве межступных перегружателей могут использоваться консольные отвалообразователи или двухопорные конвейерные мосты.

В комплексе (см. рис. 17.2, а) одновременно передвигаются забойный и отвальный конвейеры, а в комплексе также и соединительный конвейер на поверхности. Поэтому при комплексе, показанном на рис. 17.2, б, объем вспомогательных работ весьма велик; несмотря на экономию, получаемую за счет уменьшения капитальных затрат на монтаж конвейеров, увеличиваются эксплуатационные расходы на дополнительную передвижку их и уменьшается производительность мощного оборудования из-за простоев.

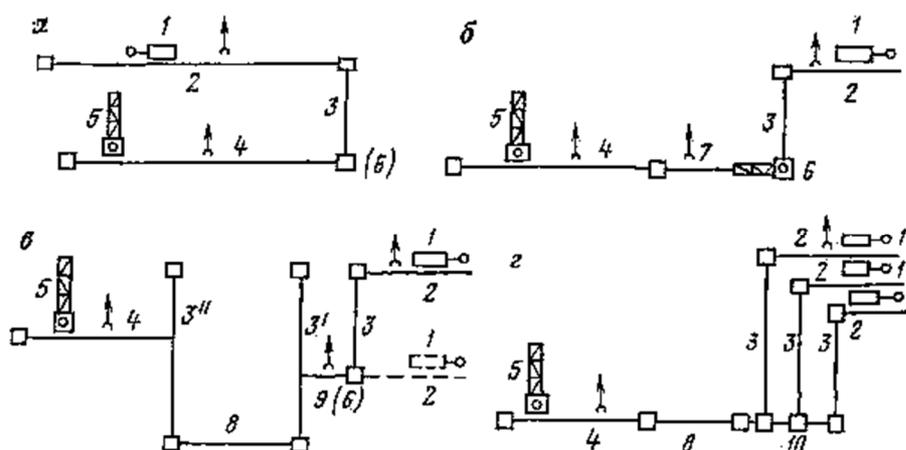


Рис. 17.2. Схемы транспортирования вскрышных пород конвейерами.

При внешнем отвалообразовании в случаях неодинаковых скоростей подвигания фронтов вскрышных и отвальных работ, разных направлений их развития, а также для снижения объема передвижки при значительной длине соединительных конвейеров на поверхности вместо них в комплекс включают (рис. 17.2, в) горизонтальный

магистральный конвейер 8, передаточный конвейер 3", монтируемый в торце отвала на кровле нижнего отвального уступа, и передаточный конвейер 3' на поверхности у торцового контура карьера. Вместо межступных перегружателей в карьере и на отвале рационально использовать наклонные магистральные конвейеры 9.

При разработке мощной толщи покрывающих мягких пород несколькими уступами комплекс включает (рис. 17.2, *з*) сборочный наклонный магистральный конвейер 10, с которого порода поступает на горизонтальный магистральный конвейер 8.

При внутреннем отвалообразовании группирование грузопотоков одинаковых (по месту разгрузки) пород осуществляется обычно путем установки общих передаточных (рис. 17.3, *а* и *б*) или забойных (рис. 30.3, *в*) конвейеров. При перемещении пород к различным пунктам разгрузки необходимо сохранять элементарные грузопотоки и иметь несколько забойных, передаточных и отвальных конвейерных линий. По этим причинам число забойных конвейерных линий может быть меньше и больше числа обслуживаемых рабочих горизонтов или равно ему (рис. 17.4).

Таким образом, комплекс оборудования может включать: забойные, передаточные, отвальные, магистральные, наклонные и горизонтальные конвейеры, забойные и межступные перегружатели. Передвижка конвейерных линий обычно осуществляется турнодозерами. Забойные конвейеры комплектуются самоходными погрузочными бункерами, а отвальные — самоходными разгрузочными тележками. Отдельные конструкции передаточных конвейеров обладают телескопичностью, что позволяет сократить простои и обеспечить независимость передвижки смежных конвейеров.

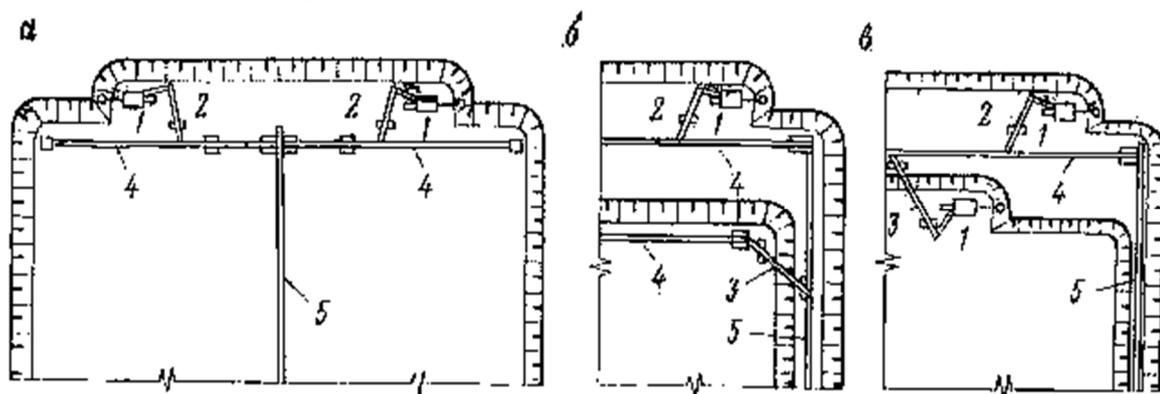


Рис. 17.3 Схемы группирования грузопотоков при конвейерном транспорте:

1 — роторный экскаватор; 2 и 3 — соответственно забойный и межступный перегружатели; 4 и 5 — соответственно забойный и передаточный конвейеры.

При перемещении вскрышных пород конвейерами во внутренние отвалы и наличии элементарных грузопотоков в случае равенства отметок горизонтов отвалообразования и рабочих площадок вскрышных уступов исключается установка дополнительных отвалообразователей или межступных перегружателей.

Группирование грузопотоков, а следовательно, и горизонтов позволяет для их обслуживания применять один забойный, передаточный и отвальный конвейеры (см. рис. 17.4) или два забойных и один передаточный и отвальный конвейеры (см. рис. 17.3, *б*). При этих схемах экскавации снижаются как капитальные затраты на забойные и передаточные конвейеры, так и эксплуатационные расходы, в том числе на их передвижку; уменьшается число горизонтов и увеличивается высота уступов внутренних отвалов. Недостатком этих схем является наличие межступных перегружателей.

Применяются и схемы экскавации, предусматривающие разработку высоких вскрышных уступов. Уступ разделяют на подуступы, которые обрабатывают с применением одного комплекса оборудования непрерывного действия, при этом сокращаются линейные параметры роторных экскаваторов, их масса и стоимость. Забойный конвейер в таком технологическом комплексе расположен на кровле нижнего подустапа. После отработки заходки нижнего подустапа в пределах всего или основной части фронта роторный экскаватор устраивает съезд с уклоном до  $5^\circ$  (соответственно в торце карьера или в пределах оставшейся части фронта нижнего подустапа) и выезжает на верхнюю площадку подустапа; перегружатель расположен на нижней площадке нижнего подустапа. Затем экскаватор обрабатывает заходку на верхнем подустапе, холостым ходом возвращается к ее началу, спускается по съезду на рабочую площадку нижнего подустапа и производит отработку съезда, после чего следует к месту врезки в новую заходку нижнего подустапа и начинает новый технологический цикл отработки.

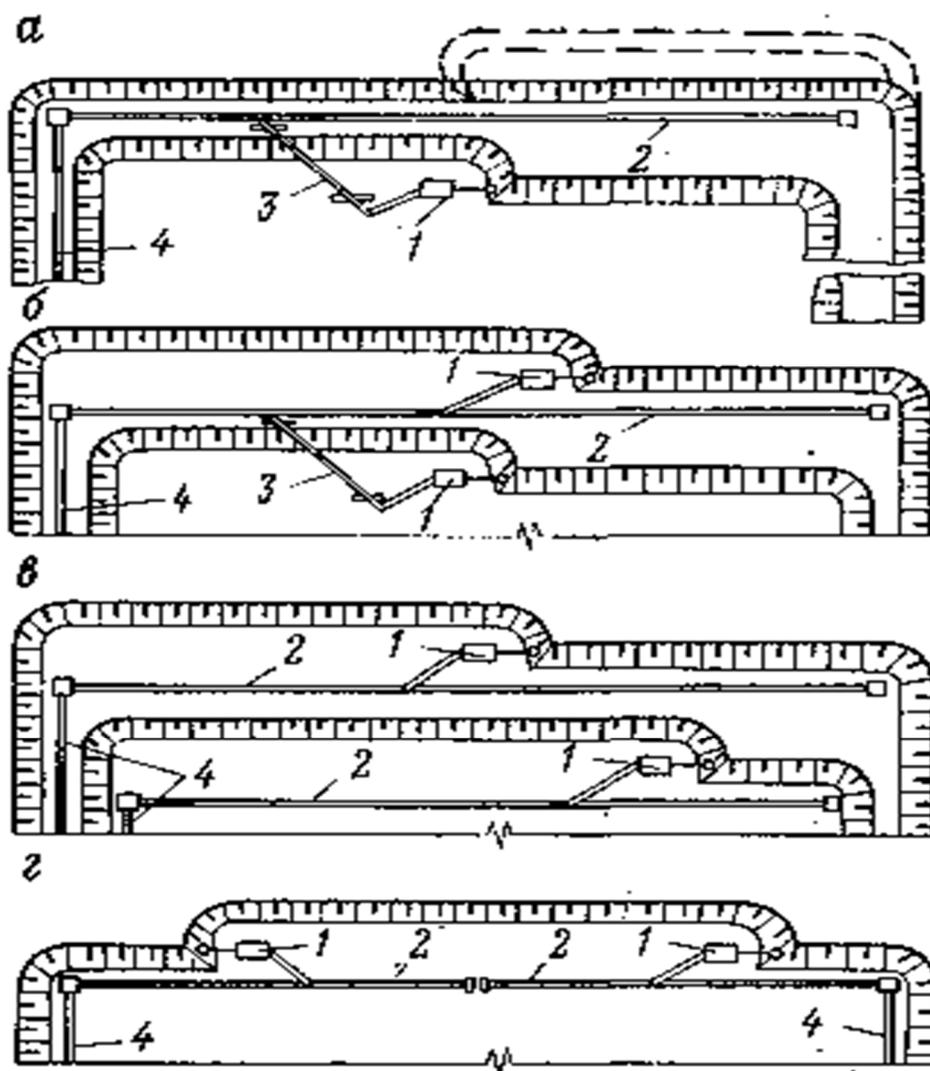


Рис. 17.4. Схемы экскавации при использовании комплексов ВКО:

а — с разработкой уступа двумя подуступами одним роторным экскаватором; б - с разработкой подуступов отдельными экскаваторами при общем забойном конвейере; в - с разработкой отдельными уступами без группирования грузопотоков; г — с двумя экскаваторами и забойными конвейерами на уступе; 1 — роторные экскаваторы; 2 — забойные конвейеры; 3 — межуступные перегружатели; 4 — передаточный конвейер.

**Опорные слова:** горизонтальные и пологие залежи, затраты, выемка, погрузка, отвалообразование, поперечная, продольная, ЭАО, ВКО, сдвоенный фронт, ЭТО, ВТО, расстояние перемещения, протяженность конвейерных линий, схема транспортирования, забойный, отвальный, магистральный, передаточный, группирование грузопотоков.

**Контрольные вопросы:**

1. При разработке каких залежей применяются транспортные технологические комплексы?
2. Какие системы разработки применяются для уменьшения расстояния внутрикарьерных перевозок?
3. При каких случаях протяженность конвейерных линий минимальна?
4. Охарактеризуйте схемы транспортирования вскрышных пород конвейерами.
5. Как осуществляется группирование грузопотоков одинаковых пород при внутреннем отвалообразовании?

**Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 20

**Тема:** Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом при сплошных системах разработки

### План:

1. Условия применения технологических комплексов с перемещением горной массы автотранспортом.
2. Схемы вскрытия при использовании автомобильного транспорта.

Технологические комплексы с перемещением горной массы автотранспортом широко применяются при разработке песчано-гравийных и карбонатных месторождений, а также при разработке горизонтальных и пологих рудных залежей и угольных пластов ограниченных размеров и неправильной конфигурации или при относительно выдержанных параметрах залегания, но неравномерном качестве руд. При больших расстояниях перевозок до потребителя характерно использование автомобильно-железнодорожного транспорта с устройством перегрузочных пунктов на поверхности или в торце карьера перед капитальной траншеей.

Система разработки поперечная (рис. 18.1), продольная (рис. 18.2), поперечно-продольная или радиальная с неправильной конфигурацией фронта и неравномерным подвиганием отдельных его участков. Отвалообразование внутреннее, внешнее или комбинированное. При разработке относительно мощных горизонтальных залежей отсыпка внутренних отвалов начинается после формирования нескольких добычных уступов и достижения почвы залежи (см. рис. 18.1, *а* и *б*).

При поочередной разработке рассредоточенных небольших залежей, являющихся участками одного карьерного поля или близлежащими карьерами, целесообразно для уменьшения размеров земельного отвода и сокращения расстояния перевозок вскрышные породы размещать в пределах отработанных участков или карьеров.

При автотранспорте возможна однобортная продольная система разработки вскрышных пород на пологих месторождениях с проведением разрезных траншей по контакту с висячим боком залежи (см. рис. 32.2), а для добычи полезного ископаемого применяется поперечная система разработки.

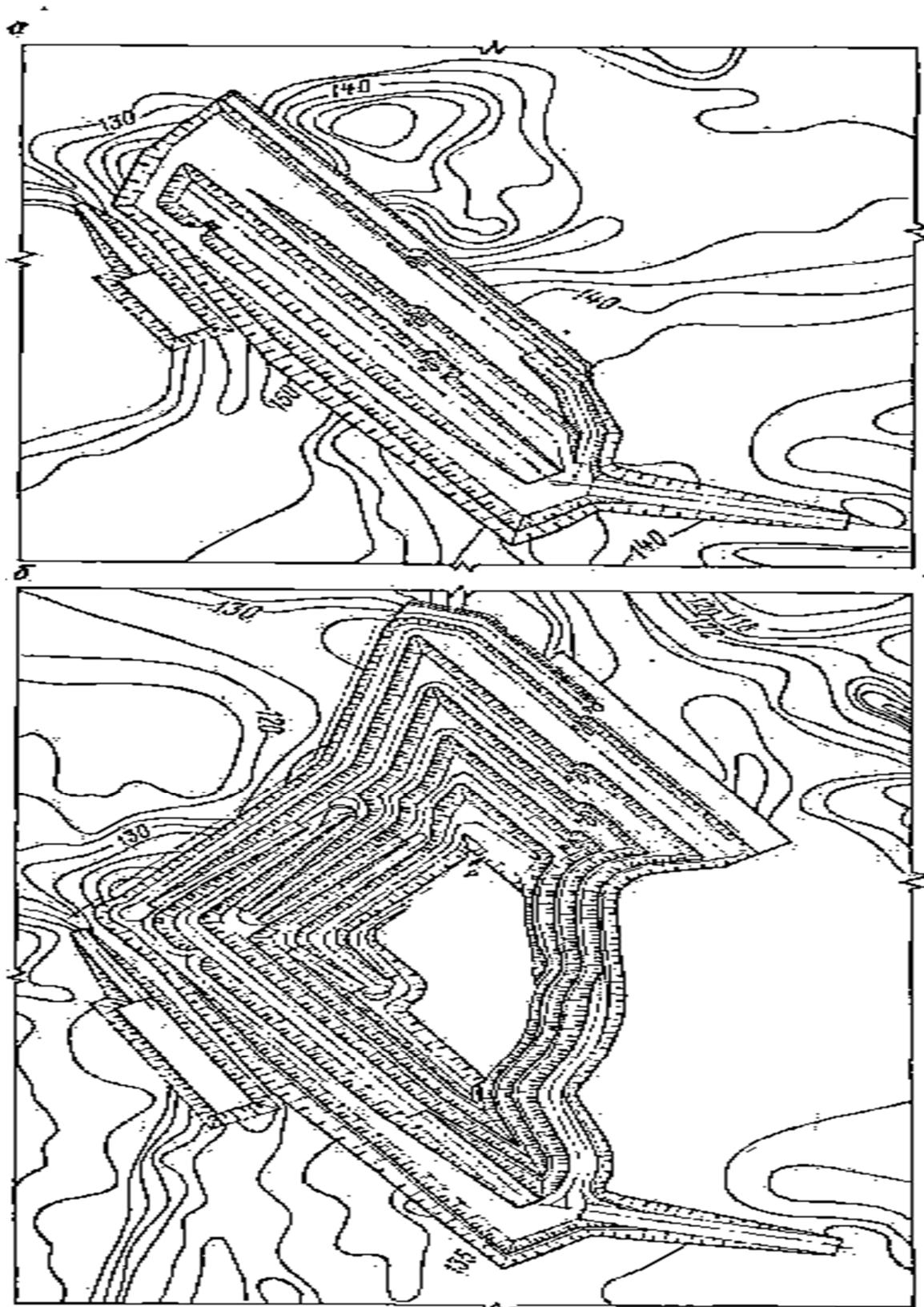


Рис. 18.1. Проектные схемы развития горных работ на песчано-гравийном карьере:

- а — при сдаче карьера в эксплуатацию;
- б — на 4-й год эксплуатации.

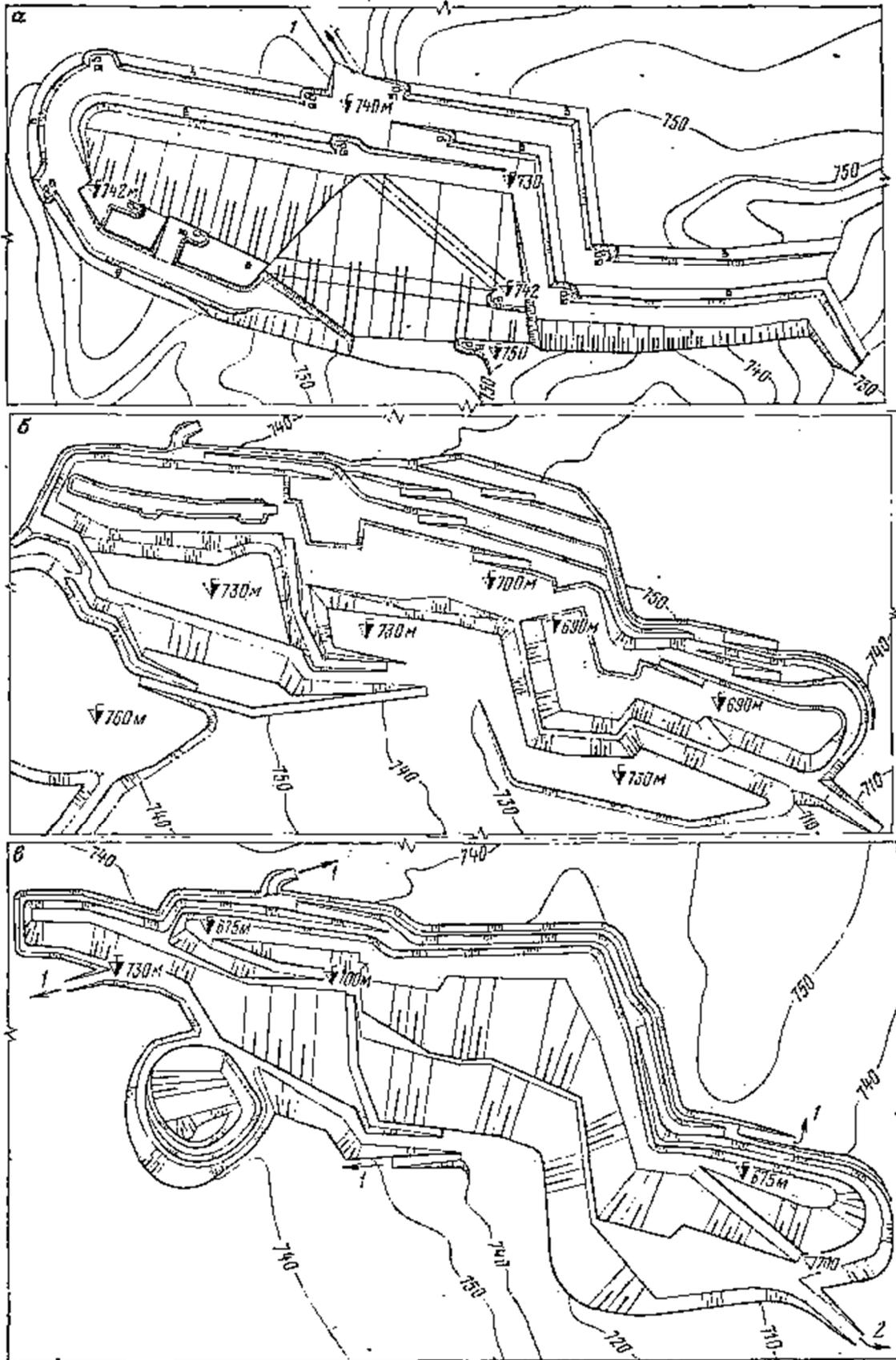


Рис. 18.2. Проектные схемы развития горных работ на карьере:  
 а, б и в — соответственно при сдаче карьера в эксплуатацию, на 5-й год  
 эксплуатации, на конец отработки; 1 — на отвал; 2 — на промплощадку.

Схемы вскрытия в рассматриваемых технологических комплексах характеризуются большим разнообразием. Как правило, один-два верхних горизонта вскрываются внешней траншеей на фланге со стороны нерабочего борта карьера (см. рис. 18.1, 18.2). При относительно большом числе уступов (четыре-пять и более) и ограниченных размерах карьера в плане при разработке горизонтальных залежей трасса постоянных или полустационарных внутренних съездов обычно петлевая и располагается на одном-двух нерабочих бортах карьера, изменяясь до окончания углубления горных работ (см. рис. 18.1, *a* и *б*). При разработке вытянутых пологих залежей вскрышные горизонты вскрываются одной-двумя системами временных съездов по рабочему борту карьера (см. рис. 18.2) с транспортированием пород в рассредоточенные внешние отвалы; форма трасс таких съездов простая или петлевая в зависимости от числа трасс, длины фронта работ и числа горизонтов (см. рис. 18.2, *a*, *б* и *в*). Рабочие горизонты при разработке пологих залежей могут вскрываться и системой внутренних съездов по нерабочему борту карьера при отсутствии внутренних отвалов (см. рис. 18.2, *б* и *в*). С устройством съездов вскрывают как добычные, так и нижние вскрышные горизонты; число и положение их в плане и форма трассы зависят от угла падения залежи.

Ширина заходок и рабочих площадок, высота уступов, скорость подвигания фронта работ, производительность комплексов рассчитываются так же, как при углубочных системах разработки.

Технологический комплекс послышной отработки применяется и при разработке вытянутых крутых залежей большой протяженности (рис. 32.3). В пределах слоя применяется сплошная поперечная система разработки с опережающими разрезными траншеями на добычных горизонтах. Слой разделяют на несколько уступов. Вскрышные породы перемещают автотранспортом на внешние отвалы. Вскрытие рабочих уступов осуществляется системой полустационарных внутренних съездов.

Минимальная ширина ( $m$ ) вскрышной панели на нижнем вскрышном горизонте слоя

$$Ш_{п} = H_{у}(\text{ctg } \beta + \text{ctg } \alpha) + b_{п},$$

где  $H_{у}$  — высота уступа,  $m$ ;  $\beta$  — угол падения пласта, градус;  $\alpha$  — угол откоса уступа, градус;  $b_{п}$  — ширина предохранительной бермы,  $m$ .

На вышележащих горизонтах в пределах добычной зоны ширина вскрышных панелей увеличивается (с каждым горизонтом на величину  $Ш_{п}$ ). В пределах вскрышных зон ширина панелей остается неизменной (см. рис. 32.3). Применение такого технологического комплекса в благоприятных условиях позволяет уменьшить объем горно-капитальных работ и текущий коэффициент вскрыши в начале эксплуатации месторождения.

При поперечной однобортовой системе разработки вытянутых крутых залежей применяют и технологический комплекс с внутренним отвалообразованием, характерный для сплошных систем разработки. Основная часть вскрышных пород (после отработки части карьерного поля - карьера первой очереди с внешним отвалообразованием) может перемещаться на внутренние отвалы автотранспортом или иногда конвейерами. Карьер первой очереди углубляется до конечной проектной отметки.

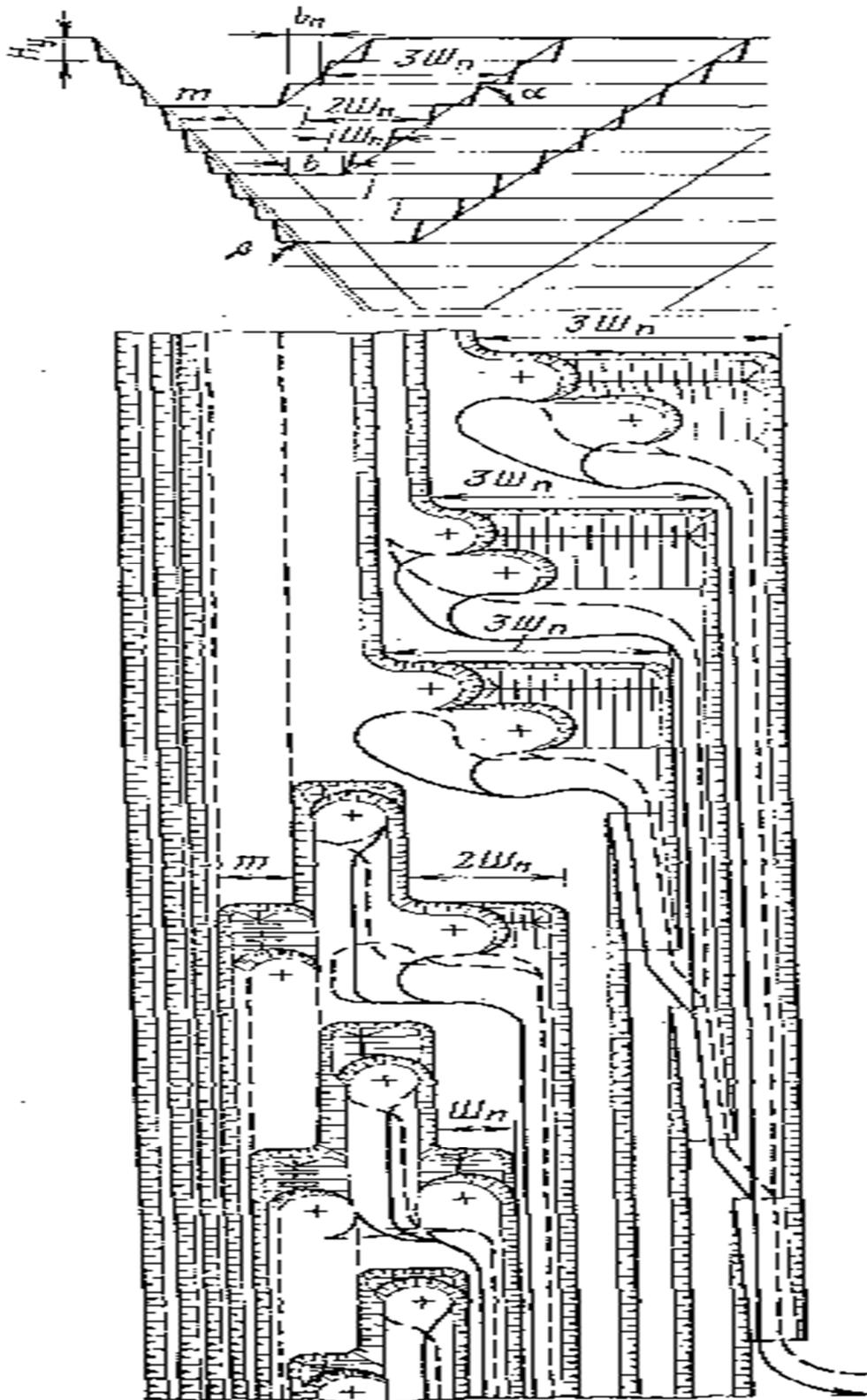


Рис. 18.3. Схема послойной отработки крутой залежи

По мере формирования внутренних отвалов и подвигания вскрышного фронта по простиранию соответственно подвигается фронт отвальных работ. Уступы обрабатывают одновременно на всех горизонтах карьера (рис. 18.4). Вскрышные породы перевозят автосамосвалами на погоризонтные отвалы по

транспортным бермам. Расстояние транспортирования при этом сокращается, движение автотранспорта происходит без подъема, грузопотоки рассредоточены и производительность автосамосвалов существенно увеличивается по сравнению с перевозками на внешние отвалы. Полезное ископаемое транспортируется на поверхность по внутренним полустационарным съездам на борту карьера со стороны висячего бока залежи. По мере продвижения фронта работ съезды поочередно засыпаются породой внутреннего отвала соответствующего горизонта. К моменту ликвидации съезда на этом же горизонте должен быть подготовлен новый съезд (полутраншея). Фронт работ может быть сквозным или тупиковым.

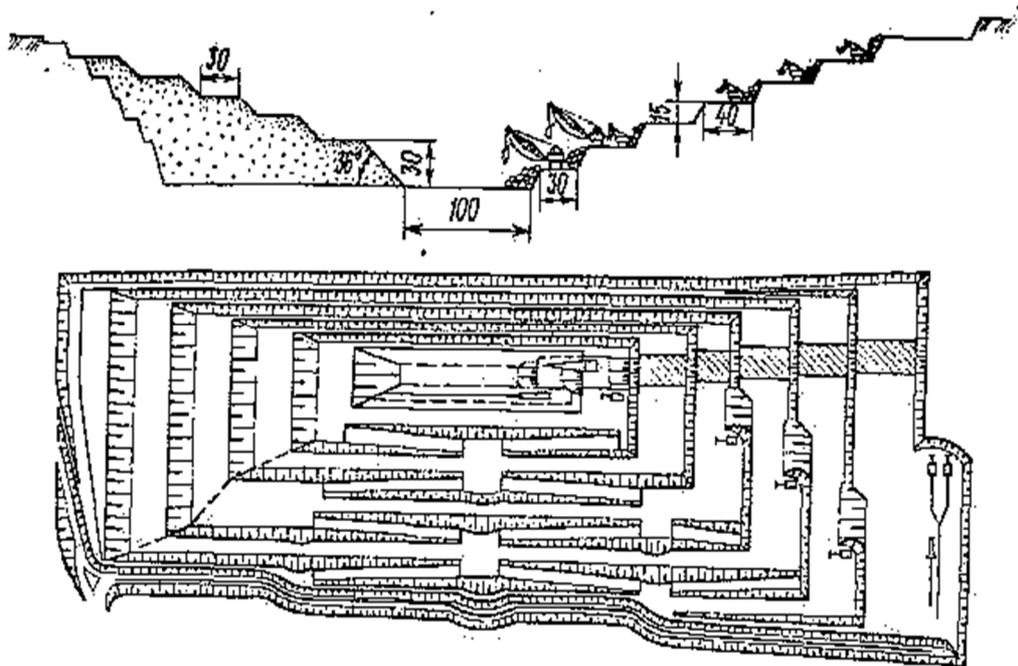


Рис. 18.4. Схема разработки крутых залежей с внутренним отвалообразованием.

При продвижении фронта работ по простиранию залежи добыча полезного ископаемого и вскрышные работы на уступах попеременно чередуются и производятся одними и теми же экскаваторами. Вскрытые запасы полезного ископаемого обеспечиваются равномерным опережением вскрышными работами добычных на всех горизонтах. Требуемое опережение (м) по вскрыше на каждом уступе

$$B = Q_n / [(H_k - H_n) m \gamma_i \eta_i],$$

где  $Q_n$  — нормативные запасы, т;  $H_k$  — глубина карьера, м;  $H_n$  — мощность наносов, м;  $m$  — горизонтальная мощность вскрываемого пласта, м;  $\gamma_i$  — плотность полезного ископаемого, т/м<sup>3</sup>;  $\eta_i$  — коэффициент извлечения полезного ископаемого.

Необходимый объем готовых к выемке запасов на каждом уступе создается при опережении вскрышными работами добычных на одну-две заходки шириной 15—30 м. При одновременном ведении работ на всех горизонтах месторождения разрабатывают с более равномерным распределением во времени объемов вскрышных работ.

Полное размещение породы во внутренних отвалах возможно при условии

$$K_{cp} = 1 / [(K_{p.o} - 1) \gamma_p],$$

где  $K_{cp}$  — средний коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т;  $K_{p.o}$  — остаточный коэффициент

разрыхления породы в отвале (для полускальных пород при высоких отвалах  $K_{p.o}=1,08\div 1,15$ );  $\gamma_p$  — плотность породы, т/м<sup>3</sup>.

Для предотвращения оползней внутренних отвалов наносы, представленные увлажненными глинами, необходимо транспортировать на внешние отвалы или складировать на верхнем ярусе внутренних отвалов. Общий угол откоса внутренних отвалов (при высоте отвального яруса 15 м) обычно не превышает 17—18°.

Применение данного технологического комплекса целесообразно при разработке наклонных и крутых залежей на полную глубину (синклинальные складки и мульдообразные залежи с относительно небольшой глубиной залегания замковых частей, отдельные участки пластов, срезанные по глубине дизъюнктивными нарушениями), а также при отработке верхних горизонтов месторождений, разрабатываемых подземным способом, и на карьерах, подлежащих реконструкции, где использование внешних отвалов по тем или иным причинам неэкономично или невозможно.

**Опорные слова:** песчано-гравийные и карбонатные месторождения, горизонтальная, пологая, поперечная, продольная, радиальная, поочередная разработка, схема вскрытия, ширина заходок и рабочих площадок, технологический комплекс, вышележащий горизонт, формирование, размещение породы во внутренних отвалах.

#### **Контрольные вопросы:**

1. При разработке каких пород применяются технологические комплексы с перемещением горной массы автотранспортом?
2. При разработке каких залежей применяется технологический комплекс послонной отработки?
3. Как определяется минимальная ширина вскрышной панели на нижнем вскрышном горизонте?
4. Какой технологический комплекс применяется при поперечной однобортной системе разработки вытянутых крутых залежей?
5. Как определяется требуемое опережение по вскрыше на каждом уступе?

#### **Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виноцкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 21

**Тема:** Углубочная система разработки. условия применения углубочных систем разработки.

### План:

1. Форма и строение залежей.
2. преобладающие типы и мощность пород.
3. Обводненность и температурный режим.
4. Рельеф поверхности.
5. Форма и размеры карьеров.
6. Условия производства и объемы горных работ.

*Форма и строение залежей.* Пласты, пластообразные залежи и свиты пластов характерны для угольных, железорудных, апатитовых и фосфоритовых, меднорудных и других месторождений.

Изометрические залежи, в основном массивного и штокверкового типов, характерны для многих месторождений руд цветных металлов, железистых кварцитов, хризотил-асбеста и др. Трубообразные залежи характерны для алмазных месторождений. Разрабатываются также залежи переходных форм.

Большинство пластообразных залежей имеют четкие контакты, но неравномерное качество как по отдельным залежам, так и в пределах одной залежи по глубине и в плане. Многие месторождения, в первую очередь штокверкового типа (руды цветных металлов, хризотил-асбест, ряд руд химического сырья и т.д.), являются сложноструктурными, характеризуются отсутствием четких контактов залежей, многочисленными включениями пустых пород, наличием нескольких (до десятка и более) рудных тел сложной формы, неравномерным качеством руды на участках, расстояние между которыми измеряется несколькими метрами, и т. д. В целом для наклонных и крутых месторождений характерны многочисленные геологические нарушения, обуславливающие изменение пространственного положения, формы и размеров залежей, а также качества полезных ископаемых.

*Преобладающие типы и мощность пород.* На всех наклонных и крутых месторождениях вскрышные породы — это в первую очередь покрывающие залежи наносы, вмещающие породы, прослои и включения. На угольных месторождениях вмещающие породы обычно полускальные и скальные (первого и второго классов по трудности разработки), а сам уголь является плотной или полускальной породой. Для многих рудных месторождений характерны метаморфизованные, осадочные и изверженные скальные вмещающие породы и полезные ископаемые с широким диапазоном изменения показателя трудности разработки пород ( $P_{тр}$  изменяется от 4—5 до 20 и более). Промерзшие полускальные и скальные (многолетнемерзлые) вмещающие породы и полезные ископаемые типичны для месторождений северных и северо-восточных районов.

Обычная мощность угольных пластов изменяется от нескольких до десятков метров; такой диапазон мощности характерен и для пластообразных залежей руд цветных металлов, минерального химического сырья, хризотил-асбеста и др. Мощность железорудных залежей изменяется от десятков до сотен метров.

Характерным является:

одновременная разработка пород с различными показателями  $P_{тр}$ , отличающимися на 3—5 категорий и более;

повышение трудности разработки пород с углублением карьера вследствие увеличения прочности и уменьшения трещинно-ватости пород даже одного минералогического состава.

Мощность покрывающих пород (в основном четвертичных отложений) обычно невелика (от нескольких метров до 30—40 м). В то же время во все большем масштабе в разработку открытым способом вовлекаются месторождения с мощностью покрывающих пород до 100 и даже 150 м. Покрывающие породы на таких месторождениях мягкие, плотные, разнородные и полускальные.

*Обводненность и температурный режим.* Месторождения глубинного и высотно-глубинного типов, как правило, обводнены (от одного до шести водоносных горизонтов). Отрицательный температурный режим многолетнемерзлых мягких, плотных и полускальных пород с глинистым скелетом неблагоприятно сказывается на выполнении технологических процессов и обеспечении устойчивости откосов отдельных уступов в летний период.

*Рельеф поверхности.* На выбор технологических решений (в основном по вскрытию, компоновке генплана) существенно влияет холмистый рельеф и особенно — сложный рельеф поверхности высокогорных месторождений. При этом он влияет на селе- и лавиноопасность и устойчивость отвалов, от него зависит местоположение обогатительных фабрик и отвалов, а следовательно, и расстояние транспортирования полезного ископаемого и вскрышных пород, а также является исходным фактором при выборе порядка разработки нагорных месторождений, комплексов вскрышного и добычного оборудования, расположения приемных пунктов горной массы.

По мере развития горных работ на нагорных карьерах изменяется и рельеф поверхности, что определяет целесообразность в ряде случаев изменения вскрышного и добычного технологического комплексов.

*Форма и размеры карьеров.* Конечные форма и размеры в плане карьера глубинного вида определяются его глубиной  $H_k$ , углами заложения нерабочих бортов  $\gamma_n$  и размерами залежи на уровне дна. Размеры карьерного поля могут ограничиваться: наличием участков, где мощность залежи меньше допустимой, либо участков с непромышленным содержанием полезных компонентов; наличием природных или искусственных преград; большим расстоянием между отдельными залежами месторождения.

Форма поверхностного контура глубоких карьеров обычно округлая, независимо от формы залежи в плане. В то же время форма и размеры контура каждого горизонта и карьера в целом в начальный период отработки месторождения определяются формой и размерами залежи и применяемой системой разработки (рис. 19.1) и в меньшей степени — размерами и формой конечных контуров отдельных горизонтов и карьерного поля в целом.

*Условия производства и объемы горных работ.* Для систематического углубления горных работ с определенной скоростью требуется подвигание фронта работ на всех вскрытых уступах с соответствующей скоростью. При любой системе разработки в карьере глубинного вида длина фронта работ каждого вышележащего уступа больше, чем нижележащего, так же как и конечные размеры уступов. Поэтому на верхних горизонтах должны выполняться большие объемы вскрышных работ и срок их отработки продолжительнее, чем нижележащих горизонтов. Одновременно нарезаются новые уступы, общее число рабочих уступов возрастает в течение длительного времени. В связи с этим

увеличиваются и объемы вскрышных работ.

С углублением карьера возрастает трудность разработки пород, увеличивается высота подъема горной массы и расстояние перевозок вскрышных пород. Уменьшение размеров нижних горизонтов обуславливает стесненные условия работы комплексов оборудования, в первую очередь транспорта. Усложняется также управление качеством добытого полезного ископаемого, возрастает водоприток. Условия производства горных работ особенно усложняются при достижении карьером глубины 150—200 м и более.

Обеспечение плановых объемов добычи полезного ископаемого достигается:

выбором добычных и вскрышных технологических комплексов, в наибольшей мере соответствующих природным и организационным условиям каждого этапа разработки и обеспечивающих преемственную связь между комплексами на смежных этапах и в период реконструкции карьера;

изменением схем вскрывающих трасс и способа вскрытия как с каждым новым этапом разработки (обычно при реконструкции карьера), так и в пределах одного этапа, соблюдая в целом принятую систему вскрывающих трасс;

регулированием параметров системы разработки с целью управления текущими объемами вскрышных работ как по этапам, так и в пределах этапов разработки.

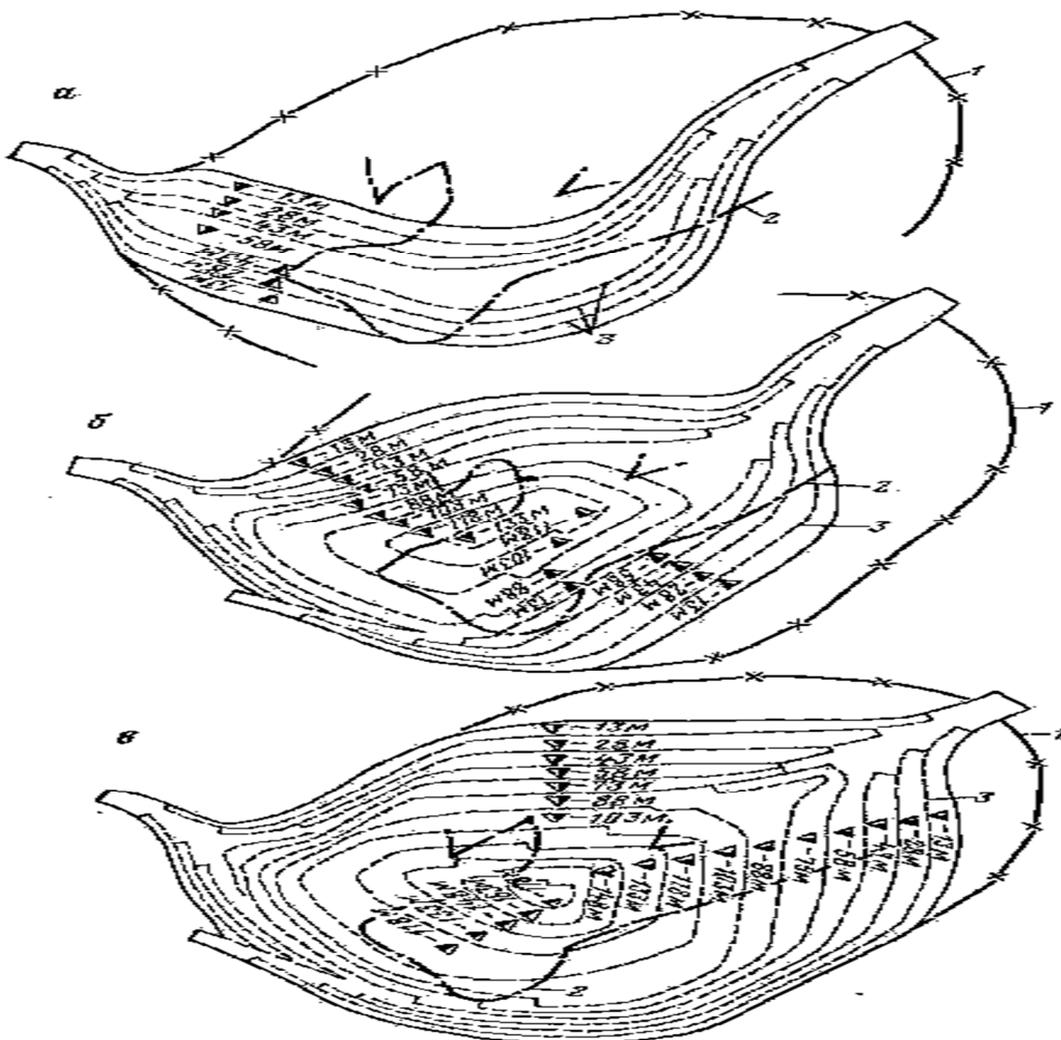


Рис. 19.1. Схемы изменения формы и размеров карьера и горизонтов по мере углубления горных работ:

а, б и в — этапы развития горных работ; 1 — конечный контур карьера; 2 — контур

рудной залежи; 3 — контуры горизонтов.

**Опорные слова:** *пластообразные, свиты пластов, изометрические, трубообразные, скальные полускальные, глубинный, высотно-глубинный, холмистый, трудность разработки, регулирование параметров системы разработки.*

**Контрольные вопросы:**

1. Для каких месторождений характерны пласты и пластообразные залежи?
2. Какие породы являются вскрышными на всех наклонных и крутых месторождениях?
3. Что влияет на выбор технологических решений?
4. Чем определяются конечные форма и размеры в плане карьера глубинного вида?
5. Условия производства горных работ при углубочных системах разработки.

**Литература:**

1. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1982.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., «Недра», 1980, 631 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. М., «НЕДРА», 1985.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2. М., «НЕДРА», 1975.
6. Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.
7. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.

## Лекция 22

**Тема:** Варианты развития горных работ, конструкции и параметры берм при углубочных системах разработки

**Цель занятия:** ознакомление с семью вариантами начального положения и направления развития горных работ, а также с транспортными и предохранительными бермами.

### План:

1. Варианты развития горных работ.
2. Транспортные бермы.
3. Предохранительные бермы.

В общем случае при разработке наклонного или крутого месторождения с параллельным подвиганием фронта в карьере возможны семь вариантов начального положения и направления развития горных работ (рис. 36.1): варианты 1 и 2 характеризуют применение поперечной однобортовой системы разработки, 3 и 4 – продольной двухбортовой, 5 и 6 – продольной однобортовой, 7 – поперечной двухбортовой систем разработки. Для каждого варианта характерны определенные способы вскрытия и режим горных работ.

Варианты 1 и 2 в простейших условиях разработки равноценны по объему вскрышных работ и способу вскрытия. В обоих случаях вскрывающие выработки и соответствующие транспортные коммуникации являются стационарными.

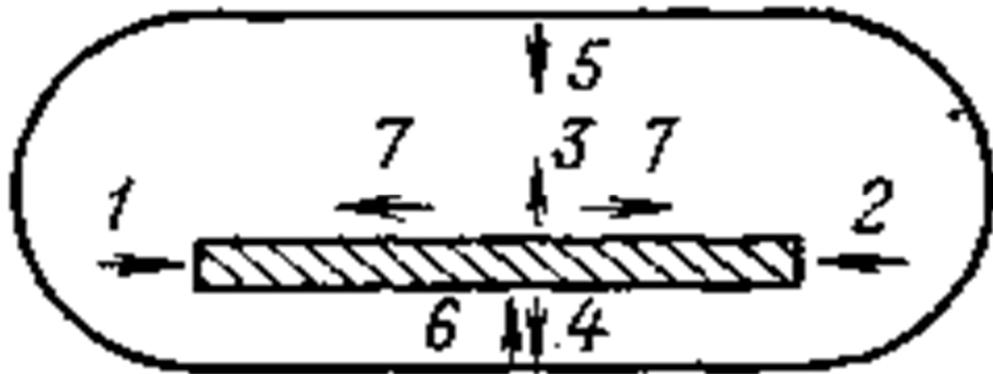


Рис. 36.1. Схемы вариантов начального положения и развития горных работ

При вариантах 3 и 4 объемы горно-капитальных работ небольшие, но условия эксплуатации транспорта сложные, так как вскрывающие выработки являются нестационарными по крайней мере для группы нижних рабочих

горизонтов. Разрезную траншею можно проводить по вмещающим породам со стороны висячего или лежащего бока залежи или по залежи. В первом случае облегчается раздельная разработка полезного ископаемого, уменьшаются его потери и разубоживание; проведение таких траншей обязательно при продольных системах разработки маломощных (до 30–40 м) залежей. При разработке мощных залежей (200 м и более) чаще проводят разрезные траншеи по залежи вблизи ее лежащего бока для достижения более равномерного режима вскрышных работ и ускорения перевода временных съездов в постоянные.

Развитие горных работ по варианту 5 связано с выполнением от контура карьера со стороны висячего бока залежи больших объемов горно-строительных работ, а следовательно, и с большими капитальными затратами и продолжительным сроком строительства карьера.

При углах падения залежи  $\beta$  до 30–35° при варианте 6 развития работ непосредственно от лежащего бока залежи стационарные съезды можно устраивать на нерабочем борту карьера (с углом  $\gamma_n$ ) без дополнительного его разноса ( $\gamma_n \leq \beta$ ).

При наклонных вытянутых залежах горные работы развиваются чаще всего по варианту 6 – от лежащего бока залежи с использованием продольной однобортовой системы разработки.

С увеличением угла падения залежи ( $\beta > \gamma_n$ ) объем вскрышных (горно-капитальных) работ в начальный период разработки по варианту 6 увеличивается (см. рис. 36.1). Поэтому на крутых месторождениях горные работы развивают от середины карьерного поля к висячему и лежащему бокам залежи по вариантам 3 и 4 с использованием продольной двухбортовой системы разработки. Отработку вскрышных пород со стороны ее висячего бока можно вести равномерно при меньшем числе экскаваторов или форсированно для ускоренного ввода стационарных вскрывающих выработок.

При весьма вытянутых карьерных полях и применении автотранспорта, а также скиповых подъемников иметь излишний фронт горных работ невыгодно из-за больших объемов горно-капитальных работ и протяженности транспортных коммуникаций. В этом случае возможно применение вариантов поперечных систем разработки. При поперечном расположении и двустороннем развитии фронта (вариант 7) характерны относительно небольшие объемы горно-капитальных работ и расстояния транспортирования по горизонтам – соответственно на 20–40 и 30–40 % меньше, чем при продольной однобортовой системе разработки. Однако при применении поперечной двухбортовой системы разработки необходимо обеспечить высокие скорости подвигания и углубления горных работ, иметь повышенные уклоны внутрикарьерных дорог и иногда сооружать крутые траншеи, оборудованные наклонными подъемниками. При использовании

автотранспорта возможна поперечно-продольная система разработки.

Мульдообразные залежи в большинстве случаев начинают разрабатывать с крыльев залежи с подвиганием фронта вкрест простирания (рис. 36.2, а), что позволяет уменьшить в начальный период объемы вскрышных работ. Система разработки в этом случае продольная двухбортовая. При разработке мульд возможно также подвигание фронта работ по простиранию (рис. 36.2, б), что улучшает условия устойчивости бортов и иногда допускает частичное размещение пород во внутренних отвалах.

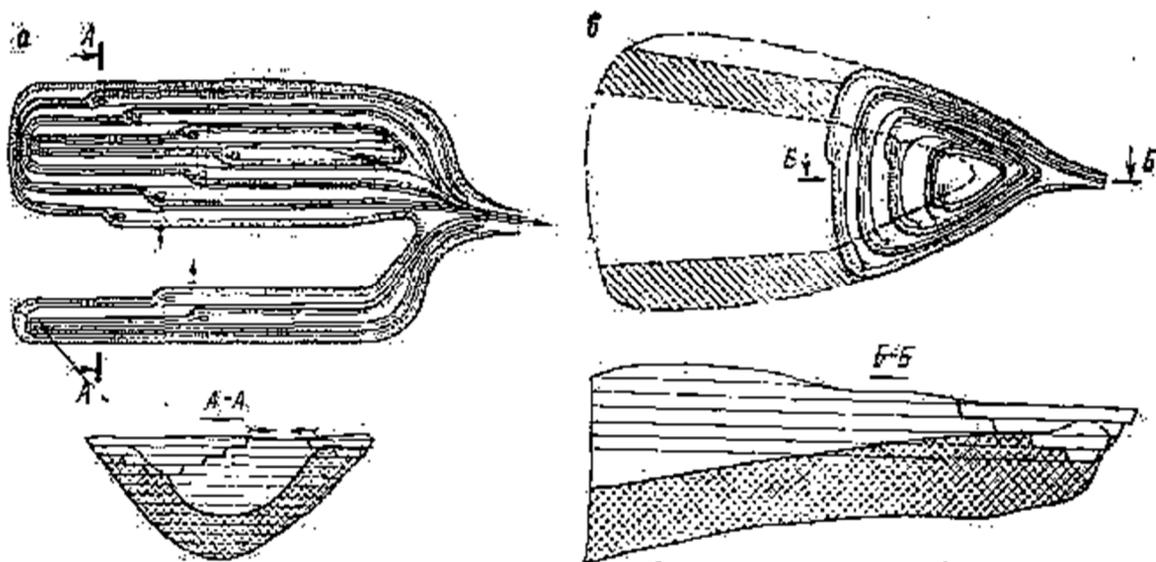


Рис. 36.2. Продольная двухбортовая (а) и поперечная однобортовая (б) системы разработки мульдообразных залежей.

При разработке относительно коротких рудных тел, когда карьер с самого начала имеет округлую форму в плане, а также многих месторождений строительных горных пород возможно радиально-круговое развитие горных работ на каждом горизонте от середины во все стороны; подготовка горизонтов осуществляется котлованами. Круговое развитие горных работ на горизонтах целесообразно также при разработке залежей, приуроченных к куполообразной возвышенности, при этом направление развития горных работ – от границ карьерного поля к центру. Применение кольцевой центральной и поперечно-продольной систем разработки позволяет в короткие сроки добиться высокого темпа углубления горных работ, при минимальном объеме горно-капитальных работ достичь залежи и начать добычные работы, уменьшить объемы вскрышных работ в первый эксплуатационный период разработки. При полном развитии горных работ дальнейшее применение этих систем не всегда дает положительные технико-экономические результаты.

При крутых и относительно коротких в плане залежах принципиально возможно веерное развитие горных работ на рабочих горизонтах с

использованием веерно-рассредоточенной системы разработки. При этом, как правило, трасса вскрывающих выработок является стационарной или полустационарной и имеет спиральную форму. Ось веера для каждого горизонта располагается в пункте примыкания горизонтального участка трассы к вскрывающей траншее. Веерная рассредоточенная система разработки характеризуется специфическими особенностями.

Во многих случаях при рациональной разработке месторождений в сложных условиях необходимо применять на различных участках разные системы или отдельные варианты систем в зависимости от изменений горно-геологических условий и масштаба горных работ. Довольно часто по мере развития горных работ на карьере оказывается целесообразным последовательное (реже одновременное) применение различных систем разработки.

### Конструкции и параметры берм

Уступы нерабочего борта карьера разделяются площадками (бермами) – транспортными, и предохранительными.

Транспортные (соединительные) бермы соединяют капитальные траншеи с рабочими горизонтами на соответствующих уступах. Эти бермы всегда горизонтальные при отработке карьерного поля горизонтальными слоями. Минимальная ширина транспортной бермы  $B_T$  (рис. 36.3) складывается из ширины кювета  $K$  ( $K=0,5\div 0,7$  м), транспортной полосы  $T$  и полосы безопасности  $Z$  (ширина призмы возможного обрушения). В легко выветриваемых породах ширина полосы безопасности со стороны выработанного пространства составляет не менее 2–4 м и, кроме того, предусматривается площадка под осыпь шириной 4–6 м.

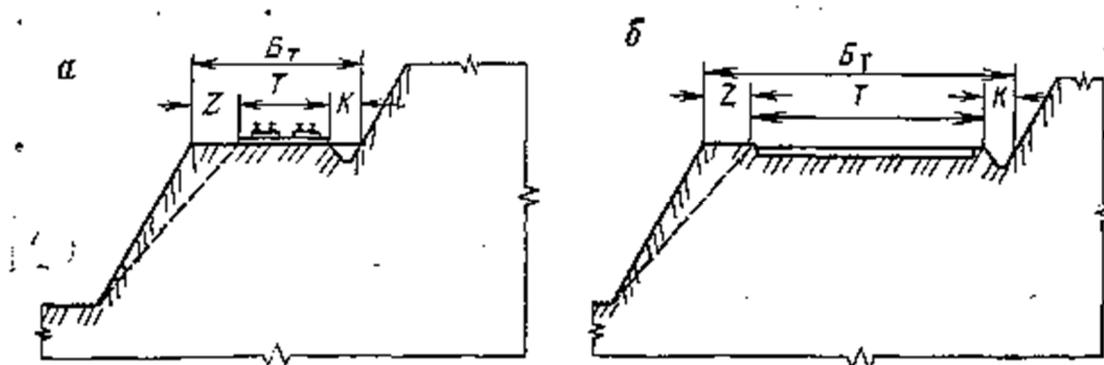


Рис. 36.3. Элементы соединительных берм:

а и б – соответственно при железнодорожном и автомобильном транспорте

При железнодорожном транспорте  $T$  равняется 3 м при одном и 7,5 м при двух путях. При автотранспорте ширина проезжей части и обочин автодорог при двухполосном движении составляет 11, 13, 15, 18, 22 и 30 м

соответственно для автосамосвалов грузоподъемностью 10–12, 27–30, 40–45, 65–75, 100–120 и 160–180 т. При тягачах с полуприцепами Т возрастает на 1–2 м. Часто на обочине автодороги устраивают ограждение в виде породного вала высотой 0,7–1,2 м, а при грузоподъемности более 75 т – до 3,5 м.

Общая ширина транспортной бермы при одном железнодорожном пути должна быть не менее 6,5 м, а при двух путях – 10,6 м; практически ширина берм принимается не менее 8 и 12–14 м. При автосамосвалах грузоподъемностью 27 и 40 т ширина транспортных берм на карьерах равна 16–18 м, а для более мощных – до 30 м.

Разнос нерабочих бортов для устройства горизонтальных соединительных берм устраивают преимущественно в неглубоких карьерах. В глубоких карьерах соединительные бермы оставляют только на пологих бортах, когда не требуется их дополнительный разнос; при крутых по условиям устойчивости бортах соединительные бермы почти не предусматривают.

Съезды (полутраншеи), проводимые по нерабочим бортам, по сути дела являются наклонными транспортными бермами, поэтому ширина их определяется так же, как и соединительных берм.

*Предохранительные бермы* служат для уменьшения угла заложения борта карьера и повышения его устойчивости. Ширина и расположение предохранительных берм (на каждом или через два-три уступа) устанавливаются исходя из принятых углов откосов нерабочих бортов и уступов.

При массовом взрывании скальных пород в приконтурной зоне вертикальными скважинными зарядами ВВ разрушаются породы за пределами взрываемого блока; заколы распространяются в глубь массива на 5–10 м от верхней бровки уступа, зона заметного развития трещин – на 20–30 м, а зона сотрясений и деформаций – до 40–60 м от скважин (рис. 36.4). По этой причине, а также вследствие выветривания бермы небольшой ширины через 3–4 года разрушаются и образуется сплошной откос большой высоты. Это опасно даже при углах откоса борта до 30°, так как крупные глыбы скатываются на рабочие уступы, В этих условиях ширина предохранительных берм увеличивается до 8–12 м и более.

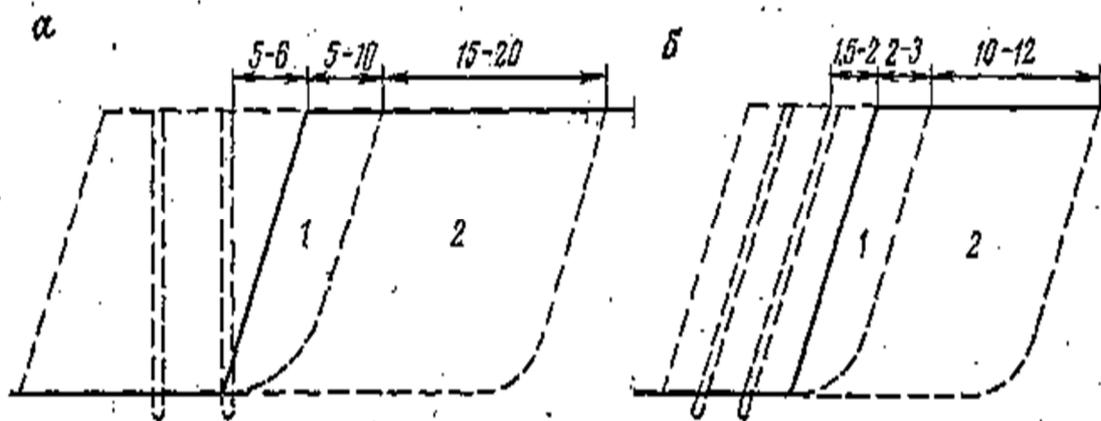


Рис. 36.4. Зоны нарушения уступа при взрывании вертикальных (а) и наклонных (б) скважинных зарядов:  
1 – зона заколов; 2 – зона сотрясения.

При погашении бортов целесообразно применять специальные методы взрывания. Если углы падения породных слоев больше  $26-30^\circ$ , то откосы погашенных уступов должны совпадать с их контактами.

В скальных породах желательно отстраивать нерабочий борт со двоянными и строеными уступами (высота 30–45 м) при более пологих откосах и ширине предохранительных берм 10–15 м.

Широкие предохранительные бермы на каждом уступе ( $H_y \geq b \geq 0,5H_y$ ) характерны для мягких водонасыщенных пород, а при скальных породах – если конечное положение борта окончательно не установлено.

Устройство съездов и при устойчивых бортах ведет к их выполаживанию (рис. 36.5, а) и росту объема вскрышных пород в контурах карьера. Увеличение угла откоса нерабочего борта может быть достигнуто при его отстройке с наклонными предохранительными бермами, продольный уклон которых равен уклону съездов (рис. 36.5, б). Основной недостаток таких конструкций – удорожание горных работ при сооружении наклонных берм по сравнению с горизонтальными (не менее чем на 20–25%). Такие нерабочие борта целесообразны в основном в глубоких карьерах округлой формы при их относительно небольших размерах в плане и при спиральной трассе стационарных съездов (рис. 36.5, в). Наклонные предохранительные бермы можно использовать для перегонов горного оборудования между уступами, а при краткосрочной эксплуатации – также для транспортирования горной массы.

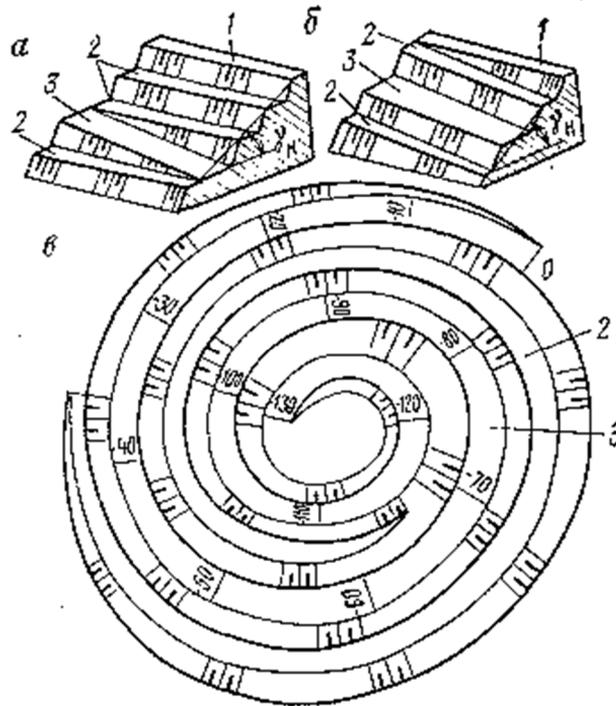


Рис. 36.5. Схемы бортов с горизонтальными и наклонными предохранительными бермами:

1 – дневная поверхность; 2 – предохранительные бермы; 3 – съезд.

**Опорные слова:** поперечная однобортовая, продольная двубортовая, продольная однобортовая, поперечная двубортовая, объем горно-капитальных работ, угол падения залежи, уступы нерабочего борта, соединительная берма, ширина кювета, транспортная полоса, полоса безопасности, призма обрушения, разнос нерабочих бортов, съезд.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Укажите по схеме варианты начального положения и направления развития горных работ.
2. Применением какой системы разработки характеризуются варианты 1 и 2 (рис. 36.1)?
3. Чем разделяются уступы нерабочего борта?
4. Для чего предназначены транспортные бермы?
5. Для чего служат предохранительные бермы?

#### **Литература:**

1. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., 2010, 631 с.
2. Открытые горные работы. Справочник. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.

3. Арсентьев В.И. *Вскрытие и системы разработки карьерных полей.* М., Недра, 2001.

4. Шорохов С.М. *Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений.* М., 2003.

5. Юматов Б.П. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений.* М., 2006.

## Лекция 23

**Тема:** Вскрытие внешними капитальными траншеями

**Цель занятия:** ознакомление с вариантами глубины заложения внешних траншей и с основными экономическими показателями выполнения определенного объема работ по вскрытию и подготовке горизонта.

### План:

1. Требуемая пропускная способность трассы вскрывающих выработок.
2. Основные экономические показатели выполнения объема работ по вскрытию и подготовке горизонта.
3. Варианты глубины заложения внешних траншей.

Требуемая пропускная способность трассы вскрывающих выработок (поездов/сут)

$$N_T = \frac{fW_c}{V_c} = \frac{fL_{\phi.y}H_yN_yv_{\phi}}{V_cT_p},$$

где  $f$  – коэффициент резерва ( $f=1,2\div 1,25$ );  $W_c$  – среднесуточный грузооборот рабочих горизонтов, обслуживаемых одной трассой,  $m^3$ ;  $V_c$  – вместимость состава (в плотном теле),  $m^3$ ;  $L_{\phi.y}$  – средняя длина фронта работ уступа, м;  $N_y$  – число рабочих уступов, обслуживаемых данной трассой;  $v_{\phi}$  – скорость подвигания фронта горных работ, м/год;  $T_p$  – продолжительность работы карьера в году, сут.

При вскрытии рабочих горизонтов внешними капитальными траншеями обеспечивается высокая пропускная способность трассы, а также независимое проведение капитальных траншей от ведения горных работ в карьере, в результате чего сокращается срок строительства карьера и грузопотоки разделяются уже в начальный период его эксплуатации. Однако с возрастанием глубины внешней траншеи  $H$  ее объем увеличивается пропорционально  $H^2$  и  $H^3$ , а это, в свою очередь, ограничивает конечную  $H$ .

Варианты различной глубины заложения внешних траншей, обеспечивающие требуемый грузооборот карьера и производительность экскаваторов, сравниваются по капитальным и эксплуатационным затратам с учетом срока строительства карьера. Если глубина заложения внешней траншеи ограничивает производственную мощность карьера, это должно учитываться при технико-экономических расчетах\*.

Одним из основных экономических показателей выполнения определенного объема работ по вскрытию и подготовке горизонта являются амортизационные затраты ( $\text{сум}/m^3$ ) на горно-строительные работы,

отнесенные к 1 м<sup>3</sup> эксплуатационных работ:

$$C_a = \frac{V_{г.п} C_{г.п}}{V_{г.э}},$$

где  $V_{г.п}$  – объем горно-подготовительных работ, м<sup>3</sup>;  $C_{г.п}$  – удельные затраты на горно-подготовительные работы, сум/м<sup>3</sup>;  $V_{г.э}$  – объем горно-эксплуатационных работ, м<sup>3</sup>.

При вскрытии внутренними траншеями амортизационные затраты на горно-подготовительные работы (сум/м<sup>3</sup>) определяются по выражению

$$C'_a = \frac{V_{г.п} C_{г.п} + V_p C_p}{V_{г.э}},$$

где  $V_p$  – объем дополнительного разноса борта, м<sup>3</sup>;  $C_p$  – удельные затраты на горно-эксплуатационные (вскрышные) работы, сум/м<sup>3</sup>.

При вскрытии системой внешних траншей одновременно нескольких горизонтов строительные объемы верхних траншей (а следовательно, и затраты на них) относят только к соответствующим объемам горной массы вскрываемого горизонта, за исключением последней по глубине и наибольшей по объему траншеи, пути которой далее переходят во внутренние траншеи. Ее строительный объем распределяется на объем горной массы как вскрываемого, так и нижерасположенных горизонтов.

Таким образом, внешние траншеи могут иметь более глубокое заложение при больших размерах карьерного поля в плане, главным образом вкострест простирающихся залежи, и большой конечной глубине карьера.

При заложении внешней траншеи глубиной  $H$  в направлении к пунктам приема горной массы уменьшается общее расстояние перевозок по сравнению со вскрытием внутренними траншеями, что особенно важно при применении автотранспорта.

При высоте уступа  $H_y = 10 \div 15$  м, небольших размерах карьера и объемах грузопотоков конечная глубина внешней траншеи  $H$  составляет 15–20 м.

Для средних и крупных по размерам карьеров  $H$  составляет соответственно 25–30 и 40–50 м.

При вскрытии траншеями смешанного заложения по техническим условиям трассирования увеличение глубины внешней траншеи на один горизонт целесообразно, если при этом упростится трасса, например, сократится один тупик до нижнего горизонта, вскрываемого внутренними траншеями. В этом случае экономия по эксплуатационным расходам значительно превысит дополнительные затраты на углубление внешней траншеи.

При разработке залежей, выходы которых под наносы имеют ограниченное простираение, размеры карьера в плане в первый период относительно небольшие. Внутреннее заложение капитальных траншей со стороны лежащего бока при таких условиях может не обеспечить требуемой

провозной способности трассы или связано с большим дополнительным разном бортов для укладки тупиков и петлевых соединений. В этих случаях углубляют внешние траншеи до 60–80 м, что позволяет быстрее вскрыть залежь и значительно улучшить соотношение объемов вскрышных и добычных работ в первый период существования карьера. При этом общий объем горно-строительных работ к моменту сдачи карьера в эксплуатацию увеличивается, но уменьшается необходимое опережение вскрышных работ на верхних уступах.

На крупных карьерах при большой (более 80 м) мощности малоустойчивых наносов глубина внешних траншей может быть увеличена, если ими непосредственно вскрывается залежь полезного ископаемого. При таком решении обеспечивается большой грузооборот карьера, разделяются грузопотоки полезного ископаемого и вскрышных пород и повышается надежность транспортной схемы.

Характерным для разработки месторождений с мощной толщей покрывающих пород (80–200 м) является строительство карьера первой очереди («начального карьера») при ограниченных размерах его по дну и поверхности с целью уменьшения объема горно-капитальных работ. При этом в период строительства необходимо отстроить участок нерабочего борта (по конечному или промежуточному контуру карьера) для размещения внутренней трассы. Создание такого борта является обязательным при вскрытии добычных горизонтов крутой траншеей для работы комбинированного, например, автомобильно-конвейерно-железнодорожного транспорта. Создание «полустационарных» внешних траншей позволяет ускорить строительство карьера и освоение его мощности, а также уменьшить объем вскрышных работ в первый период эксплуатации.

***Опорные слова:** пропускная способность, трасса, коэффициент резерва, грузооборот, рабочий уступ, продолжительность работы карьера, экономические показатели, объем горно-подготовительных работ, удельные затраты, объем горно-эксплуатационных работ, заложение.*

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. По какой формуле определяется требуемая пропускная способность трассы вскрывающих выработок?*
- 2. Что обеспечивается при вскрытии рабочих горизонтов внешними капитальными траншеями?*
- 3. По какой формуле определяются амортизационные затраты на горно-строительные работы?*
- 4. По какой формуле определяются амортизационные затраты на горно-подготовительные работы?*

5. Как можно увеличить глубину внешних траншей?

**Литература:**

1. Ржевский В.В. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ.* М., 2010, 631 с.

2. *Открытые горные работы. Справочник.* Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Веницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.

3. Арсентьев В.И. *Вскрытие и системы разработки карьерных полей.* М., Недра, 2001.

4. Шорохов С.М. *Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений.* М., 2003.

5. Юматов Б.П. *Технология и комплексная механизация открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений.* М., 2006.

## Лекция 24

### Тема: Простые, тупиковые и петлевые трассы

#### План:

1. Простая трасса.
2. Тупиковые трассы.
3. Петлевые трассы.

Наибольшее распространение для вскрытия глубоких горизонтов получили разнообразные виды внутренних полутраншей (съездов). Они чаще всего являются продолжением траншей внешнего заложения.

Угол в плане  $\varphi$  между осью съезда и откосом уступа может находиться в пределах  $\arcsin \operatorname{ctg} \alpha \leq \varphi \leq \pi/2$  (рис. 20.1). При минимальном угле  $\varphi = \arcsin i \operatorname{ctg} \alpha$  (см. рис. 20.1, а) уменьшается дополнительный разнос нерабочего борта. Этот угол увеличивают при применении автотранспорта для сокращения длины трассы, расстояния перевозок на горизонтах. Съезды при этом имеют верхнюю траншейную и нижнюю полутраншейную части (см. рис. 20.1, б) или верхнюю траншейную часть, а нижнюю часть в виде насыпи (см. рис. 20.1, в). Часто съездами называют и наклонные внутренние траншеи.

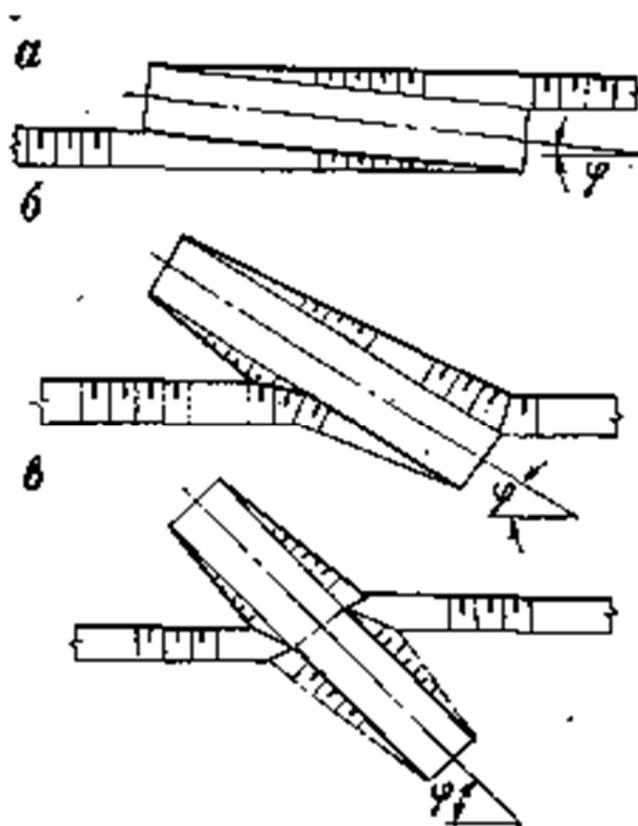


Рис. 20.1. Схемы съездов.

*Простая трасса* размещается на одном или двух смежных бортах карьера. Трасса может быть стационарной, полустационарной, скользящей или иметь стационарную и скользящую части. Простая трасса характеризуется неизменным направлением движения

транспортных средств в ее пределах и наименее сложной конструкцией пунктов примыкания к горизонтам. Следствием этого являются максимальные для внутренних трасс скорость движения транспорта и пропускная способность трассы, минимальный разнос борта карьера.

Участки стационарной трассы образуются сразу же по мере вскрытия рабочих горизонтов или при выходе участков скользящей трассы на нерабочий борт карьера, причем горизонт с новым участком стационарной трассы является рабочим или уже нерабочим. При формировании стационарной простой трассы в зоне отработанных верхних горизонтов целесообразно примыкание съездов к ним устраивать на руководящем подъеме. При этом увеличивается число горизонтов, вскрываемых прямым отрезком трассы, а также уменьшается разнос бортов. При автотранспорте по требованиям безопасности движения на затяжном подъеме необходимо устройство пологих вставок.

*Примыкание стационарных съездов к рабочим горизонтам осуществляется обычно на промежуточных площадках.*

При железнодорожном транспорте длина площадок  $L_{п}$  составляет 150—400 м; при автотранспорте—15—30 м и в основном зависит от требуемой ширины транспортных берм.

Внутренние трассы или траншеи смешанного заложения с простыми трассами при железнодорожном транспорте возможны обычно в карьерах глубиной до 60—100 м. При автотранспорте такие стационарные трассы широко применяются в карьерах вытянутой формы для вскрытия как всех, так и групп верхних горизонтов.

При полускальных породах угол откоса борта, обеспечивающий размещение транспортных коммуникаций, составляет 26—38°. Если он меньше угла, определяемого по условиям устойчивости откоса, то необходим дополнительный разнос борта для размещения стационарных съездов. В общем случае объем дополнительного разноса борта ( $m^3$ ) может быть приблизительно определен для всех форм трассы как объем полупризмы (рис. 38.2):

$$V_p = \frac{K_y b H_k^2}{2i_p},$$

где  $H_k$  — конечная глубина заложения внутренней трассы, м;  $K_y$  — коэффициент удлинения трассы;  $b$  — ширина дна траншеи.

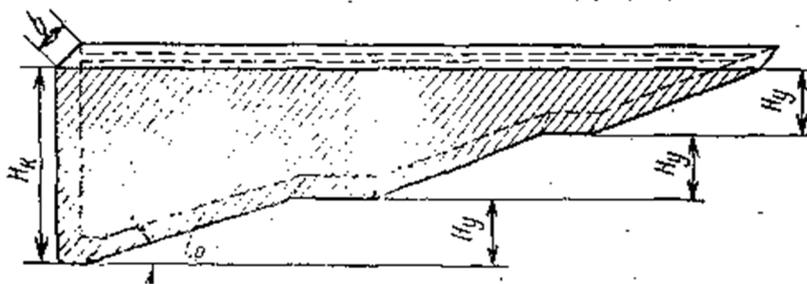


Рис. 20.2. Схема к расчету дополнительного разноса борта для размещения внутренней трассы

*Тупиковые трассы* могут быть стационарными, полустационарными и скользящими. Длина тупиковых площадок примыкания  $L_{п}$  определяется из условия размещения на них поезда и возможности торможения его перед остановкой; при этом учитывают условия обмена поездов, т. е. схему путевого развития тупиковых разъездов и постов примыкания.

Величина  $L_{\text{п}}$  изменяется от 250 до 600 м. Ширину тупиковой площадки определяют числом укладываемых путей, габаритами подвижного состава и устойчивостью откосов уступов, обычно она равна 8—20 м.

Типичным при тупиковой трассе является вскрытие рабочих горизонтов одинарными внутренними траншеями (рис. 20.3, а и б). Возможно применение парных траншей с тупиковой трассой (рис. 20.3, в).

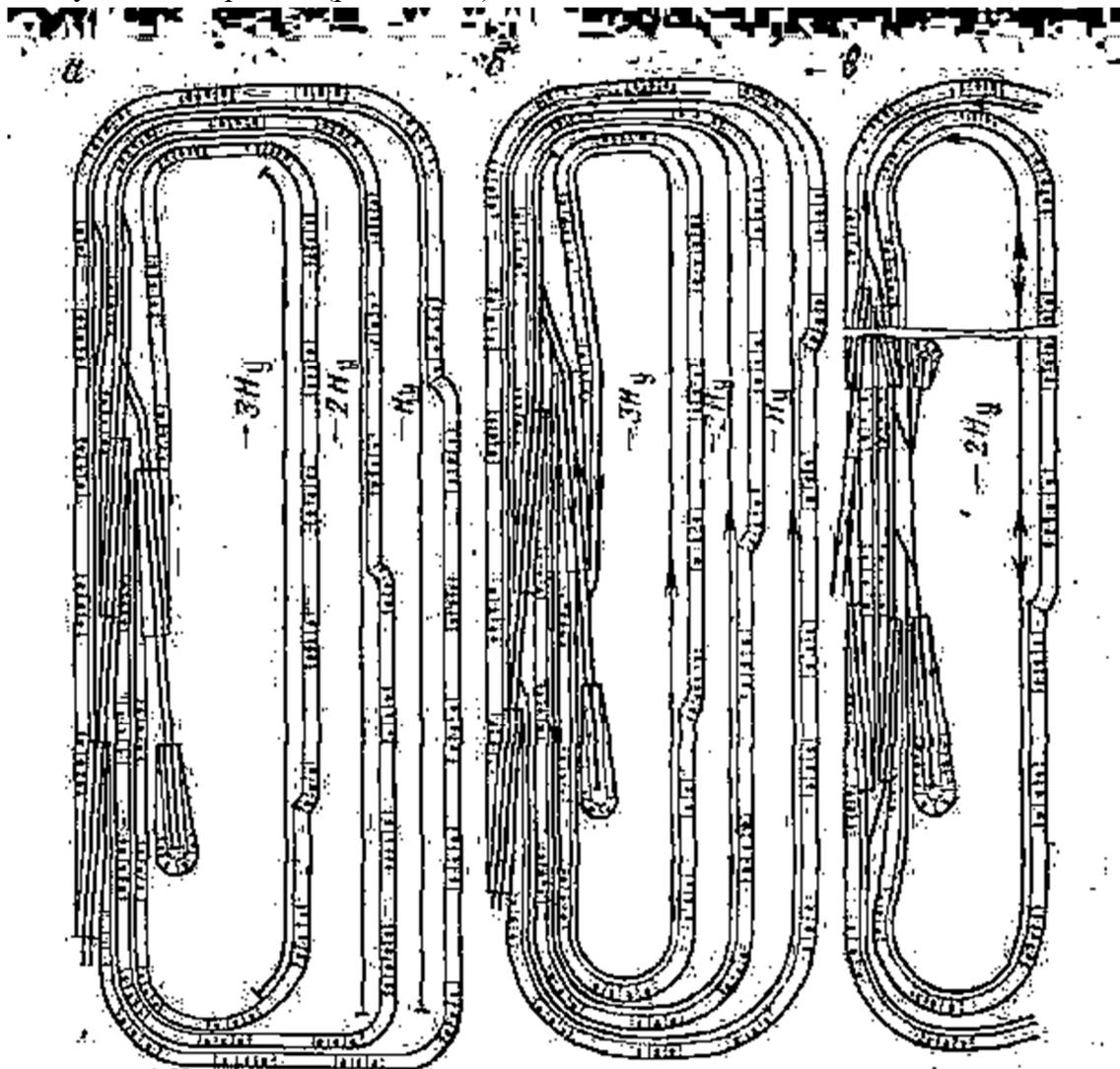


Рис. 20.3. Схемы тупиковых трасс:

а и б — двухпутные соответственно при одно- и двустороннем примыкании;  
в — однопутная (парные траншеи).

Тупиковые трассы разделяются на одноступенчатые и многоступенчатые (поступательно-тупиковые) соответственно, при вскрытии прямым отрезком трассы одного и нескольких горизонтов, а по числу путей — на однопутные и двухпутные.

В глубоких карьерах ( $H_{\text{к}}=170\div 200$  м и более) с большими их размерами в плане часто на верхних и средних горизонтах трасса трех- и двухступенчатая, а на нижних — одноступенчатая. При небольшой протяженности борта  $L_{\text{к}}$  максимально возможная высота (м) вскрываемых уступов завиет от уклона траншеи  $i$  и длины тупиковых площадок примыкания  $L_{\text{п}}$ :

$$H_{\text{у max}}=(L_{\text{к}}-2L_{\text{п}})i.$$

Путевое развитие тупиковых пунктов примыкания в основном определяется числом

путей на съездах, числом сторон примыкания путей рабочего горизонта к тупику (одно- и двустороннее), наличием или отсутствием «враждебности» маршрутов груженых и порожних поездов.

Путевое развитие съездов, промежуточных и тупиковых пунктов примыкания устанавливается в соответствии с грузооборотом рабочих горизонтов, обслуживаемых отдельными участками трассы.

Увеличить пропускную способность тупиковой трассы позволяет поточное движение поездов. Для этого требуется устройство телескопических тупиков с двусторонним примыканием или двух трасс соответственно при вскрытии одинарными и парными траншеями (рис. 20.4).

При схемах поточного движения поездов необходима большая протяженность карьерного поля. Так, даже при одноступенчатой телескопической трассе длина одного ее участка равна 1300—1500 м. Значительно больше должна быть длина борта для размещения многоступенчатой телескопической трассы. Обычно при этом прямым отрезком трассы вскрывают не более двух верхних уступов. При схемах с двумя трассами ускоряется подготовка горизонтов за счет одновременного проведения траншей в двух направлениях.

Двухпутная тупиковая трасса даже при телескопических тупиках имеет меньшую пропускную способность, чем простая. Устройство третьего и четвертого путей не приводит к увеличению пропускной способности трассы из-за пересечений путей на горизонтах, поэтому многопутные трассы не применяются.

При поточных схемах движения и автоблокировке пропускная способность двухпутных тупиковых трасс может составлять 200—280 пар поездов в сутки, а годовая производственная мощность карьера по горной массе может достигать при однопутных двух трассах 16—30 млн. т и при двухпутных телескопических трассах 25—40 млн. т. Схемы путевого развития простых и тупиковых трасс, при которых обеспечивается поточное движение поездов, возможны практически только при продольной однобортовой системе разработки.

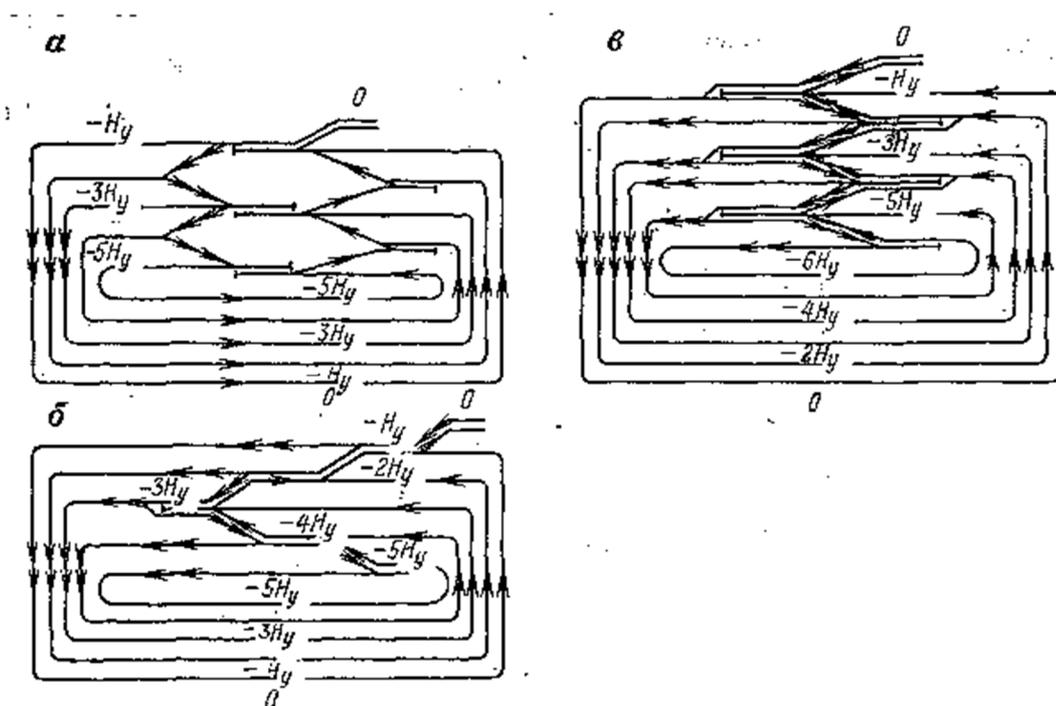


Рис. 20.4. Схемы путевого развития тупиковых трасс при поточном движении поездов:

а — с двумя одноступенчатыми тупиковыми трассами (грузовой и порожняковый);  
 б и в — соответственно с многоступенчатой и одноступенчатой при телескопических тупиках.

*Петлевые трассы* характеризуются высокой пропускной способностью. При устройстве трасс на косогоре или борту карьера размещение поворотной площадки возможно в выемке, на насыпи или одновременно в полувыемке и на полунасыпи (рис. 38.5, а и б). Объемы горных работ ( $m^3$ ) по сооружению выемки или насыпи приблизительно рассчитываются по формулам, предложенным Е. И. Васильевым:

для полувыемки

$$V = \frac{2}{3} K_6 \psi R^3 \lambda;$$

для полунасыпи

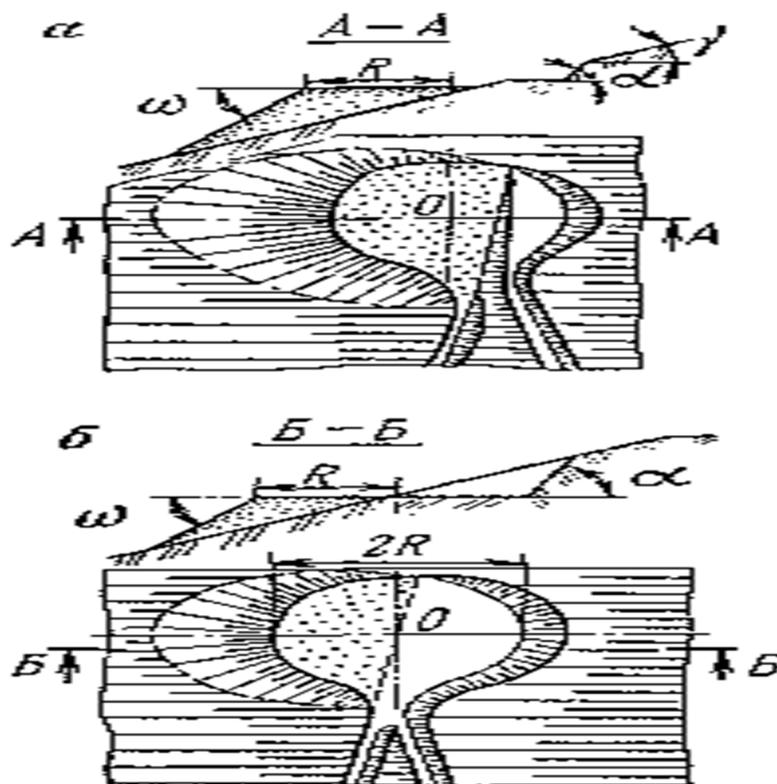


Рис. 20.5. Схемы петлевых площадок:

а — на насыпи; б — в полувыемке и на полунасыпи равной ширины.

$$V = \frac{2}{3} K_n \psi_1 R^3 \lambda.$$

Величины  $\psi$  и  $\psi_1$  определяются из выражений.

$$\psi = \frac{\sin \alpha \cdot \sin \gamma}{\sin(\alpha - \gamma)}; \quad \psi_1 = \frac{\sin \omega \cdot \sin \gamma}{\sin(\omega - \gamma)},$$

где  $\alpha$  — угол откоса борта выемки, градус;  $\gamma$  — угол наклона борта карьера или косогора, градус;  $\omega$  — угол откоса насыпи, градус.

Коэффициент  $\lambda$  учитывает торцовые участки полувыемки или полунасыпи. Его значения при определении объема полувыемки принимаются следующими:

угол откоса выемки или насыпи, градус .....	90—75	75—60	60—45	45—30	<30
коэффициент $\lambda$ .....	1,02	1,08	1,13	1,18	1,22

Коэффициенты  $K_v$  и  $K_n$  учитывают центральный угол, охватываемый полунасыпью.

Центральный угол, охватывающий полувыемку, градус .....	180	170	160	150	140	130	120	100	90	60
Коэффициент $K_v$ .....	0,67	0,53	0,43	0,33	0,25	0,18	0,13	0,07	0,04	0,02

Объем горных работ по сооружению площадки для петли пропорционален третьей степени ее радиуса и может достигать нескольких миллионов кубических метров. Поэтому при железнодорожном транспорте целесообразность сооружения петлевой трассы проверяется сопоставлением затрат на дополнительные объемы горных работ и возможной экономии по транспортированию. Петлевое соединение при железнодорожном транспорте применяют, если на флангах карьерного поля имеются выположенные участки бортов; такие соединения при этом могут рассчитываться на расположение спаренных независимых трасс.

При автотранспорте петлевые трассы общеприняты, так как дополнительные объемы горных работ в этом случае намного меньше. Для обеспечения возможности движения автомашин по трассе со скоростью 20 км/ч необходимо, чтобы радиус поворота петлевого соединения составлял не менее 25—30 м. Для этого разнос бортов карьера или косогора на участках расположения поворотных площадок увеличивается. Только в стесненных условиях (крутые косогоры, нижние горизонты глубоких карьеров) допускается уменьшение радиуса петли до 15—20 м.

**Опорные слова:** вскрытие, горизонт, внутренняя полутраншея, угол в плане, смежный борт карьера, участки стационарной трассы, примыкание стационарных съездов, угол откоса борта, стационарный, полустационарный, скользящий, путевое развитие, формулы Е.И.Васильева, насыпь.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Чем характеризуется простая трасса?
2. Как образуются участки стационарной трассы?
3. Какими могут быть тупиковые трассы?
4. Что позволяет увеличить пропускную способность тупиковой трассы?
5. Чем характеризуются петлевые трассы?

### **Литература:**

1. *Открытые горные работы. Справочник.* Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др./М., Горное бюро, 1994, 590 с.
2. *Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ.* М., «Недра», 1980, 631 с.
3. *Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация.* М., «НЕДРА», 1985.
4. *Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Изд. 2.* М., «НЕДРА», 1975.
5. *Симкин Б.А. Технология и процессы открытых горных работ.* М., Недрa, 1970.
6. *Теория и практика открытых разработок. Изд. 2. Под общей ред. Н.В. Мельникова.* М., Недрa , 1979.

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС» в г. Алмалык**

**КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ**

**к выполнению практических работ**

**по дисциплине**

**«ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ  
МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ  
РАБОТ»**

**Алмалык 2022 г.**

# **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1**

## **Техника безопасности при ведении открытых горных работ**

### **1. Общие правила**

Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом обязательны для выполнения всеми организациями (независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности), осуществляющими данный вид деятельности.

Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом включает деятельность по проектированию, строительству, эксплуатации, расширению, реконструкции, техническому перевооружению, консервации и ликвидации объектов открытых горных работ.

Объектами открытых горных работ являются карьеры, прииски, дражные полигоны, объекты кучного выщелачивания, а так же объекты разработки породных отвалов, некондиционных руд, шахт, карьеров, гидроотвалов обогатительных фабрик, золотоотвалов и шлакоотвалов ТЭЦ и металлургических предприятий.

Рабочие, занятые на работах, выполнение которых предусматривает совмещение профессий, должны быть обучены безопасности труда и проинструктированы по всем видам совмещаемых работ.

Перед пуском механизма и началом движения машин обязательно подача звуковым или световым сигналами. Каждый неправильно поданный или непонятый сигнал должен восприниматься как сигнал “стоп”.

Передвижение людей с уступа на уступ по опасной и взорванной массе запрещается.

Запрещается работать на уступах при наличии нависающих козырьков, глыб и отдельных крупных выступов.

### **2. Горные работы**

При разработке одноковшовым экскаватором типа механической лопаты без изменения взрывных работ высота уступа не должна превышать максимальную высоту черпания, с применением взрывных работ более 1,5 раза высота черпания экскаватора.

Угол откоса рабочих уступов устанавливается по данным маркшейдерских наблюдений, но не более 80°.

### **3. Буровые работы**

Буровой станок должен быть установлен на смотровой площадке и расположен так, чтобы гусеницы станка на уступе находились вне призмы обрушения, но не ближе трех метров от бровки уступа.

При бурении первого ряда скважин буровой станок должен быть установлен так, чтобы его продольная ось была перпендикулярна бровке уступа.

Запрещается оставлять открытыми пробуренные скважины.

Работающий на месте бурового станка должен прикрепляться предохранительным поясом.

Перемещение бурового станка по уступу должно осуществляться только по смонтированной горизонтальной площадке.

#### **4. Взрывание**

Безопасное расстояние для людей при производстве взрывных работ должно устанавливаться проектом, или паспортом и быть таким, чтобы исключить несчастные случаи.

Для защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий при взрывных работах и работах с ВМ, масса заряда ВВ должна быть такой, чтобы при взрывании исключались повреждения, нарушающие их нормальное функционирование.

При размещении на земной поверхности нескольких объектов с ВМ между ними должны соблюдаться расстояния, исключающие возможность передачи детонации.

Опасные зоны, а также места нахождения людей, размещение ВМ при подготовке и проведении массовых взрывов определяется проектом.

Массовые взрывы на земной поверхности, представляющие угрозу опасного воздушного движения, могут осуществляться только после согласования их проведения в установленном порядке.

На ударно-опасных угольных пластах перед производством взрывных работ в очистных и подготовительных забоях, а также при отработке целиков, люди должны быть удалены от места взрыва на безопасное расстояние, но не менее 200 метров, и находится на свежем воздухе.

#### **5. Одноковшовые экскаваторы**

Транспортирование экскаваторов бульдозерами разрешается только с применением жесткой сцепки и один осуществляет специально разработанные мероприятия, обеспечивающих безопасность.

Присутствие посторонних лиц в кабине и на наружных площадках экскаватора при его работе запрещается.

При передвижении экскаватора по горизонтальному пути или на подъеме, ведущая ось должна находиться сзади, а при опускании с уклона - впереди.

При погрузке в средства автотранспорта машинистам экскаватора должны подаваться сигналы начала и окончания погрузки.

## **6. Автомобильный транспорт**

План и проект технических дорог должны соответствовать СнИП и Протодряконову.

Ширина проезжей части дороги устанавливается исходя из размеров автомобилей с учетом оставления зазоров между встречными автомобилями не менее 1,5 м. и от колеса до края проезжей части дороги не менее 0,5 м.

Автомобиль должен быть технически исправлен и иметь зеркало заднего вида, действующую световую и звуковую сигнализацию и освещение.

На карьерных дорогах движение автомашин должно производиться без обгона. Скорость не более 30 км/ч, а при подъезде к экскаватору 6 км/ч.

Во всех случаях при движении задним ходом должен производиться непрерывный звуковой сигнал.

Односторонняя или сверхгабаритная загрузка, а также загрузка превышающая определенную грузоподъемность автомобиля не допускается.

Движение по дорогам карьера должно производиться согласно технологической карте.

При работе автотранспорта (особенно в гололед и дождливую погоду) создается угроза столкновения встречных автосамосвалов, их соскальзывания в кюветы и падения с уступов. Поэтому соответствующие службы должны поддерживать автодороги в состоянии, исключающем эту опасность. В гололед необходима систематическая подсыпка дорог шлаком, песком и другими материалами, исключающими скольжение. Для исключения падения автосамосвалов с уступов у верхней бровки (со стороны откоса уступа) отсыпается породный вал высотой 0,8 - 1,2 м.

Продольный профиль автодороги должен быть таким, чтобы водителю создавалась необходимая обзорность. Для этого следует избегать резких переломов профиля. При сооружении серпантинных дорог должны строго соблюдаться минимальные радиусы закруглений и сближения ветвей серпантин, чтобы обеспечить безопасность движения по ним.

Все транспортные средства перед выездом из гаража должны тщательно проверяться компетентными лицами. Особое внимание следует обращать на исправность тормозной системы, рулевого управления, муфты сцепления, коробки передач сигналов, осветительных и контрольно-измерительных приборов.

Автосамосвал должен устанавливаться под погрузку так, чтобы ковш экскаватора при повороте не проходил над кабиной. Находиться в кабине при

загрузке автосамосвала экскаватором запрещается (разрешается только для автосамосвалов, имеющих надежный защитный козырек). Движение автосамосвалов с поднятым кузовом, движение задним ходом к месту погрузки на расстояние свыше 30 м и перевозка посторонних лиц в кабине запрещается. Запрещается хождение по автодорогам и их обочинам из-за опасности травмирования падающими кусками горной массы.

Только хорошо подготовленные водители, прошедшие соответствующее обучение безопасным приемам работы и соблюдающие производственную дисциплину, могут быть допущены к управлению средствами автотранспорта на карьерах.

## **7. Бульдозеры**

Не разрешается оставлять без присмотра бульдозер с работающим двигателем, поднятым отвалом, а при работе направлять трос, становиться на подвесную раму и отвальное устройство. Запрещается работа на бульдозере поперек крутых склонов.

Максимальные углы откоса при работе бульдозера не должны превышать на подъем  $25^{\circ}$ , а под уклон  $30^{\circ}$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Определение главных параметров карьера

Главными параметрами карьера являются объем горной массы, конечная глубина, размеры по подошве, углы откосов бортов, запасы полезного ископаемого, объем вскрыши и размеры на уровне дневной поверхности.

Объем горной массы (м) в контурах карьера, характеризующий масштаб горных работ, определяется по формуле акад. В.В. Ржевского

$$V_{г.м} = SH_{к} + \frac{1}{2} \sum_1^n L_n H_{к}^2 ctg \beta_n + \frac{1}{3} \pi H_{к}^3 ctg^2 \beta_{ср}, \text{ м}^3$$

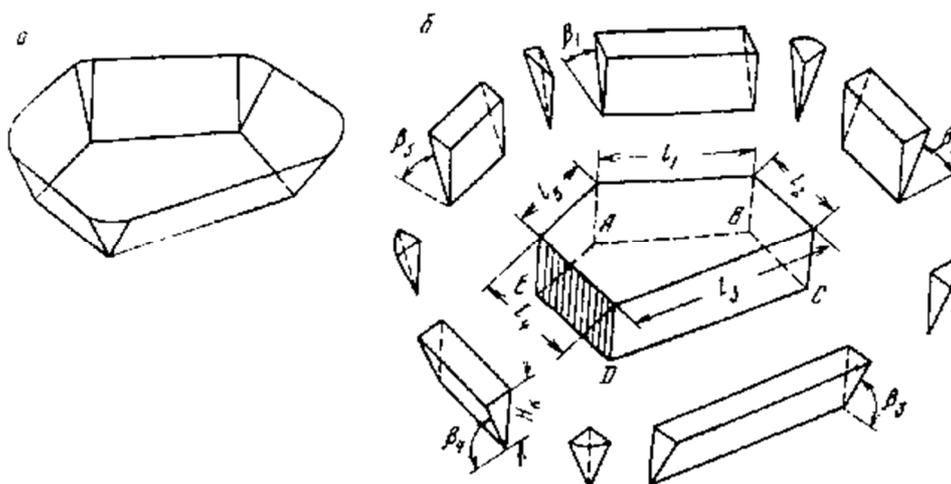
где  $S$  – площадь подошвы ABCDE карьера (рис. 1.1),  $\text{м}^2$ ;

$H_{к}$  – глубина карьера, м;

$\beta_n$  – угол откоса борта карьера, градусы;

$l_n$  – длина n-го участка борта, м;

$\beta_{ср}$  – средний угол откоса борта, градусы;



**Рис. 1.** Схема к определению объема горной массы  $V_{г.м}$  в контурах карьера: а – общий вид; б – геометрические тела, из которых состоит объем карьера

Если углы откосов всех бортов карьера равны или различаются между собой незначительно, то формула акад. В.В. Ржевского примет вид

$$V_{г.м} = S * H_{к} + \frac{1}{2} P * H_{к}^2 ctg \beta_{ср} + \frac{1}{3} \pi H_{к}^3 ctg^2 \beta_{ср}, \text{ м}^3$$

где  $P$  – периметр подошвы карьера, м.

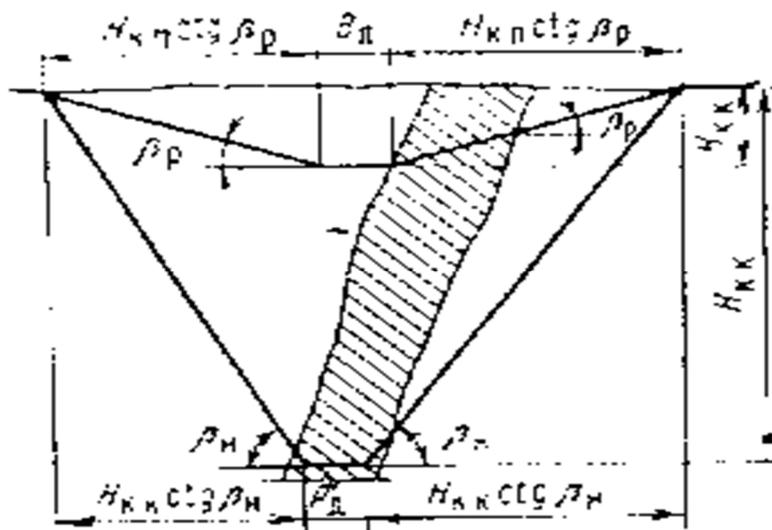
$$P = 2(P_0 + B_0), \text{ м}$$

$$S = L_0 * B_0, \text{ м.}$$

При разработке пологих и горизонтальных месторождений конечная глубина карьера определяется отметкой почвы пласта полезного ископаемого или суммой мощностей вскрыши  $h_{в}$  и полезного ископаемого  $h_{п}$ , т.е.

$$H_{к.к.} = h_6 + h_u, \text{ м}$$

Увеличение глубины карьера, разрабатывающего крутую залежь, вызывает постоянное возрастание текущего коэффициента вскрыши. При достижении некоторой промежуточной глубины карьера  $H_{к.к.}$  (рис. 2) значение текущего коэффициента вскрыши станет равным граничному, т.е.  $k_T = k_{гр.}$



**Рис.2. Схема к определению конечной глубины карьера.**

Аналитический метод расчета конечной глубины карьеров является приближенным, так как он не учитывает всех горно-геологических, топографических и других особенностей месторождения. Для более точного решения этого вопроса применяют методы графический, графоаналитический и метод вариантов.

Конечную глубину карьера определяется по формуле:

$$H_{к.к.} = \frac{-P + \sqrt{P^2 - 4\pi[S - m_2 L_0 (1 + k_{гр})]}}{2\pi \text{ctg} \beta_n}$$

где  $m_2$  – горизонтальную мощность залежи.

$$m_2 = \frac{m}{\sin \beta_3}, \text{ м.}$$

Размеры дна карьера в конечных границах при разработке горизонтальных месторождений определяются контурами залежи в плане на отметке подошвы. При разработке наклонных и крутых месторождений минимальная ширина дна карьера определяется условием безопасного ведения горных работ и составляет 30÷40м. Длина дна карьера принимается равной протяженности залежи по простиранию (при незначительной ее длине). В случае большой протяженности залежи длина дна карьера по техническим соображениям принимается 3÷4 км. Минимальная длина дна карьера должна находиться в пределах 70÷100м.

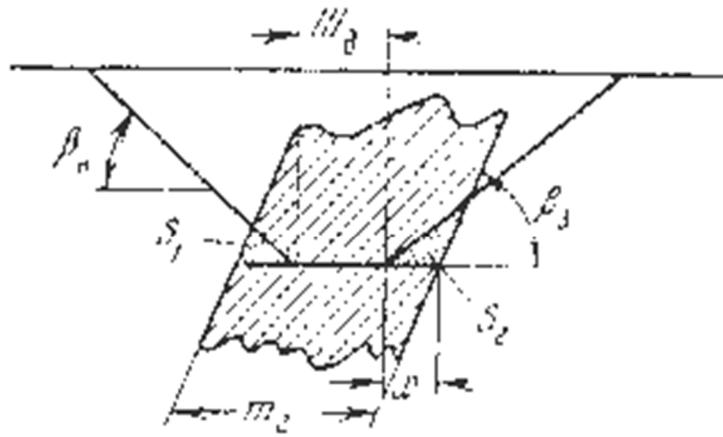
$$x = \frac{(m_z - B_0) \cdot (\operatorname{tg} \beta_3 - \operatorname{tg} \beta_n)}{2 \operatorname{tg} \beta_3}.$$

Объем запасов полезного ископаемого определяется по формуле:

$$V_u = m_z * L_0 (H_n - h_n) - (S_1 + S_2) * L_0, \text{ м}^3$$

где  $S_1, S_2$  – соответственно площадь составляемого со стороны висячего и лежащего бока полезного ископаемого при расположении дна карьера внутри залежи (рис.3.)

$$S_1 = \frac{(m_z - x - B_0)^2 \operatorname{tg} \beta_3 \operatorname{tg} \beta_n}{2(\operatorname{tg} \beta_3 + \operatorname{tg} \beta_n)}, \quad S_2 = \frac{x^2 \operatorname{tg} \beta_3 \operatorname{tg} \beta_n}{2(\operatorname{tg} \beta_3 - \operatorname{tg} \beta_n)}.$$



**Рис. 3. Схема к выбору положения дна карьера.**

Промышленные запасы полезного ископаемого (эксплуатационные потери принимаем равными 4%) определяются по формуле:

$$Z_n = 0,96 * Z_0, \text{ т.}$$

где  $Z_0$  – балансовые запасы полезного ископаемого, которые принимаем равным геологическим запасам:

$$Z_0 = Z_g = V_u * \rho_u, \text{ т.}$$

Объем горной массы в контурах карьерах (принимаем  $\beta_{cp} = \beta_n$ ) определяется по формуле:

$$V_{z.m} = S * H_k + \frac{1}{2} P * H_k^2 \operatorname{ctg} \beta_{cp} + \frac{1}{3} \pi H_k^3 \operatorname{ctg}^2 \beta_{cp}, \text{ м}^3.$$

Объем вскрыши в конечных контурах карьера определяются по формуле:

$$V_e = V_{z.m} - V_u, \text{ м}^3.$$

Средний промышленный коэффициент вскрыши определяются по формуле:

$$k_{cp} = \frac{V_e}{Z_n}, \text{ м}^3/\text{т.}$$

**Пример.** Определить конечную глубину карьера, балансовые и промышленные запасы полезного ископаемого, объем вскрыши и средний промышленный коэффициент вскрыши при разработке пластообразной залежи.

**Дано:**

мощность залежи  $m=56$  м;

угол наклона залежи  $\beta_3=70^\circ$ ;

ширина дна карьера  $B_d=40$  м;

длина дна карьера  $L_d=2000$  м;

граничный коэффициент вскрыши  $k_{гр}=9,2$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

угол наклона нерабочего борта карьера  $\beta_n=39^\circ$ ;

плотность полезного ископаемого  $\rho_n=2,8$  т/м<sup>3</sup>;

высота нерабочего уступа  $h_n=8$  м.

**Решение:**

1. Горизонтальную мощность залежи определяются по формуле:

$$m_z = \frac{m}{\sin \beta_3} = \frac{56}{\sin 70^\circ} = 60 \text{ м.}$$

2. Периметр дна карьера определяются по формуле:

$$P = 2(L_d + B_d) = 2(2000 + 40) = 4080 \text{ м.}$$

3. Площадь дна карьера определяются по формуле:

$$S = L_d * B_d = 2000 * 40 = 80000 \text{ м}^2.$$

4. Конечную глубину карьера определяются по формуле:

$$H_{к.к.} = \frac{-P + \sqrt{P^2 - 4\pi[S - m_z L_d (1 + k_{гр})]}}{2\pi \text{ctg} \beta_n}.$$

$$H_{к.к.} = \frac{-4080 + \sqrt{4080^2 - 4 \cdot 3,14[80000 - 60 \cdot 2000(1 + 9,2)]}}{2 \cdot 3,14 \cdot \text{ctg} 39^\circ} = 203 \text{ м.}$$

5. Расстояние от дна карьера до лежачего бока залежи определяются по формуле:

$$x = \frac{(m_z - B_d) \cdot (\text{tg} \beta_3 - \text{tg} \beta_n)}{2 \text{tg} \beta_3}.$$

$$x = \frac{(60 - 40) \cdot (2,7 - 0,8)}{2 \cdot 2,7} = 7 \text{ м.}$$

6. Объем запасов полезного ископаемого определяются по формуле:

$$V_u = m_z * L_d (H_n - h_n) - (S_1 + S_2) * L_d$$

$$S_1 = \frac{(m_z - x - B_d)^2 \text{tg} \beta_3 \text{tg} \beta_n}{2(\text{tg} \beta_3 + \text{tg} \beta_n)}.$$

$$S_1 = \frac{(60 - 7 - 40)^2 \cdot 2,7 \cdot 0,8}{2(2,7 + 0,8)} = 52,7 \text{ м}^2.$$

$$S_2 = \frac{x^2 \operatorname{tg} \beta_3 \operatorname{tg} \beta_n}{2(\operatorname{tg} \beta_3 - \operatorname{tg} \beta_n)}. \quad S_2 = \frac{7^2 \cdot 2,7 \cdot 0,8}{2(2,7 - 0,8)} = 28,1 \text{ м}^2.$$

$$V_u = 60 * 2000 (203 - 18) - (52,7 + 28,1) * 2000 = 22038000 \text{ м}^3.$$

7. Балансовые запасы полезного ископаемого, которые принимаем равным геологическим запасам, определяются по формуле:

$$Z_{\bar{o}} = Z_z = V_u * \rho_u = 22038000 * 2,8 = 61708000 \text{ т.}$$

8. Промышленные запасы полезного ископаемого (эксплуатационные потери принимаем равным 4%) определяются по формуле:

$$Z_n = 0,96 * Z_{\bar{o}} = 61708000 * 0,96 = 59239000 \text{ т.}$$

9. Объем горной массы в контурах карьера (принимаем  $\beta_{cp} = \beta_n$ ) определяются по формуле:

$$V_{z.m} = S * H_k + \frac{1}{2} P * H_k^2 \operatorname{ctg} \beta_{cp} + \frac{1}{3} \pi H_k^3 \operatorname{ctg}^2 \beta_{cp}.$$

$$V_{z.m} = 80000 * 203 + \frac{1}{2} 4080 * 203^2 * 1,24 + \frac{1}{3} 3,14 * 203^3 * 1,24^2 = 129728000 \text{ м}^3.$$

10. Объем вскрыши в конечных контурах карьера определяются по формуле:

$$V_{\bar{e}} = V_{z.m} - V_u = 129728000 - 22038000 = 107690000 \text{ м}^3.$$

11. Средний промышленный коэффициент вскрыши определяются по формуле:

$$k_{cp} = \frac{V_{\bar{e}}}{Z_n} = \frac{107690000}{59239000} = 1,82 \text{ м}^3/\text{т.}$$

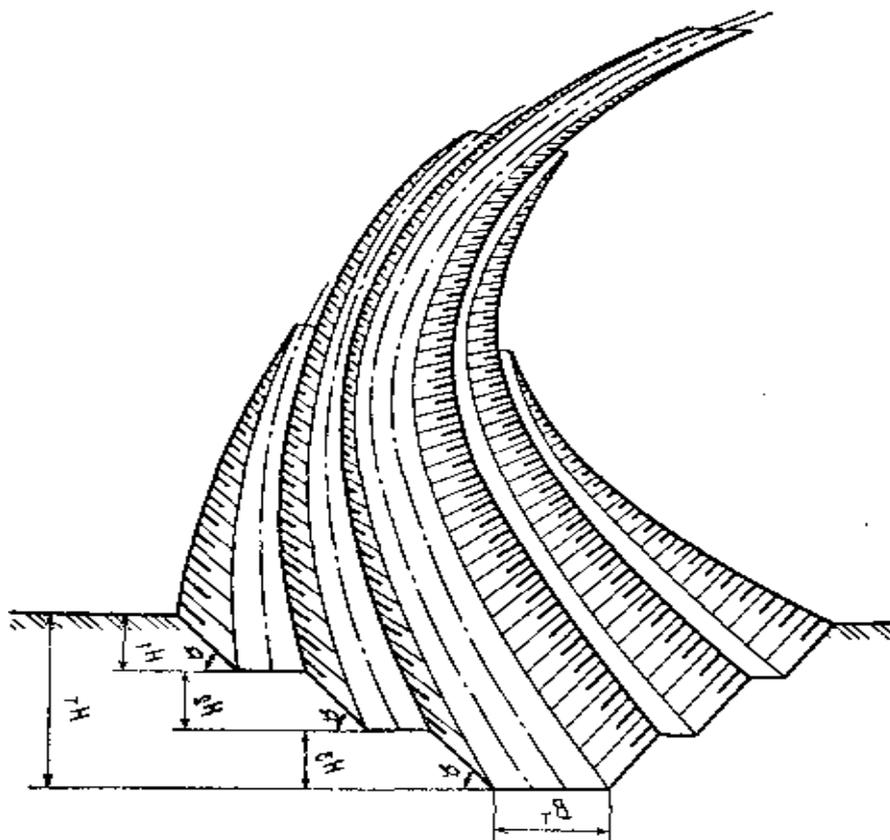
### Исходные данные для решения задачи:

вар.	m, м	$\beta_{з, Г}$ рад	$V_d$ , м	$L_d$ , м	$k_{гр}$ , $\text{м}^3/\text{м}^3$	$\beta_n$ , град	$\rho_n$ , $\text{т}/\text{м}^3$	$h_n$ , м
1.	50	65	50	250	8,9	41	2,4	20
2.	40	69	52	1500	8,1	39	2,7	18
3.	60	65	50	250	8,1	39	2,7	20
4.	45	70	40	2000	9,2	41	2,8	17
5.	68	69	45	1800	11,2	38	2,1	15
6.	65	45	50	1250	8,8	42	3,1	10
7.	60	49	52	1000	8,2	39	2,8	18
8.	62	52	50	250	8,1	39	2,7	20
9.	45	62	40	2000	9,2	41	2,8	17
10.	68	59	45	1600	6,2	39	2,3	15

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### Конструкция и объем капитальных траншей

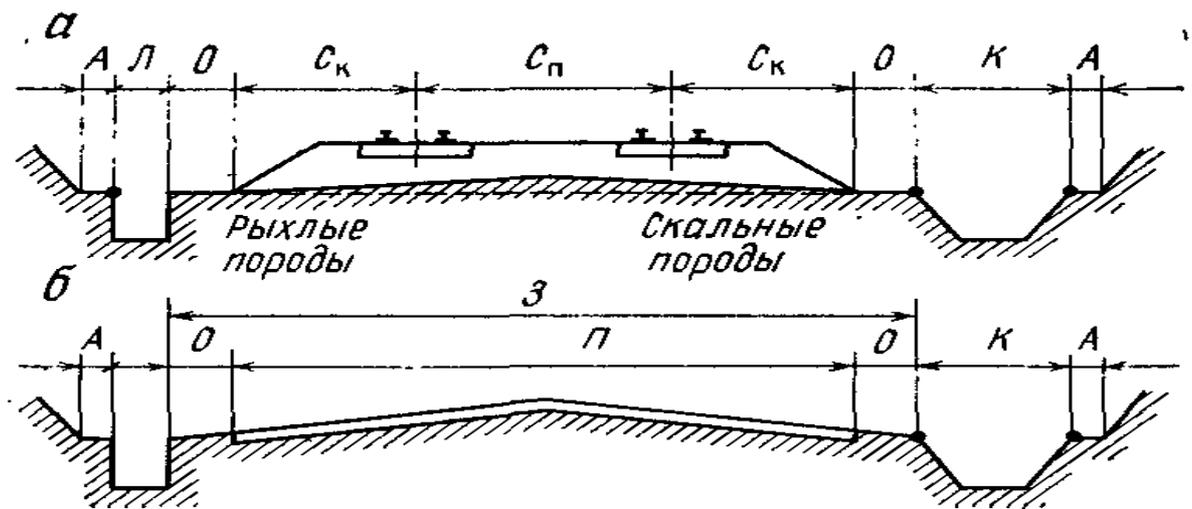
Траншеями называются открытые горные выработки значительной длины при относительно небольших поперечных размерах. По назначению они делятся на капитальные и разрезные. Капитальные траншеи обеспечивают доступ от поверхности земли к месторождению, а разрезные создают фронт работ для выемки полезного ископаемого или вскрышных пород



**Рис.1. Общий вид капитальной траншеи:**  $B_T$  - ширина дна траншеи;  $\alpha$  - угол откоса борта траншеи;  $H_T$  – глубина траншеи;  $H_1, H_2, H_3$  - высота одного уступа

Основными параметрами траншеи являются: размеры и форма поперечного сечения, продольный уклон, глубина и длина (рис. 1).

Капитальные траншеи, расположенные на ровной поверхности, имеют трапецевидное сечение, а траншей, расположенные на косогоре, часто имеют в поперечном сечении форму, приближающуюся к треугольнику. Капитальные траншеи, вскрывающие несколько уступов, имеют сложную ступенчатую форму.



**Рис.2. Поперечное сечение капитальной траншеи:**

а — для железнодорожного транспорта; б - для автомобильного транспорта

Углы откосов бортов капитальных траншей зависят от степени устойчивости пород. В крепких скальных породах они принимаются равными  $65—75^\circ$ , а в скальных трещиноватых —  $55—60^\circ$ , в осадочных породах (песчаники, известняки, аргиллиты) - от  $35$  до  $55^\circ$ , а в слабосвязных глинистых — от  $25$  до  $40^\circ$ .

Ширина траншеи понизу (рис.2) определяется двумя условиями: конструкцией и размерами транспортного пути и безопасным расположением оборудования при проведении траншеи.

Ширина траншеи понизу при железнодорожном транспорте включает следующие элементы: *A* — обрез, *K* — кювет, *O*—площадку для установки опор, *П* — проезжую часть, *З* — земляное полотно, *Л* — лоток.

Ширина обреза *A* в рыхлых породах  $1$  м, в скальных—  $0,5$  м; ширина кювета поверху в рыхлых породах  $1,65$  м, в скальных  $1$  м. Контактная опора занимает площадку шириной  $0,4$  м и располагается на расстоянии  $C_k = 3,7$  м от оси ближайшего пути. Расстояние между осями путей  $C_n$  изменяется от  $4,1$  до  $5,3$  м в зависимости от их числа и грузоподъемности думпкара. Для думпкаров грузоподъемностью  $180$  т и более расстояние между осями путей в траншее составляет: при двухпутных линиях —  $5$  м, при многопутных —  $5,3$  м. Минимальная ширина дна траншеи при двухпутном железнодорожном пути составляет  $14—15$  м.

При автомобильном транспорте между кюветом и проезжей частью дороги оставляют обочины шириной 0,5—1 м. Ширина проезжей части  $L$  в зависимости от числа полос движения и грузоподъемности автосамосвалов изменяется от 4,5 до 20 м. При двухполосном движении и грузонапряженности более 15 млн т в год она составляет 12,5; 15,5; 17 и 20 м для автосамосвалов грузоподъемностью соответственно 40—45, 65—75, 100—120 и 160—180 т.

В климатических зонах с обильными снегопадами ширину траншей необходимо увеличивать на 7—10 м для создания резервных полос движения снегоочистителя и для временного складирования снега.

Поперечное сечение траншеи должно обеспечивать безопасное нахождение в ней экскаваторов и другого оборудования, применяемого при проходке траншеи, и возможность размещения негабарита при экскавации.

Для производительной работы экскаватора необходимо, чтобы между его кузовом и бортом траншеи остался зазор 1 — 1,5 м.

При проведении траншеи с погрузкой породы в автотранспорт ее ширину часто увеличивают до 25—30 м, что позволяет организовать кольцевое движение автосамосвалов в траншее и повысить производительность экскаватора на 25—40 % по сравнению с тупиковой схемой маневрирования машин.

Величина уклона капитальной траншеи зависит от величины уклона грузотранспортных путей, которая ограничивается требованиями безопасного движения транспортных сосудов, а также техническими возможностями локомотивов. Максимально допустимые уклоны капитальных траншей в зависимости от вида транспорта составляют: при электротяге 0,04; при тяговых агрегатах 0,06; при автотранспорте 0,9— 0,12; при конвейерном транспорте— 16—18°.

Однако применение предельно допустимого уклона не во всех случаях является наиболее экономичным, так как при увеличении уклона снижается полезная масса состава и, следовательно, уменьшается число вагонов в составе, что приводит к увеличению затрат на транспортирование. В то же время при увеличении уклона капитальных траншей уменьшается их объем, сокращается длина путей и уменьшается дальность транспортирования. Оптимальным является такой уклон пути, при котором общие капитальные и эксплуатационные расходы на транспортирование горной массы будут минимальными.

Длина простой наклонной траншеи

$$L = \frac{H_T}{i}$$

Где  $H_T$  — конечная глубина траншеи, м;  $i$  — уклон траншеи.

При равнинной поверхности объемы капитальных и разрезных траншей подсчитываются, как объемы или сумма объемов правильных геометрических тел.

Объем простой капитальной траншеи  $V$  ( $m^3$ ) можно представить как сумму объема полупризмы  $V_1$  и объемов двух пирамид  $V_2$  (рис. 3):

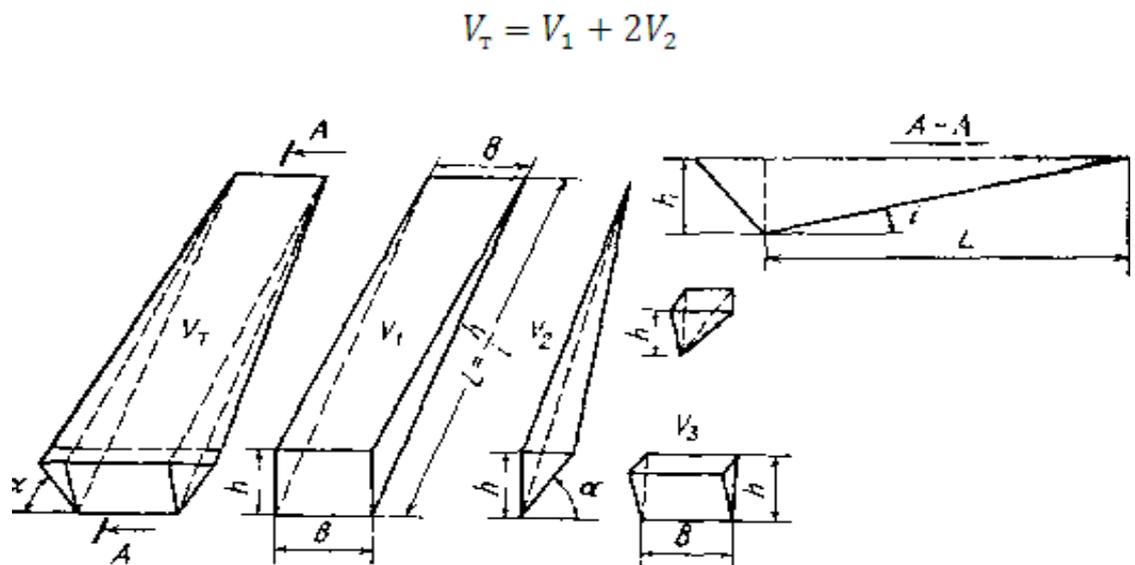


Рис. 3. Элементы и параметры капитальной траншеи

Объем породы в торце траншеи, заключенный в призме  $V_3$  и двух пирамидах  $V_1$  незначителен и обычно в расчетах не учитывается. Половина объема полупризмы  $V_1$ , в основании которой лежит прямоугольник площадью  $bh$ , а высота равна длине траншеи  $L = h/i$ ,

$$V_1 = \frac{bh^3}{2l}$$

Объем пирамиды  $V_2$ , в основании которой находится треугольник площадью  $\frac{h^2}{2tg\alpha}$

$$V_2 = \frac{h^3}{6tg\alpha}$$

После преобразования формулы

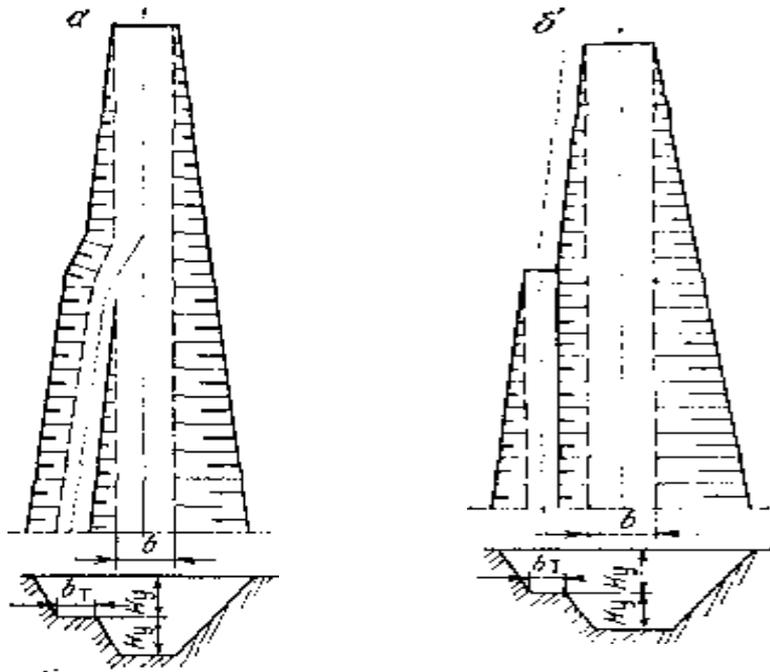
$$V_1 = V_1 + 2V_2$$

объем траншеи

$$V_1 = \frac{h^2}{i} \left( \frac{b}{2} + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \alpha} \right)$$

Объем крутой траншеи подсчитывается по этой же формуле, но вместо  $i$  вводится натуральное значение синуса угла наклона траншеи.

Конструкция внешней сложной траншеи (общей или групповой), вскрывающей несколько горизонтов, может быть различной в зависимости от вида примыкания ее к борту карьера, системы транспортных коммуникаций, числа транспортных площадок. Траншея может иметь одно- или двустороннее примыкание, общий или раздельный выезды (рис.4). Высота уступов  $H_y$  и ширина площадок  $b_m$ , а также величина уклонов на разных горизонтах могут быть различными.



**Рис. 4. Схемы общей траншеи, вскрывающей два горизонта:**

*a* — с односторонним примыканием и общим выездом; *б* - с односторонним примыканием и раздельными выездами

Объем крутой траншеи подсчитывается по этой же формуле, но вместо  $i$  вводится натуральное значение синуса угла наклона траншеи.

Конструкция внешней сложной траншеи (общей или групповой),

вскрывающей несколько горизонтов, может быть различной в зависимости от вида примыкания ее к борту карьера, системы транспортных коммуникаций, числа транспортных площадок. Траншея может иметь одно- или двустороннее примыкание, общий или отдельный выезды (рис.4). Высота уступов  $H_y$  и ширина площадок  $B_m$ , а также величина уклонов на разных горизонтах могут быть различными.

Объем внешней глубокой траншеи сложной конструкции может быть определен по формуле, как сумма отдельных геометрических тел. Формулы в этом случае оказываются очень громоздкими, а результаты расчетов недостаточно надежными.

В действительности траншеи не являются правильными геометрическими телами. Поэтому для более точных расчетов пользуются методом вертикальных параллельных сечений (рис.5). При этом объем траншеи.

$$V_0 = \frac{(S_1 + S_2)l_1 + (S_2 + S_3)l_2 + \dots + (S_{n-1} + S_n)l_n}{2}$$

где  $S_1, S_2, \dots, S_n$  — площади поперечных сечений м;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — расстояния между соответствующими сечениями, м.

Точность подсчета объема по этому методу тем больше, чем меньше расстояние между сечениями.

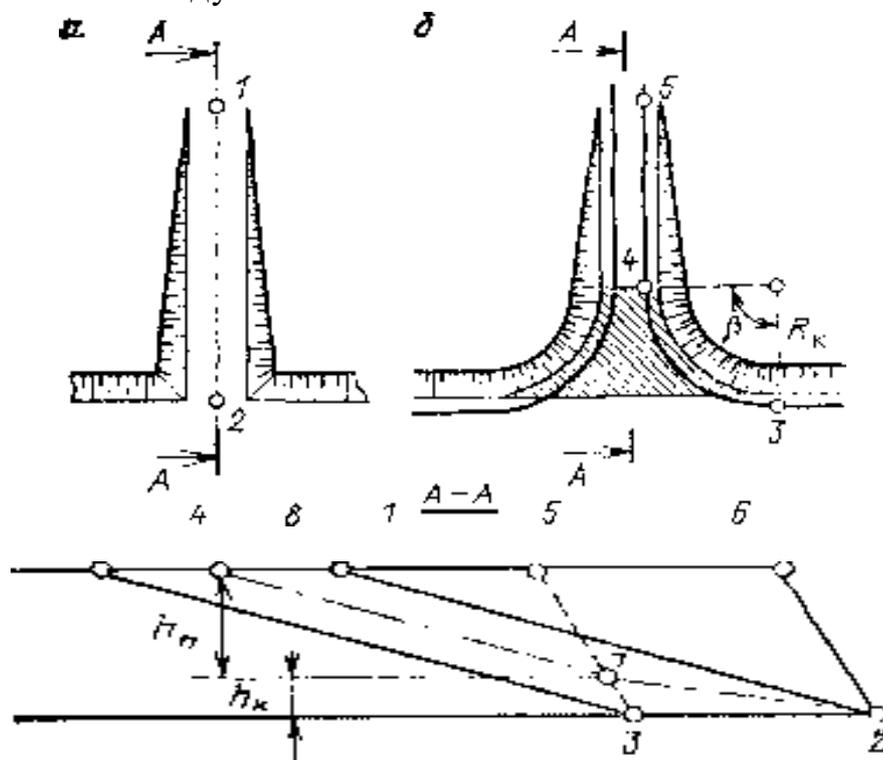


Рис. 5. Схемы примыкания капитальной траншеи к горизонту

Приближенно объем глубокой траншеи сложной конструкции можно определить по формуле объема простой траншеи, заменив ее сложный поперечный контур прямыми линиями.

При больших радиусах кривой и большой глубине траншеи обязателен учет разноса борта в пункте примыкания к нему траншеи.

В случае примыкания под прямым углом (рис. 5 а) дно траншеи в продольном сечении расположено на прямой 1—2. Если примыкание осуществлено по кривой, расположенной на уровне площадки примыкания (рис. 5 б), то дно траншеи в продольном сечении обозначено прямой 3—4. В этом случае объем траншеи значительно больше из-за дополнительного разноса борта, который на плане заштрихован, а на продольном сечении обозначен цифрами 2, 3, 5, 6.

В случае же примыкания по кривой, расположенной на наклонном участке, дно траншеи может быть представлено ломаной 2—7—8.

Высота кривой (м)

$$h_k = l_k i_k$$

где  $i_k$  — уклон путей на кривой, ‰.

Длина кривой (м)

$$l_k = \frac{\pi R_k \beta}{180}$$

где  $\beta$  — угол поворота кривой, градус.

Зная высоту кривой  $h_k$ , можно определить высоту прямого отрезка  $h_n$  и его длину  $l_n$ , т. е. отрезка 7—8:

$$h_n = h - h_k$$

$$l_n = \frac{h_n}{i_p}$$

где  $h$  — общая высота уступа, м;  $i_p$  — руководящий уклон, ‰.

Радиус кривой  $R_k$  принимается в зависимости от вида транспорта, а уклон кривой для железнодорожного транспорта (‰)

$$i_k = i_p - \frac{700}{R_k}$$

Зная основные параметры траншеи  $i_k$ ,  $h_k$ ,  $R_k$  и  $\beta$ , можно построить план и профиль траншеи и затем довольно точно определить объем траншеи с учетом примыкания.

Уклон на участке кривой автомобильной дороги меньше руководящего на 25—30 % и, как правило, не должен превышать 0,045.

Как видно из рис. 5, при примыкании кривой на подъеме дополнительный разного борта (точки 2, 7, 5, 6) меньше, чем при примыкании на горизонтальной площадке.

**ПРИМЕР.** Определить объем наклонной траншеи глубиной  $h = 15$  м при ширине дна  $b = 20$  м. Уклон траншеи  $i = 0,08$ , углы откосов бортов  $40^\circ$ .

$$v_t = \frac{152}{0.08} \left( \frac{20}{2} + \frac{15}{3 \cdot 0.84} \right) = 45 \text{ тыс. м}^3$$

Размеры и объемы глубоких (до 100—160 м) траншей сложной конструкции весьма значительны и достигают: ширины поверху 200—400 м, длины 2—2,5 км, объема в несколько млн.  $\text{м}^3$  и даже десятков млн.  $\text{м}^3$ . Дополнительный объем разноса борта карьера в месте примыкания к нему подобной глубокой траншеей также очень велик.

В этих условиях существенное экономическое значение приобретает задача оптимизации конструкции и параметров траншеи, которую вследствие сложности и многовариантности расчетов невозможно решить без использования ЭВМ. Благодаря САПР появляется возможность выбрать такой вариант строительства или реконструкции траншеи, при котором достигается значительное (десятки и сотни тысяч  $\text{м}^3$ ) сокращение объема траншеи и улучшение параметров трассы путей, приводящее к снижению эксплуатационных расходов на транспорт.

#### Исходные данные к работе.

	Глубина траншеи $h$ , м	Ширина дна траншеи $b$ , м	Уклон траншеи $i$ ,	Углы откосов бортов $\alpha$ , град
<b>1</b>	16	22	0,08	50
<b>2</b>	13	18	0,09	48
<b>3</b>	14	20	0,08	49

<b>4</b>	18	24	0,07	45
<b>5</b>	15	20	0,09	48
<b>6</b>	18	20	0,08	46
<b>7</b>	16	24	0,12	40
<b>8</b>	15	25	0,1	45
<b>9</b>	18	20	0,1	49
<b>10</b>	15	22	0,08	40

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Расчет параметров и показателей проходки разрезной траншеи

Рассмотрим пример расчета параметров и показателей проходки разрезной траншеи по скальным породам тупиковым забоем с нижней погрузкой в автотранспорт и построение графика организации проходческих работ.

Условия проходки: коэффициент крепости породы  $f = 12 \div 13$ ; высота подготавливаемого к отработке уступа  $H_y = 15$  м.

Параметры поперечного сечения траншеи: ширина нижнего основания  $B_T = 28$  м; глубина  $H_y = H_T = 15$  м; угол откоса бортов  $\alpha = 70^\circ$ ; площадь поперечного сечения траншеи

$$S_T = H_T (B_T + H_T \operatorname{ctg} \alpha) = 15(28 + 15 \operatorname{ctg} 70^\circ) = 502 \text{ м}^2$$

Оборудование на проходке: буровой станок СБШ-250МНА-32; экскаватор ЭКГ-8И; автосамосвалы БелАЗ-549 грузоподъемностью 75 т.

Отбойка породы — вертикальными скважинами, сплошными колонковыми зарядами. Диаметр взрывных скважин  $d_c = 250$  мм. Удельный расход ВВ (гранулотол, граммонит 50/50В)  $q_n = 0,8$  кг/м<sup>3</sup>.

Режим работы: три 8-часовые рабочие смены в сутки, непрерывная рабочая неделя.

**Расчет параметров взрывных работ.** Расстояние между продольными рядами скважин в скальных породах при  $H_T = 15$  м,  $d_c = 250$  мм и принятых ВВ на основании практических данных составляет в пределах 6—8 мм. Принимаем  $b = 7$  м. Тогда при ширине основания траншеи  $B_T = 28$  м число продольных рядов скважин во взрывных блоках

$$n = \frac{B_T}{b} + 1 = \frac{28}{7} + 1 = 5$$

Взрывание ведется длинными блоками с применением вертикального продольного вруба. В качестве врубового принимаем средний ряд скважин, который взрывается в первую очередь. Затем с короткими замедлениями (20—35 мс) взрываются попарно в два приема отбойные руды. Глубина перебура врубовых скважин на 1 м больше отбойных.

Глубина отбойных скважин с перебуром

$$L_c = H_T + l_n = 15 + 5 = 18 \text{ м}$$

врубовых — 19 м.

Длина колонки заряда

$$l_{\text{зар}} = L_c - l_{\text{заб}} = 18 - 5 = 13 \text{ м}$$

врубных -  $19-5=14$  м 0

где  $l_{\text{заб}}$  — длина забойки; для данных условий взрывания  $l_{\text{заб}} = 5$  м.  
Масса зарядов в отбойных рядах соответственно

$$Q_{\text{з.о.}} = p \cdot l_{\text{заб}} = 49 \cdot 13 = 638 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{з.в.}} = p \cdot l_{\text{заб}} = 49 \cdot 14 = 686 \text{ кг}$$

где  $p$  — удельная вместимость скважины, кг/м. При  $d_c = 250$  мм и плотности заряжения  $\Delta = 0,9$  значение  $p$  — 49 кг/м.

Средняя масса заряда

$$Q_{\text{з.с.}} = \frac{638 \cdot 4 + 686}{5} = 646 \text{ кг}$$

Объем породы, приходящейся на один заряд

$$V_{\text{1зар}} = \frac{Q_{\text{з.с.}}}{q_n} = \frac{646}{0,8} = 807 \text{ м}^3$$

То же, на один поперечный ряд скважин

$$V_{\text{5зар}} = 807 \cdot 5 = 4035 \text{ м}^3$$

Расстояние между скважинами в продольных рядах

$$a = \frac{V_{\text{5зар}}}{S_T} = \frac{4035}{502} = 8,03 \text{ м}$$

Принимаем  $a = 8$  м.

Таким образом, определилась сетка расположения взрывных скважин:

$$a \cdot b = 8 \cdot 7 \text{ м.}$$

Выход взорванной массы с 1 м скважины

$$v = \frac{V_{\text{5зар}}}{L_{\text{5ск}}} = \frac{4035}{18 \cdot 4 + 19} = 44,4 \text{ м}^3/\text{м}$$

### **Производительность экскаватора на погрузке в забое, скорость проходки траншеи.**

Техническая производительность

$$P_{\text{з.т.}} = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} E \frac{k_n}{k_p} k_{\text{сн}} = \frac{3500}{36} \cdot 8 \cdot \frac{0,75}{1,5} \cdot 0,7 = 280 \text{ м}^3/\text{час}$$

где  $k_{\text{сн}}$  — коэффициент снижения производительности экскаватора в тупиковом забое за счет ухудшения забойных условий по сравнению с производительностью на боковой погрузке при отработке уступов;  $k_{\text{сн}} \approx 0,7$ .

Эксплуатационная сменная производительность экскаватора

$$P_{\text{э.см.}} = P_{\text{э.т.}} T_{\text{см}} k_{\text{и}} = 280 \cdot 8 \cdot 0,75 = 1680 \text{ м}^3/\text{смену}$$

где  $k_{\text{и}}$  — коэффициент использования экскаватора на погрузке в течение смены; при работе с автотранспортом в тупиковом забое  $k_{\text{и}} = 0,7 \div 0,75$ .

$$\text{Суточная производительность экскаватора } P_{\text{э.сут.}} = 5050 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$\text{Месячная производительность } P_{\text{э.мес.}} = 136400 \text{ м}^3/\text{мес}$$

Скорость проходки траншеи

$$V = \frac{P_{\text{э.мес.}}}{S_{\text{г}}} = \frac{136400}{502} = 272 \text{ м/мес}$$

**Потребный парк буровых станков.** Для своевременной подготовки блоков к взрыву при скорости проходки траншеи  $272 \text{ м/мес}$  месячный объем буровых работ

$$\varepsilon L_{\text{с.мес}} = \frac{P_{\text{э.мес.}}}{\vartheta} = \frac{136400}{44,4} = 3075 \text{ м}$$

Месячная производительность бурового станка

$$P_{\text{с.мес}} = P_{\text{с.см}} n_{\text{см}} \cdot 27 = 50 \cdot 3 \cdot 27 = 4050 \text{ м/мес}$$

Где  $P_{\text{с.см}}$  — сменная производительность станка. Производительность принятого станка составляет 50 м/смену

Потребное число рабочих буровых станков

$$N_{\text{с.р}} = \frac{\varepsilon L_{\text{с.мес}}}{P_{\text{с.см}}} = \frac{3075}{4050} = 0,76$$

С учетом коэффициента резерва списочный парк

$$N_{\text{с.с}} = N_{\text{с.р}} \cdot 1,25 = 0,95$$

Принимаем один станок.

Таким образом, для выполнения потребного месячного объема буровых работ достаточен один буровой станок.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

	Глубина траншеи $h$ , м	Ширина дна траншеи $b$ , м	Углы откосов бортов $\alpha$ , <i>град</i>	Диаметр скважины, мм	Удельный расход ВВ , кг/м <sup>3</sup>
<b>1</b>	15	28	70	250	0,8
<b>2</b>	12	24	65	240	1
<b>3</b>	14	25	70	250	1,2
<b>4</b>	20	30	72	250	1
<b>5</b>	18	25	65	250	0,8
<b>6</b>	15	20	60	240	1,1
<b>7</b>	12	22	66	250	0,9
<b>8</b>	17	24	70	250	0,8
<b>9</b>	20	30	70	240	1
<b>10</b>	18	22	72	250	0,7

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

### Определение скорости углубки горных работ на карьере.

При углубочных системах разработки в условиях отработки наклонных и крутых залежей глубинного, нагорного или смешанного типа вскрыши средствами транспорта перемещается обычно на внешние отвалы. Размещение части вскрыши на внутренние отвалы возможно в частных случаях (например, при отработке синклинальных складок на полную глубину или вытянутого месторождения с фланга). На вытянутых наклонных залежах развитие горных работ осуществляется в направлении от лежачего бока к висячему. Трасса капитальной траншеи располагается стационарно в породах лежачего бока. В этом случае применяется продольная система разработки. На крутых месторождениях развитие горных работ начинается на выходе полезного ископаемого под наносы с целью снижения объема горно-строительных работ. При вытянутых карьерных полях для вскрытия и подготовки очередного по глубине горизонта необходимо на вышележащем горизонте выполнить определенный объем горных работ  $V_{p.т}$  и  $V_0$  по проведению наклонной и разрезной траншей и расширению ее для образования рабочей площадки, ширина которой  $Ш_{p.п}$  должна быть не менее минимальной

При большой длине карьерного поля расчеты можно относить на 1 м простирания. Тогда указанные объемы работ ( $м^3/м$ ):

При продольной однобортовой системе разработки

$$V = V_{p.m} + V_0 = H_y [b_{p.m} + B_m + Ш_{p.n} + 1,5H_y (ctg \alpha + ctg \alpha_1)]$$

При продольной двухбортовой системе разработки

$$V = V_{p.т} + V_0 = H_y [b_{p.т} + B_т + 2Ш_{p.n} + 2H_y (ctg \alpha + ctg \alpha_1)]$$

где  $b_{p.т}$  – ширина дна разрезной траншей, м;

$B_т$  – ширина транспортной бермы, м;

$\alpha$  и  $\alpha_1$  – углы откосов соответственно рабочих и нерабочих уступов, градус.

При подготовки горизонта по его длине одновременно несколькими экскаваторами, когда длина экскаваторного блока равна  $L_б$  (м) и производительность экскаватора при проходческих работах равна  $Q_{э.г}$  ( $м^3/год$ ), общее время подготовки уступа высотой  $H_y$  составит (лет)

$$T_n = \frac{V * L_б}{Q_{э.г}}, \text{ лет}$$

а темп углубления горных работ ( $м/год$ )

$$V_{y2} = \frac{H_y}{T_n} = \frac{Q_{э.г} * H_y}{L_б * V}, \text{ м/год}$$

Таким образом, при однобортовой системе разработке наклонных залежей

$$V_{yz} = \frac{Q_{эз}}{L_{\delta} [b_{pT} + B_T + Ш_{p.n} + 1,5 H_y (ctg \alpha + ctg \alpha_1)]}$$

а при двухбортовой системе разработки крутой залежи

$$V_{yz} = \frac{Q_{эз}}{L_{\delta} [b_{pT} + B_T + 2Ш_{p.n} + 2H_y (ctg \alpha + ctg \alpha_1)]}$$

**Дано:** система разработки месторождения продольная двухбортовая; средняя длина фронта работ на уступе  $L_{\Phi}=3000$  м; на каждом уступе работают по два экскаватора ( $n_э$ ) с годовой производительностью  $Q_{э.г.} - 2,0$  млн.  $m^3$ ; ширина дна разрезной траншеи  $b_{p.т.} = 30$  м; ширина рабочей площадки на уступе  $Ш_{p.п.}=50$  м; высота разрабатываемого уступа  $H_y=15$  м; углы откосов бортов рабочих уступов со стороны висячего и лежащего боков залежи соответственно равны  $\alpha_{pв}=\alpha_{pл}=75^\circ$ .

### Решение:

Скорость углубки горных работ:

$$V_{yz} = \frac{Q_{э.г.}}{L_{\delta} \cdot [b_{p.т.} + 2 \cdot Ш_{p.п.} + 2 \cdot H_y \cdot (ctg \alpha + ctg \alpha_1)]} =$$

$$= \frac{2000000}{1500 \cdot [30 + 2 \cdot 50 + 2 \cdot 15(ctg 75^\circ + ctg 75^\circ)]} = 9,1 \text{ м.}$$

где  $L_{\delta}$  – длина экскаваторного блока, м;

$$L_{\delta} = \frac{L_{\Phi}}{n}$$

### Исходные данные для решения задачи

№ вар.	$L_{\Phi}$ , м	$Q_{э.г.}$ , млн. $m^3$	$b_{p.т.}$ , м	$H_y$ , м	$n_э$ , шт	$\alpha$	$\alpha_1$
1	3000	2,0	25	15	2	75	60
2	3200	2,5	30	17	3	60	73
3	3500	2,4	28	20	3	75	78
4	3600	1,5	32	21	2	70	65
5	2800	1,6	30	22	2	63	75
6	3200	2,5	30	17	3	60	73
7	3500	2,4	28	20	3	75	78
8	3600	1,5	32	21	2	70	65
9	2800	1,6	30	22	2	63	75
10	3500	2,4	28	20	3	75	78

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

### Определение максимальной высоты рабочей зоны при отработке крутопадающей залежи.

Разработка наклонных и крутых залежей осуществляется с применением технологических комплексов, в основу которых положено перемещение горной массы транспортными средствами. Наибольшее применение на карьерах получили технологические комплексы с использованием колесных видов транспорта.

Дано: Ширина дна карьера  $Ш_д = 30$  м;

глубина карьера  $H_k = 240$  м;

угол погашения бортов карьера  $\beta = 40^\circ$  ;

$\gamma_в = \gamma_л = 18^\circ$  – углы откосов висячего и лежащего рабочих бортов карьеров; высота уступа.

$H_y = 15$  м.

Решение:

$$\text{Высота рабочей зоны: } H_{p.z.} = \frac{B - Ш_д}{ctg\gamma_в + ctg\gamma_л}$$

где  $B$  – проектная ширина карьера на поверхности, м;

$$B = Ш_д + 2H_k * ctg\beta = 30 + 550 = 600 \text{ м;}$$

$$H_{p.z.} = (600 - 30) / (3,08 + 3,08) \approx 90 \text{ м}$$

т.е. количество рабочих уступов будет равно  $90/15=6$ .

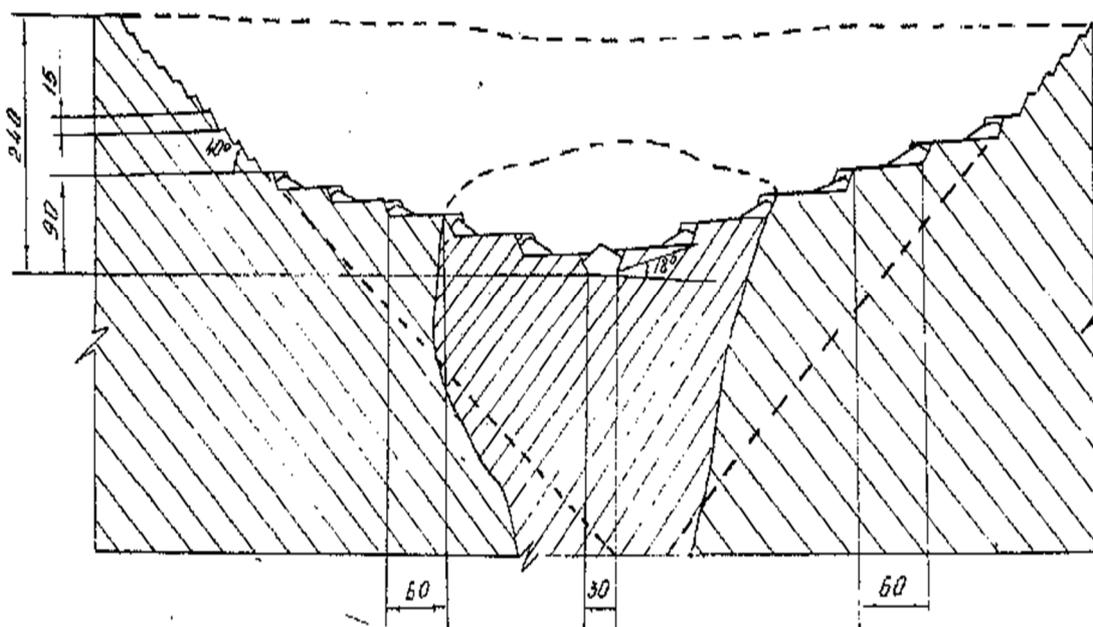


Рис.6.1. Схема к определению рабочей зоны  $H_{p.z.}$  карьера

### Исходные данные для решения задачи

№ варианты	$H_k$	$H_y$	$\beta$	$Ш_d$	$\gamma_B = \gamma_L$
1	200	15	40	30	18
2	210	15	47	35	16
3	220	17	45	40	15
4	230	17	50	45	17
5	240	20	55	50	18
6	250	20	60	30	16
7	260	22	65	35	19
8	270	22	40	40	20
9	280	15	47	45	18
10	290	17	45	50	17

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

### Определение угла откоса бортов карьера

Углы откосов бортов карьера на момент погашения горных работ определяются конструкцией бортов и условиями устойчивого равновесия слагающих его пород. В конструктивном отношении борта карьера могут включать откосы уступов, количество разрабатываемых уступов, предохранительные и транспортные бермы, основания капитальных траншей (рис.1).

Угол откоса нерабочего борта карьера (град.) определяются по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \frac{H_y}{\sum H_y \operatorname{ctg} \alpha + \sum b_n + \sum b_m + \sum b_{к.т}}$$

где:  $H_y$  - высота уступа, м;  $\alpha$  – угол откоса уступа, град.;

$\sum h_y \operatorname{ctg} \alpha$ ,  $\sum b_n$ ,  $\sum b_m$ ,  $\sum b_{к.т}$  - соответственно суммарная ширина горизонтальных заложений откосов уступов предохранительных берм, транспортных берм, оснований капитальных траншей;

$b_t$ ,  $b_n$  – соответственно ширина транспортной и предохранительной бермы;

$b_{к.т}$  – ширина основания капитальной траншеи.

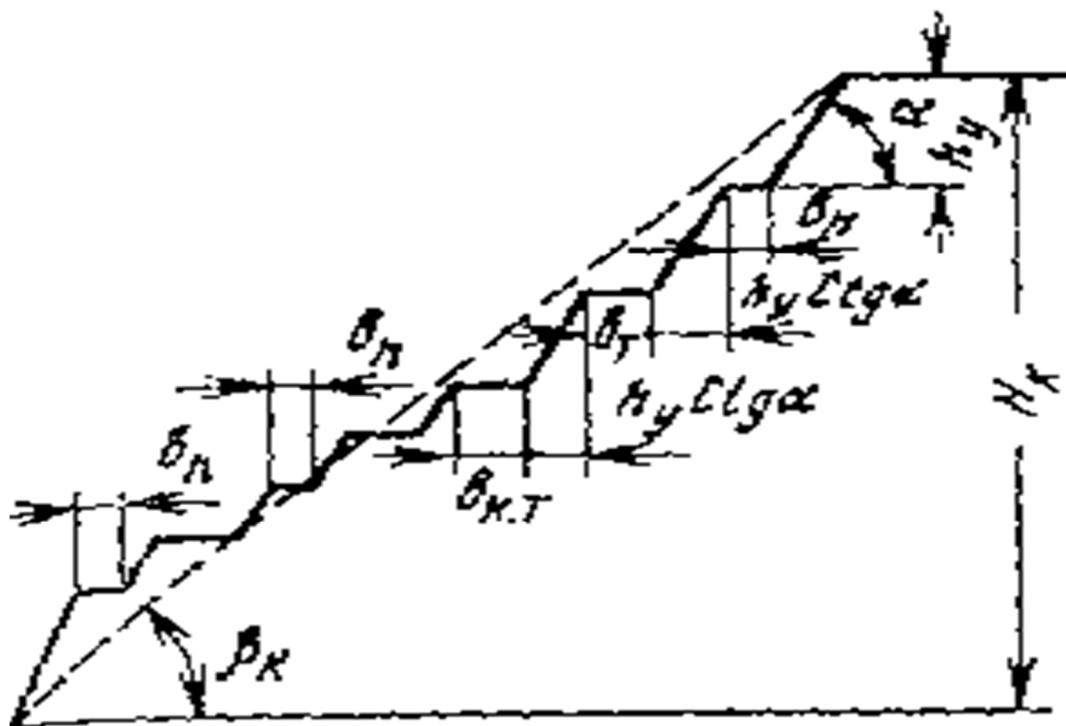


Рис. 1. Схема к определению угла откоса нерабочего борта карьера:

Величина  $b_t$  зависит от вида и интенсивности движения карьерного транспорта. При автотранспорте она принимается в пределах 5-10 и 8-20 м и

соответственно для одно и двухполосного движения. Для железнодорожного транспорта при однопутном движении она 8 м, при двухпутном – 12,14 м.

Ширина основания капитальных траншей при одно- и двухпутном движении принимается 7,6 и 11,5 м соответственно.

Ширина (м) транспортной бермы (рис.2) определяются по формуле

$$b_t = z + T + k$$

$$z = h_y * (\text{ctg}\alpha_e - \text{ctg}\alpha_p)$$

где:  $z$  – ширина основания призмы возможного обрушения, м;

$\alpha_e$  – угол естественного откоса уступа, м;

$\alpha_p$  – угол откоса рабочего борта уступа, м;

$T = 4 \div 7,5$  – ширина транспортной полосы, м;

$k = 0,5 \div 0,7$  – ширина кювета, м.

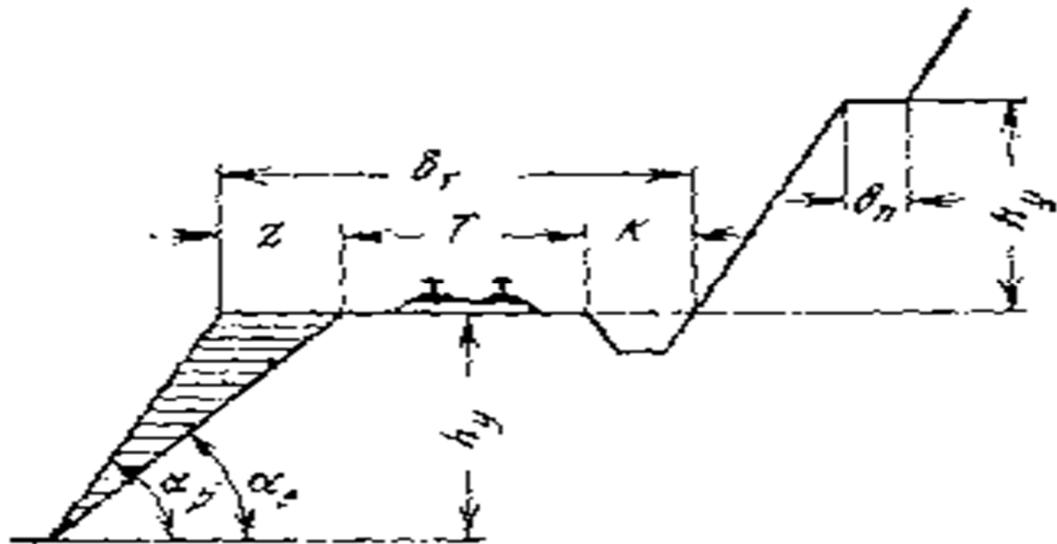


Рис.2. Схема к определению ширины  $b_t$  транспортной бермы.

Угол откоса рабочего борта карьера (град.) определяются по формуле (рис. 3):

$$\text{tg}\gamma_p = \frac{H_k}{\sum H_y \text{ctg}\alpha + \sum Ш_{p,n}}$$

где:  $\sum Ш_{p,n}$  – соответственно суммарная ширина рабочей площадки уступа, м.

Максимально возможный угол откоса борта карьера по фактору безопасности зависит в основном от физико-технических характеристик и степени однородности пород, слагающих борт, направления плоскостей напластования относительно борта, глубина карьера и формы борта в плане. С увеличением глубины устойчивость борта изменяется. Вогнутый борт более устойчив, чем плоский или выпуклый. Угол откоса борта карьера зависит

также от обводненности и фильтрационных свойств пород, слагающих борт, времени состояния борта карьера или климатических условий. Угол откоса борта карьера, определенный расчетным путем, является ориентировочным и уточняется в процессе ведения горных работ. При ориентировочных расчетах можно пользоваться данными Гипроруды (таблица 1.).

Из значений угла откоса, определяемых конструкцией борта и условиями устойчивого равновесия слагающих его пород, принимается минимальное значение, которое обеспечивает нужную степень безопасности и минимальный объем вскрышных работ в конечных границах карьера. Следует отметить, что уменьшение угла откоса борта только на один градус на глубине карьера 200 м и при угле откоса  $35-45^{\circ}$ , вызывает увеличение объема вскрыши на  $0,8-1$  млн.м<sup>3</sup> на 1 км борта.

Таблица 1

Породы	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протоdjакон ова	Угол откоса борта (градусы) при глубине карьера, м				
		$\leq 90$	$\leq 180$	$\leq 240$	$\leq 300$	$> 300$
В высшей степени крепкие и очень крепкие.	15-20	60-68	57-65	53-60	48-54	43-49
Крепкие и довольно крепкие	8-14	50-60	48-57	45-53	42-48	37-43
Средней крепости	3-7	45-50	41-48	39-45	36-43	32-37
Довольно мягкие и мягкие	1-2	30-43	28-41	26-39	26-36	-
Мягкие и землистые	0,6-0,8	21-30	20-28	-	-	-

**Пример.** Определить угол откоса борта карьера при пластообразных залежи (где: глубина карьера  $H_k=105$ м; высота уступа  $h_y=15$  м;  $\alpha=75^{\circ}$  – угол откоса уступа; ширина транспортной полосы  $T=4\div 7,5$  м; ширина основания капитальных траншей  $b_{к,т}=7.6$  м; ширина предохранительных берм уступов

$b_{п}=5$  м; ширина кювета  $k= 0,5\div 0,7$  м.– угол естественного откоса уступа  $\alpha_e=60^0$ ; угол откоса рабочего борта уступа  $\alpha_p=75^0$ )

**Решение.** Количество разрабатываемых уступов

$$n = \frac{H_k}{H_y} = \frac{105}{15} = 7;$$

Угол откоса борта карьера (градусы) определяются по формуле:

$$tg\gamma_n = \frac{H_k}{\sum H_y ctg\alpha + \sum b_n + \sum b_m + \sum b_{к.м}}$$

Суммарная ширина горизонтальных заложений откосов уступов

$$\sum h_y ctg\alpha = \sum 15 * ctg75^0 = \sum 15 * 0,23 * 2 = 6,9,$$

Суммарная ширина берм безопасности

$$\sum b_n = \sum 5 * 3 = 15\text{ м}$$

Суммарная ширина транспортных берм

$$\sum b_m = \sum (5,25 + 4,25 + 0,5) * 3 = 30\text{ м},$$

Суммарная ширина капитальной траншеи

$$\sum b_{к.м} = \sum 7,6 * 1 = 7,6 \text{ м}.$$

$$b_t = z + T + k$$

$$b_t = 5,25 + 4,25 + 0,5 = 10 \text{ м},$$

$$z = h_y * (ctg\alpha_e - ctg\alpha_p) = 15(ctg75^0 - ctg60^0) = 15(0,58 - 0,23) = 5,25 \text{ м}$$

$$tg\gamma_n = \frac{105}{6,9 + 15 + 30 + 7,6} = 1,76, \gamma_n = 60^0$$

Угол откоса рабочего борта карьера (град.) определяются по формуле

$$tg\gamma_p = \frac{H_k}{\sum H_y ctg\alpha + \sum Ш_{p,n}}$$

### Исходные данные для решения задачи

№ вар.	$H_k$ , м	$\alpha_p$ , град	$H_y$ , м	$B_{п}$ , м	$k$ ,	$\alpha_e$ , град	$B_{к.т}$ , м	$Ш_{р.п}$ , м
1.	90	65	15	5	0,5	41	7,6	18
2.	100	69	15	5	0,6	39	7,6	22
3.	120	65	20	6	0,7	39	11,6	30
4.	150	70	15	6	0,7	41	11,6	35
5.	180	69	20	6	0,6	38	7,6	40
6.	200	45	22	5	0,7	42	7,6	45
7.	210	49	21	6	0,5	39	11,6	45
8.	240	52	22	7	0,7	39	11,6	40

9.	180	62	15	5	0,5	41	7,6	36
10.	170	59	15	6	0,6	39	11,6	34

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

### Определение параметров технологической схемы выемки пород драглайнами

Выемку мягких и мелкозсорванных пород драглайнами производят в основном в торцевом и траншейном забоях (рис. 1).

Расчет технологической схемы выемки пород драглайнами заключается в определении ширины заходки, высоты вскрышного уступа, углов откоса и места установки экскаватора.

#### 1. Схема работы драглайна в торцевом забое при установке его на кровле уступа

Данная схема обеспечивает максимальную производительность драглайна. Это достигается за счет того, что угол поворота экскаватора (рис. 1, а) от места черпания породы до места ее разгрузки является минимальным.

Высоту уступа устанавливают по глубине копания с учетом расположения драглайна на кровле за пределами призмы обрушения при угле наклона плоскости забоя к горизонту  $\beta = 30 - 60^\circ$  :

$$h \leq H_+ \quad (1)$$

Ширина заходки экскаватора:

$$A_y = R_+ (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2) \quad (2)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  - углы поворота драглайна от оси его хода соответственно в сторону массива и выработанного пространства ( $\varphi_1 \approx \varphi_2 = 30 - 45^\circ$ ), град.

Обычно при работе в отвал  $\varphi_1 = 0$  и тогда

$$A_y = R_+ \sin \varphi_2 \quad (3)$$

Углы откоса уступа, град:

- по наносам - рабочий  $\alpha_i = 60^\circ$ , устойчивый  $\alpha_{i0} = 40^\circ$  (4)
- по взорванной породе - рабочий  $\alpha_i = 50^\circ$ ,
- устойчивый  $\alpha_{i0} = 35^\circ - 40^\circ$ , (5)
- по коренным породам - рабочий  $\alpha = 75^\circ$ ,
- устойчивый  $\alpha_0 = 60^\circ$ . (6)

#### **2. Схема работы драглайна в торцевом забое с расположением его на промежуточной площадке**

Применяют с целью более полного использования параметров экскаватора и увеличения высоты уступа (рис. 1, б).

Высота уступа, м:

$$h \leq h_i + h_a, \quad (7)$$

где  $h_i, h_a$  - соответственно высота нижнего и верхнего подступов, м.

$$h_i = (0,7 - 0,8)H_k \quad h_a = (0,4 - 0,8)H_\delta \quad (8)$$

Ширину заходки определяют по формуле (1), а углы откоса уступа по формулам (3) - (5). При этом угол откоса забоя верхнего подступа для предотвращения скольжения ковша не должен превышать 25 градусов.

При расчете производительности драглайна, работающего по данной схеме, следует помнить, что при верхнем черпании производительность экскаватора на 10 - 15% ниже, чем при нижнем черпании.

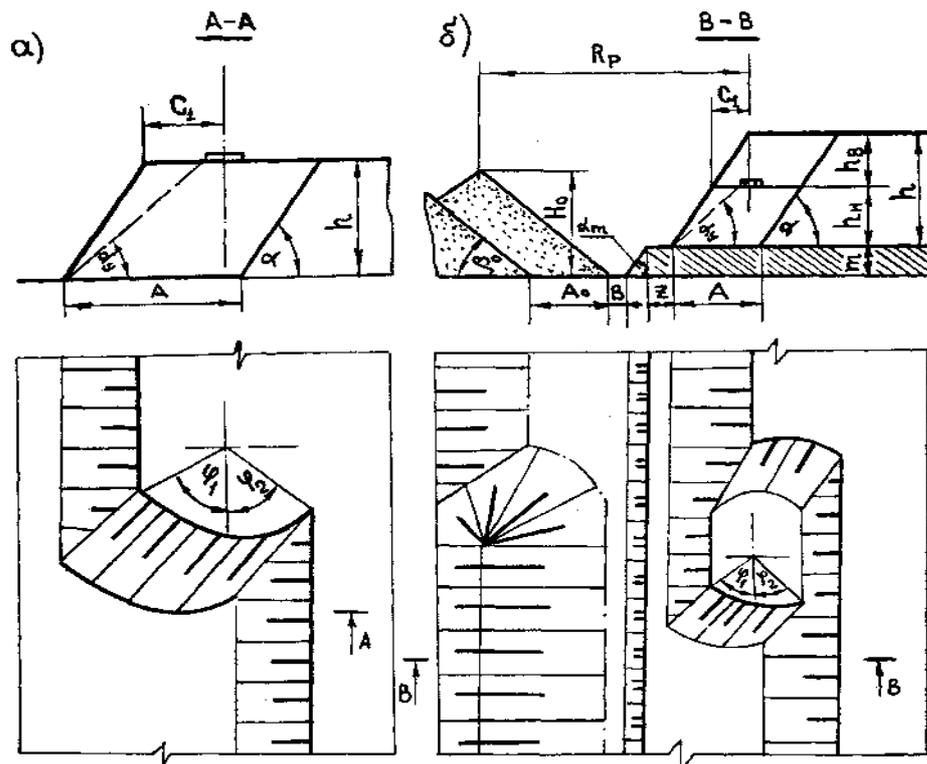
### 3. Схема работы драглайна в торцевом забое при установке его на почве уступа

Из-за низкой производительности драглайна данную схему применяют редко, в основном при разработке неустойчивых пород (1, в).

Высота уступа, м:

$$h = (0,7 - 0,8)H_\delta \quad (9)$$

Ширину заходки определяют по формуле (1), а углы откоса уступа - по формулам (3) - (5).



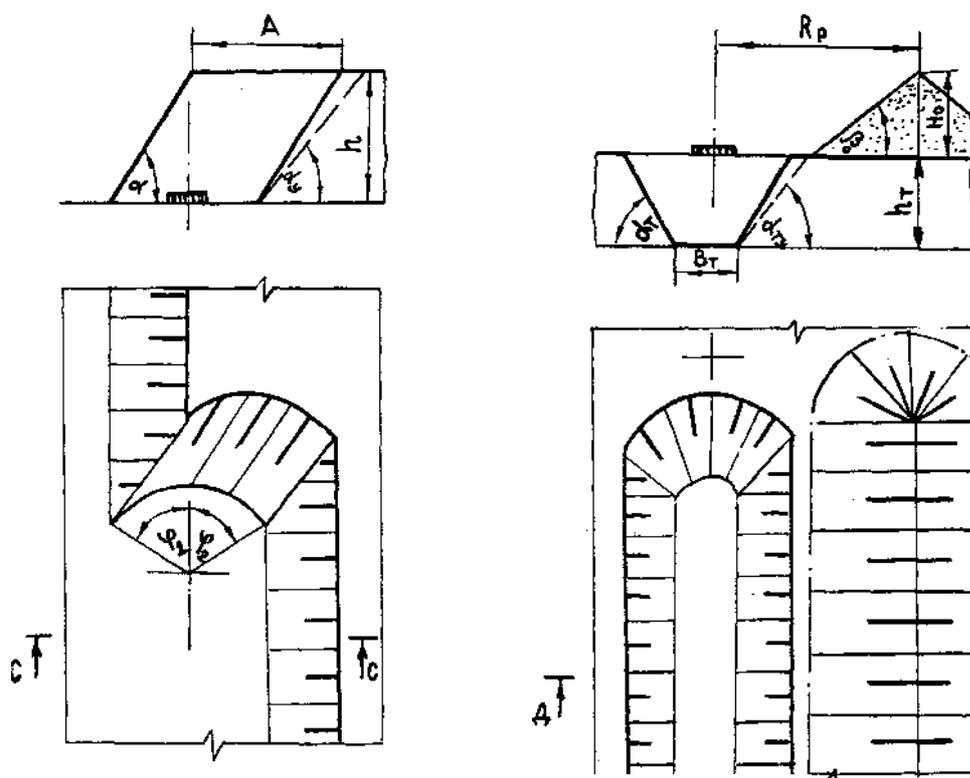


Рис. 1. Технологические схемы работы драглайна

#### 4. Схема работы драглайна в траншейном забое при установке его на кровле уступа

При проведении траншей драглайн в зависимости от его параметров и параметров траншеи располагают либо по оси траншеи, либо ближе к одному из ее бортов. При этом отвалы могут располагаться как на одном, так и на двух бортах траншеи (рис. 1, г).

Глубина траншеи, м:

$$h_{\delta} \leq H_{\epsilon.\max} \quad (10)$$

Ширину траншеи по низу определяют по формуле (1) или (2), а углы откоса траншеи - по формулам (3) и (5).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

### Определение параметров отвалообразования при автомобильном транспорте

При транспортировании вскрышной породы на отвал автомобильным транспортом применяют бульдозерное отвалообразование, которое включает разгрузку автосамосвала на верхней площадке отвала, перемещение породы под откос отвала, ремонт и сооружение автодорог.

Существуют два способа бульдозерного отвалообразования - площадной и периферийный (рис. 1).

При *площадном способе отвалообразования* автосамосвалы разгружаются по всей площадке отвала, затем площадь отвала планируют и уплотняют катками. Аналогичным образом отсыпают последующие вышележащие слои. Бульдозерный отвал в этом случае развивается по вертикали. Из-за большого объема планировочных работ этот способ является более дорогостоящим, чем периферийный, поэтому он применяется редко, в основном при укладке мягких малоустойчивых пород (см. рис. 1, б).

При *периферийном способе* на устойчивых отвалах автосамосвалы грузоподъемностью до 75 т разгружаются прямо под откос, а большей грузоподъемности - на расстоянии 3-5 м от верхней бровки откоса отвала. Затем эту породу бульдозером перемещают под откос, т.е. в этом случае отвал развивается в плане. В целях безопасности, чтобы исключить возможность падения автосамосвала с отвала при непосредственной разгрузке под откос, у верхней бровки отвала устанавливают металлические упоры для задних колес автосамосвала или отсыпают породный вал высотой не менее  $0,5B_k$  ( $B_k$  - диаметр колеса наибольшего из разгружающихся на отвале автосамосвалов) и шириной 2-3,5 м. Кроме этого, в этих же целях, поверхность бульдозерного отвала должна иметь уклон 3-5° в сторону центра отвала (см. рис. 1, а).

Параметры отвала определяют в следующем порядке.

Высота отвала на равнинной поверхности составляет до 30-60 м, в гористой местности - до 150 м и более.

Площадь отвала:

$$S_0 = \frac{V_{\hat{A}} \hat{E}_{\hat{\Delta}i}}{H_0 K_{\hat{\Delta}i}} \quad (1)$$

где  $V_{\hat{A}}$  - объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м<sup>3</sup>;  $K_{\hat{\Delta}i}$  - коэффициент, учитывающий использование площади отвала (при одном ярусе  $K_{\hat{\Delta}i}=0,8-0,9$ ; при двух ярусах  $K_{\hat{\Delta}i}=0,6-0,7$ ).

При известной площади, принятой форме и заданной одной из сторон отвала определяют размеры отвала в плане.

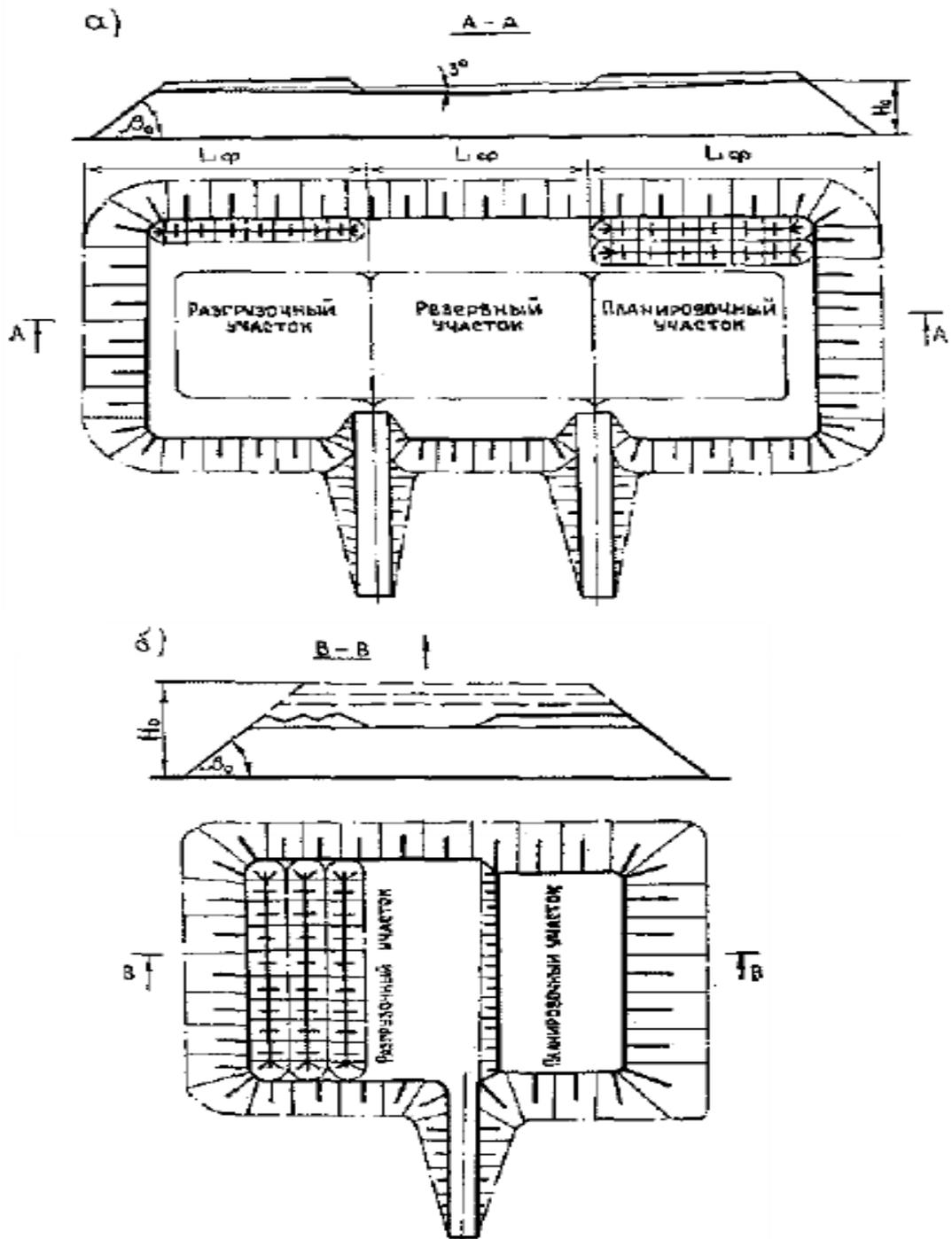


Рис. 1 . Способы бульдозерного отвалообразования:  
 а – периферийный; б - площадной

Среднее число автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение одного часа: 
$$N_{\pm} = \frac{V_{\text{вк}} \cdot \hat{E}_{\text{вк}}}{Q_{\text{ав}}} \quad (2)$$

где  $V_{\text{вк}}$  - производительность карьера по вскрыше, м<sup>3</sup>/ч;  $K_{\text{нер}}$  - коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ( $K_{\text{нер}}=1,25-1,5$ );  $Q_{\text{ав}}$  - производительность автосамосвала.

Число автосамосвалов, одновременно разгружающихся на отвале:

$$N_a = \frac{N \cdot t_p}{60} \quad (3)$$

где  $N_a$  и  $N_v$  - число автосамосвалов, разгружающихся на отвале соответственно одновременно и в течение часа;  $t_p$  - продолжительность разгрузки и маневрирования автосамосвала ( $t_p=1,5-2$ ), мин.

Длина фронта разгрузки на отвале:

$$L_\phi = N_a l_n, \text{ м} \quad (4)$$

где  $L_\phi$  - длина фронта разгрузки автосамосвалов на отвале, м;  $l_n$  - ширина полосы по фронту отвала, занимаемая одним автосамосвалом при маневрировании ( $l_n = 18-20$ ), м.

Число разгрузочных участков отвала, находящихся в одновременной работе:

$$N_{\acute{o}\acute{o}} = \frac{L_\phi}{L_i} \quad (5)$$

где  $L_i$  - длина одного участка ( $L_i = 60-80$ ), м.

Число планировочных участков:

$$N_{\acute{o}\acute{i}} = N_{\acute{o}\acute{o}} \quad (6)$$

Число резервных участков:

$$N_{\acute{o}\acute{.}\acute{o}\acute{a}\acute{c}} = (1,0 - 0,5)N_{\acute{o}\acute{o}} \quad (7)$$

Общее количество участков:

$$N_{\acute{o}} = N_{\acute{o}\acute{o}} + N_{\acute{o}\acute{i}} + N_{\acute{o}\acute{.}\acute{o}\acute{a}\acute{c}} \quad (8)$$

Общая длина отвального фронта работ:

$$L_{\acute{o}\acute{i}} = (60 - 80)N_{\acute{o}} \quad (9)$$

Годовая производительность бульдозера:

$$Q_{\acute{a}\acute{.}\acute{a}\acute{i}\acute{a}} = Q_{\acute{a}\acute{.}\acute{a}\acute{c}} \hat{E}_{\acute{e}} \hat{O}_{\acute{n}\acute{i}} n_{\acute{n}\acute{i}} n_{\acute{a}\acute{i}\acute{a}} \quad (10)$$

где  $K_u$  - коэффициент использования бульдозера в течение смены ( $K_u=0,8-0,9$ );  $T_{cm}$  - продолжительность смены ( $T_{cm}=8$ ), ч;  $n_{cm}$  - число смен в сутки ( $n_{cm}=3$  или согласно режиму работы карьера);  $n_{год}$  - число рабочих дней бульдозера в году ( $n_{год}=252$ );  $Q_{\acute{b}\acute{c}}$  - часовая производительность бульдозера ( $Q_{\acute{b}\acute{c}}=300-400$ ).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

### Расчет параметров отвалообразования при железнодорожном транспорте

При железнодорожном транспорте при складировании пустых пород применяют отвальные плуги, абзетцеры, бульдозеры и др., но 85-90% всех объемов складироваемых пород укладывают мехлопатами и драглайнами.

В зависимости от технологических свойств складироваемых пород применяют следующие схемы работы одноковшовых экскаваторов на отвале.

В случае, если складироваемые породы обладают слабой устойчивостью, применяют схему последовательной отсыпки отвальных ярусов.

Экскаватор при прямом ходе, располагаясь ниже уровня железнодорожных путей, проводит отсыпку только нижнего подустапа. Для приема вскрышной породы из думпкаров экскаватор сооружает приемный бункер, который перемещается по мере отсыпки подустапа. Длина приемного бункера составляет полуторную или двойную длину думпкара, глубина - 0,81,0 м. Состав на отвал подают вагонами вперед, а думпкары разгружают поочередно. При обратном ходе экскаватор укладывает породу в верхний подуступ отвального яруса.

Если складироваемые породы устойчивы, то применяют схему с одновременной укладкой пустых пород в нижний и верхний подуступы.

В этой схеме вскрышу вначале укладывают в нижний подуступ на величину радиуса разгрузки, а затем - в верхний. Технология приема пустой породы из думпкаров и подачи вагонов аналогична вышеописанной схеме. Учитывая усадку пород в отвале, верхний подуступ отсыпают высотой, несколько превышающей уровень железнодорожного пути. После заполнения отвальной заходки экскаватор возвращают в первоначальное положение и начинают отсыпку новой заходки.

#### **Параметры отвала определяют в следующем порядке.**

Общая высота отвала на равнинной поверхности не должна превышать 30-60 м, на гористой - 100 м и более.

Высота яруса отвала при отсыпке его двумя подуступами:

$$H_0 = h_1 + h_2, \text{ м}$$

(1)

где  $h_1, h_2$  - соответственно высота нижнего и верхнего подуступов, м.

$$h_5 + h_2 \leq H_{p.\max} - e_0 \quad (2)$$

где  $e_0$  - минимальный зазор между днищем открытого ковша и отсыпaeмым отвалом  $e_0 = 0.7 - 1.0$ , м.

$$h_1 = (H_0 + h_5) - h_2 \quad (4)$$

$$h_5 = H_0(K_{p1} - K_{p0}) \quad (5)$$

где  $h_5$  - превышение вновь формируемой отвальной заходки над старой, м;  $K_{p1}$  - коэффициент разрыхления породы, отсыпaeмой в отвал;  $K_{p0}$  - коэффициент остаточного разрыхления породы в отвале.

$$K_{p1} = (1.1 - 1.0.5)K_{\delta\epsilon} \quad K_{p0} = (1.15 - 1.0.6)K_{\delta1} \quad (6)$$

Шаг передвижки отвальных путей (ширина отвальной заходки), м:

$$A_0 = R_{\pm} + R_p \quad (7)$$

где  $R_{\delta}, R_{\pm}$  - соответственно фактические радиус разгрузки и радиус черпания, м.

Приемная способность отвального тупика по объему в целике между двумя переукладками пути:

$$V_0 = \frac{L_0 A_0 H_0}{K_{p0}} \quad (8)$$

где  $V_0$  - приемная способность отвального тупика, м<sup>3</sup>;  $L_0$  - длина отвального тупика (принимают согласно заданию), м.

Продолжительность работы отвального тупика между двумя переукладками пути:

$$t_T = \frac{V_0}{V_{\text{нóó}}}, \text{ сутки} \quad (9)$$

где  $V_{\text{сут}}$  - суточная приемная способность (по объему в целике) отвального тупика, м<sup>3</sup>/сутки.

$$V_{\text{нóó}} = n_c V_{\text{áó}} \quad (10)$$

где  $n_c$  - число поездов, которые могут быть разгружены на отвальном тупике за сутки;

$V_{zp}$  - объем породы, перевозимой локомотивосоставом за один рейс).

$$n_c = K_{i\dot{o}} \dot{O}_{\dot{n}\dot{o}\dot{o}} (t_0 + t_{\dot{o}\dot{a}\dot{c}\dot{a}}) \quad (11)$$

где  $K_{np}$  - коэффициент, учитывающий неравномерность работы тупика ( $K_{np} = 0,85-0,95$ );  $T_{сут}$  - число часов работы отвального тупика в сутки ( $T_{сут} = 21$ ), ч;  $t_0$  - время обмена поездов на отвале, ч;  $t_{раз}$  - время разгрузки поезда, ч.

$$t_0 = \frac{2L_{i\dot{a}}}{V_0 + \tau_{\dot{a}}} \quad (12)$$

где  $L_{об}$  - среднее расстояние от обменного пункта до отвального экскаватора (согласно заданию), км;  $V_0$  - средняя скорость движения поездов по отвальным тупикам ( $V_0 = 15-20$ ), км/ч;  $\tau_b$  - время на связь (при автоматической связи  $\tau_b = 0$ , при телефонной  $\tau_b = 0,05-0,1$ ), ч.

$$L_{i\dot{a}} = 0,5L_0 \quad (13)$$

$$t_{\dot{o}\dot{a}\dot{c}\dot{a}} = n_{\dot{a}} \tau_n \quad (14)$$

где  $\tau_n$  - продолжительность разгрузки одного вагона ( $\tau_n = 0,025-0,033$  - в летнее время,  $\tau_n = 0,05-0,07$  - в зимнее время), ч.

Число отвальных тупиков в работе:

$$N_{\dot{o}\dot{o}} = \frac{V_{\dot{a}\dot{n}}}{V_{\dot{n}\dot{o}\dot{o}}} \quad (15)$$

где  $N_{\dot{o}\dot{o}}$  - число отвальных тупиков в работе, шт.;  $V_{вс}$  - среднесуточный объем вскрыши, поступающей на отвал, м<sup>3</sup>.

Общее число железнодорожных тупиков на отвале:

$$N_{\dot{o}i} = N_{\dot{o}\dot{o}} \left(1 + \frac{t_{нт}}{t_T}\right) \quad (16)$$

где  $N_{\dot{o}i}$  - число тупиков на отвале, шт.;  $t_{нт}$  - продолжительность переукладки пути на отвальном тупике, сутки.

Производительность экскаваторов на отвале принимают на 25 % больше чем при выемке взорванных пород.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

### Расчет параметров технологических процессов горных работ на карьере

#### Расчет параметров выемочно-погрузочного процесса

Производственные процессы горных работ на карьере: Вскрытие, подготовка горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы, отвалообразование. Рассмотрим общий расчет перечисленных процессов.

#### I. Исходные данные:

- наименование технологического потока ВСКРЫШНОЙ ;
- наименование и свойства горной породы песчаник;
- предел прочности на сжатие  $\sigma_{сж}=495 \cdot 10^5$  Па;
- плотность горной породы  $\rho=2660$  кг/м<sup>3</sup>;
- трещиноватость горной породы  $d_{о.м.}=0,4$ м;
- модуль упругости  $E=1,85 \cdot 10^{10}$  Па;
- вид и типоразмер выемочно-погрузочного оборудования ЭКГ-8;
- вид транспорта автомобильный
- длина грузопотока  $L_{тр}=2$  км.

#### II. Расчет параметров выемочно-погрузочного процесса и составление паспорта забоя.

##### 1 Параметры ЭКГ-8

- Вместимость ковша  $E_k=8$ м<sup>3</sup>;
- Радиус черпания на уровне стояния  $R_{ч.у.}=11,9$ м;
- Максимальный радиус черпания  $R_{ч.max}=18,2$  м;
- Максимальная высота черпания  $H_{ч.max.}=12,5$ м;
- Максимальный радиус разгрузки  $R_{р.max.}=16,3$  м;
- Продолжительность рабочего цикла  $t_{ц}=28$  с.

##### 2 Производительность одноковшового экскаватора ЭКГ-8

###### 1) Теоретическая производительность (м<sup>3</sup>/ч)

$$Q_{т} = E_k \cdot v$$

$$v = \frac{3600}{t_{ц}} = \frac{3600}{28} = 128,5 \text{ ч}^{-1};$$

где  $v$ -число рабочих циклов в час (1/ч)

###### 2) Техническая производительность (м<sup>3</sup>/ч)

$$Q_{т} = 8 \cdot 128,5 = 1028 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

$$Q_t = Q_n \cdot \frac{k_n}{k_p}$$

где  $k_n$  - коэффициент наполнения ковша механической лопатой ( $k_n=1$ )  
 $k_p$  - коэффициент разрыхления породы в ковше ( $k_p = 1,4$ )

$$Q_t = 1028 \cdot \left( \frac{1}{1,4} \right) = 734,2 \approx 734 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

3) Эксплуатационная производительность в смену ( $\text{м}^3/\text{смену}$ )

$$Q_{см} = Q_t \cdot T \cdot k_u;$$

где  $T$  - длительность смены ( $T = 8$  часов);

$k_u$  - коэффициент использования экскаватора в течение смены ( $k_u = 0,7$ );

$$Q_{см} = 734 \cdot 8 \cdot 0,7 = 4110,4 \approx 4110 \text{ м}^3 / \text{смену.}$$

4) Эксплуатационная производительность в сутки ( $\text{м}^3/\text{сутки}$ )

$$Q_{сут} = Q_{см} \cdot n;$$

где  $n$  - число рабочих смен в сутки ( $n=3$ );

$$Q_{сут} = 4110 \cdot 3 = 12330 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

5) Эксплуатационная производительность в год ( $\text{м}^3/\text{год}$ )

$$Q_г = Q_{сут} \cdot N;$$

где  $N$  - число рабочих дней экскаватора в году с учетом плановых простоев на ремонт ( $N=305$  дней);

$$Q_г = 12330 \cdot 305 = 3760650 \approx 3,76 \text{ млн. м}^3 / \text{год.}$$

### 3. Технические параметры забоя :

Высота уступа  $h=15\text{м};$

Угол откоса уступа  $\alpha=80^\circ;$

Безопасное расстояние от верхней бровки  $C=5\text{м};$

Коэффициент разрыхления горной породы в развале  $k_p=1,3;$

Высота развала от первого ряда скважин  $h_p=1 * H_{ч.макс.}=12,5\text{м};$

Количество заходов экскаватора в развале  $n^1=4;$

Расстояние от массового взрыва до охраняемого  
 объекта

$L=1000\text{м.}$

Результаты расчетов параметров выемочно-погрузочного процесса представлены на рис. 1

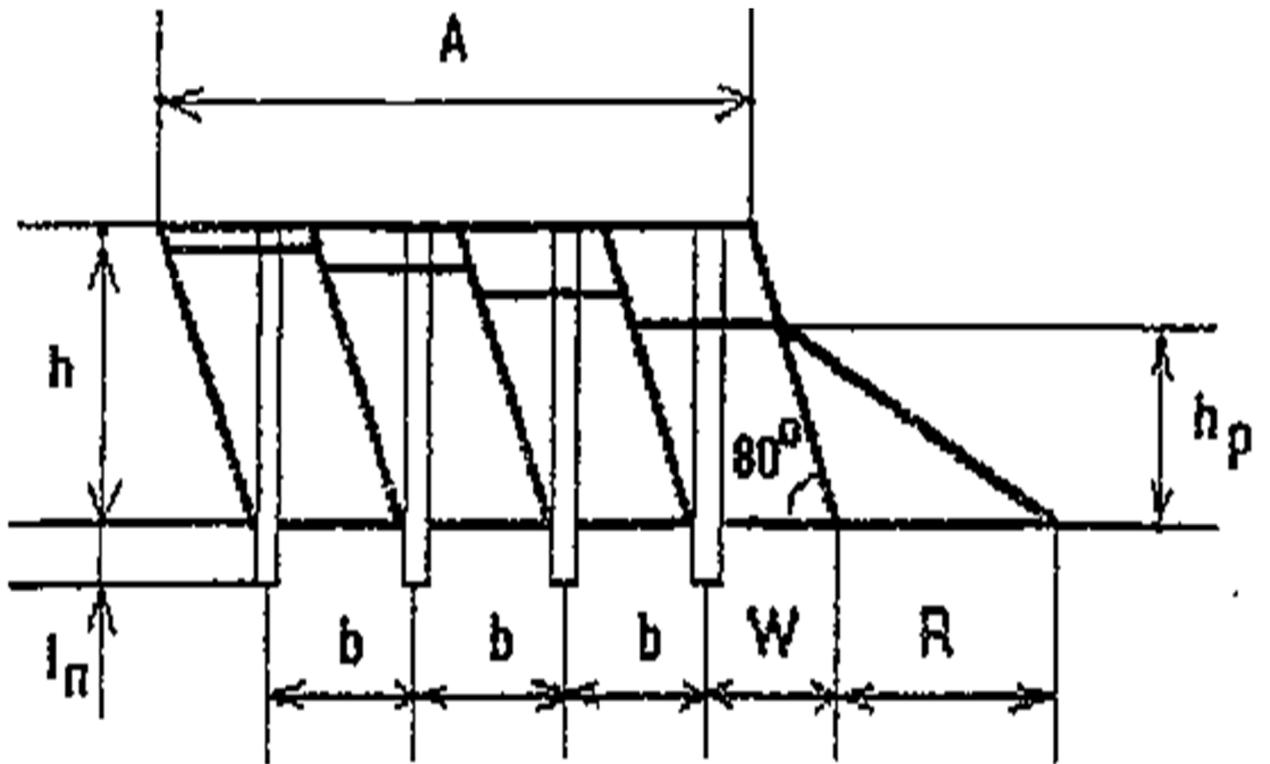


Рис. 1 Паспорт заобя механической лопаты.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

### Расчет параметров БВР

$$B=12 \quad \sqrt[3]{E_k}=12 \quad \sqrt[3]{8}=24\text{м}$$

1) *Необходимый состав горной массы по крупности для экскаватора*

$$d_{cp} = \frac{B}{6,5} = \frac{2,4}{6,5} = 0,37 \text{ м}.$$

2) *Необходимая степень дробления массива*

$$n = \frac{d_{o.m.}}{d_{cp}} = \frac{0,4}{0,37} = 1,08.$$

3) *Коэффициент динамичности для породы  $k_D = 1,04$ ;*

4) *Удельная энергия дробления в необходимой степени*

$$F_{ДР} = \frac{0,12 \cdot \sigma_{сж}^2 \cdot k_D^2}{2 \cdot E} \cdot \lg n = \frac{0,12 \cdot (495 \cdot 10^5)^2 \cdot 1,04^2}{2 \cdot 1,85 \cdot 10^0} \cdot \lg 1,08 = 287,28 \approx 287 \text{ Дж/м}^3$$

5) *Удельная энергия формирования развала, необходимого по технологии*

$$F_p = \left( \frac{v_0^2 \cdot p}{2} \right) \cdot \left[ \lg k_p + \lg \frac{(c + h \cdot \text{ctg} \alpha) \cdot (h \cdot k_p - h_p)}{2 \cdot h_p} \right];$$

где  $V_0$ -начальная скорость движения горной массы при взрыве ( $V_0=10\text{м/с}$ );

$$F_p = \left( \frac{10^2 \cdot 2660}{2} \right) \cdot \left[ \lg 1,3 + \lg \frac{(5 + 15 \cdot \text{ctg} 80^\circ) \cdot (15 \cdot 1,3 - 11)}{2 \cdot 12,5} \right] \approx 58520 \text{ Дж/м}^3.$$

б) *Расчетный удельный расход ВВ для выполнения технологических условий (кг/м<sup>3</sup>)*

$$q = \frac{F_{ДР} + F_p}{\eta \cdot F_{ВВ}};$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного использования энергии ВВ ( $\eta=0,05$ ) Тип ВВ - граммонит 50/50-В;

$F_{ВВ}$ -полная идеальная работа взрыва ( $F_{ВВ} - 3524000 \text{ Дж/кг}$ );

$$q = \frac{287 + 58520}{0,05 \cdot 3524000} \approx 0,03 \text{ кг/м}^3.$$

$W$  - линия сопротивления по подошве (м)

$$W = C + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha = -5 + 15 \cdot \operatorname{ctg} 80^\circ = 7,6 \sim 8 \text{ м}$$

$\alpha$  - расстояние между скважинами (м)

$$\alpha = W \cdot 0,85 = 80,85 = 6,8 \sim 7 \text{ м}$$

$b$  - расстояние между рядами (м)

$$b = W = 8 \text{ м}$$

8) Длина перебура

$$l_n = 0,5 \cdot q \cdot W = 0,5 \cdot 0,03 \cdot 8 = 0,12 \text{ м}$$

9) Длина скважины

$$l_{\text{скв}} = h + l_n = 15 + 0,12 = 15,12 \text{ м}$$

10) Минимальная величина забойки

$$l_z = l_n = 0,12 \text{ м}$$

11) Максимальная длина заряда

$$l_{\text{зар}} = l_{\text{скв}} - l_z = 15,12 + 0,12 = 15 \text{ м}$$

12) Масса заряда в скважине

$$P = a \cdot W \cdot h \cdot q = 7 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 0,03 = 25,2 \approx 25 \text{ кг.}$$

13) Диаметр заряда (м)

$$d_z = 2 \cdot \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot l_{\text{зар}} \cdot \Delta}};$$

где  $\Delta$  - плотность заряжения ( $\Delta = 930 \text{ кг/м}^3$ );

$$d_z = 2 \cdot \sqrt{\frac{25}{3,14 \cdot 15 \cdot 930}} \approx 0,024 \text{ м.}$$

14) Диаметр скважин

$$d_{\text{скв}} \geq d_z \quad d_{\text{скв}} = 0,2 \text{ м}$$

Выбираем буровой станок СБШ-200

15) Необходимая длина заряда (м)

$$l'_{\text{зар}} = \frac{P}{e};$$

где  $e$  - вместимость 1 м скважины (кг/м)

$$e = \frac{\pi \cdot d_{\text{скв}}^2 \cdot \Delta \cdot \alpha}{4};$$

где  $\alpha$  - коэффициент заполнения ( $\alpha = 1$ );

$$e = \frac{3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 930 \cdot 1}{4} = 29,2 \text{ кг / м}$$

$$l'_{\text{зар}} = \frac{25}{29,2} \approx 0,86 \text{ м.}$$

$$l'_{зар} \leq l_{зар} \quad 0,86 м < 15 м$$

16) Длина нижнего (основного) заряда

$$l_{н.з.} = 1,2 \cdot W = 1,2 \cdot 8 = 9,6 м.$$

17) Длина воздушного промежутка

$$l_{в.пр.} = l_{зар} - \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d_{скв}^2 \cdot \Delta \cdot \alpha} = 0,86 - \frac{4 \cdot 25}{3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 930 \cdot 1} = 0,01 м.$$

Так как  $d_{скв} = d_з$ , то заряд будет сплошным.

18) Объем взрываемого блока

$$V_{бл} = 15 \cdot Q_{сут} = 15 \cdot 12330 = 184950 \text{ м}^3.$$

19) Ширина развала при однорядном взрывании

$$R = \frac{2 \cdot (c + h \cdot ctg \alpha) \cdot (h \cdot k_p - h_p)}{h_p} = \frac{2 \cdot (5 + 15 \cdot ctg 80^\circ) \cdot (15 \cdot 1,3 - 12,5)}{12,5} = 8,6 \approx 9 м.$$

20) Ширина взрываемого блока по целику, исходя из количества заходов экскаватора в развале

$$A = 1,5 \cdot R_{ч.у.} \cdot n' - R = 1,5 \cdot 11,9 \cdot 4 - 9 = 62,4 \approx 62 м.$$

21) Количество рядов скважин

а) из технологических условий работы экскаваторов в забое

$$n = \frac{1,5 \cdot R_{ч.у.} \cdot n' - W - R}{b} + 1 = \frac{1,5 \cdot 11,9 \cdot 4 - 8 - 9}{8} + 1 = 7,8 \approx 8 \text{ рядов.}$$

б) из условий техники безопасности, максимальная высота развала не должна превышать максимальную высоту черпания, т.е.

$$h_{р.мах.} = 1,5 \cdot H_{ч.мах.}, \text{ при высоте развала от первого ряда } h_p = H_{ч.мах.}$$

$$n = \frac{0,5 \cdot H_{ч.мах.} \cdot b}{h \cdot (k_p - 1)} - \frac{b^2}{b + W} - 2 = \frac{0,5 \cdot 12,5 \cdot 8}{1,5 \cdot (1,3 - 1)} - \frac{8^2}{8 + 8} - 2 = 5,1 \approx 5 \text{ рядов}$$

Принимаем минимальное значение  $n = 5$  рядов

Следовательно, необходимо откорректировать параметры забоя экскаватора:

Ширина забоя по целику

$$A = b \cdot (n - 1) + W = 8 \cdot (5 - 1) + 8 = 40 м.$$

Количество заходов экскаватора в развале

$$n' = \frac{A + R}{1,5 \cdot R_{ч.у.}} = \frac{40 + 9}{1,5 \cdot 11,9} = 2,7$$

Принимаем  $n' = 3$ .

22) Длина взрываемого блока

$$L_{\text{бл}} = \frac{V_{\text{бл}}}{h \cdot A} = \frac{184950}{15 \cdot 40} = 308 \text{ м}$$

23) Количество скважин во взрываемом блоке

$$n_{\text{скв}} = \frac{A \cdot L_{\text{бл}}}{a \cdot b} = \frac{40 \cdot 308}{7 \cdot 8} = 220$$

24) Общая длина буровых скважин в блоке

$$L_{\text{скв}} = l_{\text{скв}} \cdot n_{\text{скв}} = 15,12 \cdot 220 = 3326 \text{ м}$$

25) Время бурения блока (сутки)

$$t_{\text{бур}} = \frac{L_{\text{скв}}}{\Pi_{\text{б.ст.}}};$$

где  $\Pi_{\text{б.ст.}}$  - техническая производительность бурового станка ЗСБШ-200 ( $\Pi_{\text{б.ст.}} = 23 \text{ м/ч}$ );

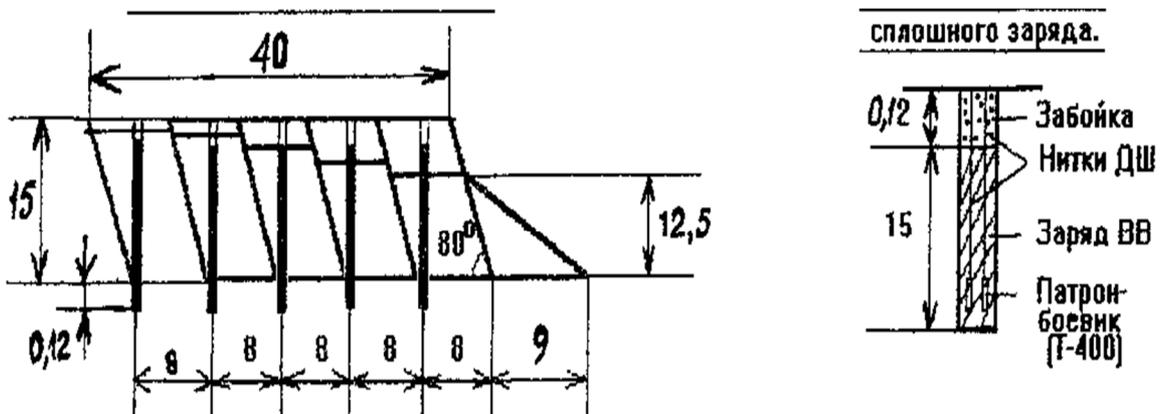
$$t_{\text{бур}} = \frac{3326}{23} \approx 144,6 \text{ часа} \approx 6 \text{ суток.}$$

26) Количество ВВ для разрушения блока

$$P_{\text{ВВ}} = q \cdot V_{\text{бл}} = 0,03 \cdot 184950 = 5548,5 \text{ кг} \approx 5,5 \text{ т.}$$

27) Количество серий в массовом взрыве, безопасном по сейсмическому воздействию на охраняемом объекте

$$N = \frac{29^3 \cdot P_{\text{ВВ}}}{L^3} = \frac{29^3 \cdot 5548}{1000^3} = 0,14$$



Результаты расчетов параметров буровзрывных работ представлены на рис.2

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

### Расчет параметров транспортных коммуникаций грузопотока

1) *Насыпная плотность транспортируемой породы (т/м<sup>3</sup>)*

$$\gamma = \frac{\rho}{k_p} = \frac{2,66}{1,4} \approx 1,9 \text{ т / м}^3.$$

2) *Принимаем БелАЗ-540А.*

3) *Параметры БелАЗа-540А:*

Грузоподъемность  $q=27\text{т};$

Вместимость кузова  $V_k=15\text{м}^3;$

Основные размеры:

длина  $L_m=7350\text{мм};$

ширина  $b=3480\text{мм};$

высота  $H_k=4500\text{мм}.$

4) *Средняя скорость движения автомобиля*

$$V_{cp} 25 \text{ км / ч.}$$

5) *Продолжительность рейса (ч)*

$$T = t_n + t_p + \frac{2 \cdot L_{mp}}{V_{cp}} + t_m;$$

где  $t_n$ -время погрузки экскаватором одного автосамосвала (ч)

$$t_n = \frac{V_k}{Q_t} = \frac{15}{734} \approx 0,02 \text{ ч.}$$

$t_p$ - время разгрузки автосамосвала ( $t_p=0,017\text{ч}$ );

$t_m$  -время затрачиваемое на маневры в забое и пункте разгрузки ( $t_m=0,017$ );

$$T = 0,02 + 0,017 + \frac{2 \cdot 2}{25} + 0,017 \approx 0,21 \text{ ч.}$$

б) *Техническая производительность автосамосвала (т/ч)*

$$Q_t = q \cdot n_p \cdot k_z;$$

где  $n_p$ -число рейсов в час

$$n_p = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,21} \approx 4,8.$$

$k_r$ - коэффициент использования грузоподъемности ( $k_r = 0,95$ );

$$Q_t = 27 \cdot 4,8 \cdot 0,95 = 123,12 \approx 123 \text{ т / ч.}$$

7) *Эксплуатационная производительность автосамосвала (т/см)*

$$Q_{cm} = Q_t \cdot T \cdot k_u;$$

где  $K_u$  - коэффициент использования автосамосвала в смену ( $K_u = 0,7$ );

$$Q_{см} = 123 \cdot 8 \cdot 0,7 = 688,8 \approx 689 \text{ т/см};$$

8) Годовая производительность автосамосвала (т/год)

$$Q_{год} = Q_{см} \cdot N \cdot k_{м.г.};$$

где  $k_{м.г.}$  - коэффициент технической готовности по суточному режиму эксплуатации ( $k_{м.г.} = 0,9$ )

$$Q_{год} = 689 \cdot 305 \cdot 0,9 = 189130 \text{ т/год}.$$

9) Количество автосамосвалов, необходимое для обслуживания одного экскаватора

$$N = \frac{T}{t_{п}} = \frac{0,21}{0,02} \approx 10,5$$

Принимаем  $N=11$

10) Рабочий парк автосамосвалов

$$N = \frac{W_{з.о.} \cdot k_{н.}}{Q_{см} \cdot n}$$

где  $W_{з.о.}$  - грузооборот карьера в сутки (т/сут)

$$W_{з.о.} = Q_{см} \cdot n \cdot \gamma \cdot n_{экс};$$

где  $n_{экс}$  - число экскаваторов на карьере ( $n_{экс}=1$ );

$$W_{з.о.} = 4110 \cdot 3 \cdot 1,9 \cdot 1 = 22194 \text{ т/сут}.$$

$k_{н}$  - коэффициент работы транспорта ( $k_{н}=1,1$ );

$$N_p = \frac{22194 \cdot 1,1}{689 \cdot 3} \approx 12$$

Принимаем  $N_p=12$

11) Инвентарный парк автосамосвалов

$$N_u = \frac{N_p}{k_T};$$

где  $k_T$  - коэффициент технической готовности автопарка ( $k_T=0,9$ );

$$N_u = \frac{12}{0,9} = 13,3$$

Принимаем  $N_u=13$

12) Пропускная способность полосы автодороги в одном направлении (рейсов)

$$\Pi = \frac{1000 \cdot V_{ср}}{k_D \cdot S};$$

где  $k_D$  - коэффициент неравномерности движения ( $k_D = 1,5$ );

$S$  - интервал между автосамосвалами (м)

$$S = 0,278 \cdot V_{ср} \cdot t_{реак} + \frac{3,9 \cdot (1-\gamma) \cdot V_{ср}^2}{(1000 \cdot \Psi_m + \omega_o - i)} + L_m;$$

где  $t_{реак}$  - время реакции водителя и время приведения тормозов в

действие ( $t_{\text{реак}} = 1,5 \text{ с}$ );

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля (для автомобилей с гидромеханической трансмиссией  $\gamma = 0,02$ );

$\omega_0$  - удельное основное сопротивление движению автомобиля ( $\omega_0 = 60 \text{ Н/кН}$ );

$\psi_T$  - коэффициент сцепления колес с дорогой при торможении ( $\psi_T = 0,25$ );

$i$ -уклон автодороги ( $i = 60 \text{ ‰}$ );

$$S = 0,278 \cdot 25 \cdot 1,5 + \frac{3,9 \cdot (1 - 0,02) \cdot 25^2}{(1000 \cdot 0,25 + 60 - 60)} + 7,3 \approx 27 \text{ м};$$

$$\Pi = \frac{1000 \cdot 25}{1,5 \cdot 27} \approx 618 \text{ рейсов.}$$

13) Провозная способность дороги (т/сут)

$$M_{\text{пр}} = \frac{\Pi_{\text{о.у.}} \cdot q}{f_p};$$

где  $f_p$  - коэффициент резерва пропускной способности ( $f_p = 2$ );

$\Pi_{\text{о.у.}}$  - пропускная способность ограничивающего участка дороги (автомобилей/сут)

$$\Pi_{\text{о.у.}} = \Pi \cdot T \cdot n = 618 \cdot 8 \cdot 3 = 14832 \text{ автомобилей / сут.}$$

$$M_{\text{пр}} = \frac{14832 \cdot 27}{2} = 200232 \text{ т / сут.}$$

14) Ширина проезжей части при двухполосном движении (м) (см. рис.3)

$$B = 2 \cdot b \cdot k \cdot v + G;$$

где  $k \cdot v$  - коэффициент, учитывающий суммарную скорость встречных автомобилей ( $k \cdot v = 1,75$ );

$G$  - величина, учитывающая габариты автомобиля ( $G = 1$ )

$$B = 2 \cdot 3,48 \cdot 1,75 + 1 \approx 14 \text{ м.}$$

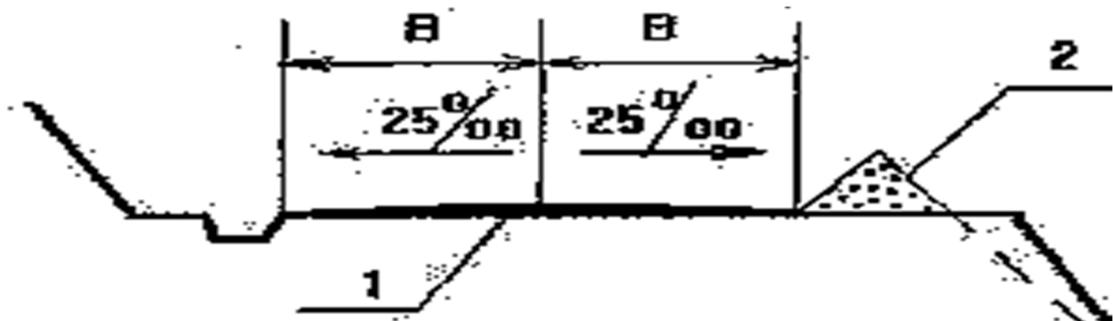


Рис.3 Профиль автодороги на уступе.

1-транспортная полоса;

2- предохранительный вал.

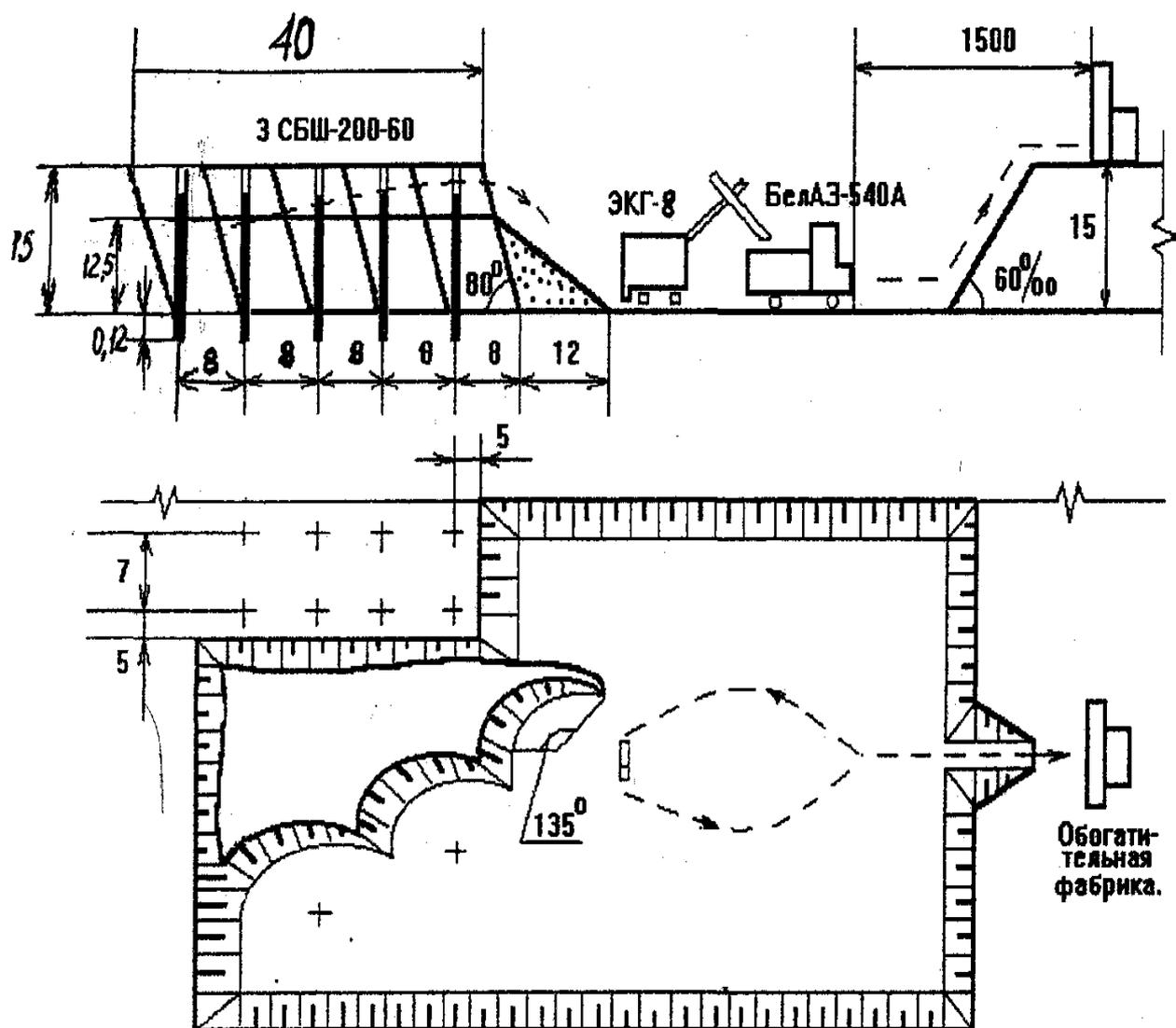


Рис.4 Схема добычного технологического потока.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

### Определение параметров технологии разработки пологих месторождений

#### Определение параметров технологии перевалки вскрыши в выработанное пространство вскрышной мехлопатой

На пологих месторождениях самые большие затраты приходятся на разработку и уборку вскрышных пород, поэтому здесь системы разработки различают по применяемому оборудованию на вскрышных работах.

Чаще всего используются сплошные системы разработки:

- с перевалкой (одноразовой) породы экскаваторами во внутренний отвал;
  - с кратной перевалкой породы экскаваторами во внутренний отвал;
  - с перемещением породы во внутренний отвал отвалообразователями;
  - с перевозкой породы транспортом во внутренний отвал;
  - с перевозкой породы транспортом во внешний отвал;
  - с частичной перевозкой транспортом породы во внешний отвал и с частичной перевалкой - во внутренние отвалы;
- комбинированные системы.

#### Технология перевалки вскрыши в выработанное пространство вскрышной мехлопатой

Вскрышной экскаватор устанавливают на кровле пласта руды и извлекают всю толщу вскрышных пород одним уступом. Вслед за подвиганием этого забоя ведется добыча руды.

Расчет этой технологической схемы заключается в выборе необходимых рабочих параметров вскрышных экскаваторов в зависимости от мощности пласта пустых пород и из условия равенства объемов породы в экскаваторной заходке ( $V_1$ ) и в отвале ( $V_2$ ).

$$V_1 = B \cdot H \cdot K_p$$

$$V_2 = B \cdot H_0 - 0.25 \cdot B^2 \cdot \operatorname{tg} \beta$$

где  $B$  - ширина заходки, м;

$H$  - мощность пласта вскрыши, м;

$K_p$  - коэффициент разрыхления;

$H_0$  - высота отвала, м;

$\beta$  - угол откоса отвала, град.

Т.к.  $V_1 = V_2$ , то предельная мощность пласта вскрышных пород равна:

$$H_{max} = \frac{(H_0 - 0.25 \cdot B \cdot tg\beta)}{k_p}$$

Радиус разгрузки экскаватора:

$$R_p = c + d + h \cdot ctg\alpha + H_0 \cdot ctg\alpha$$

где  $c$  - расстояние от оси экскаватора до верхней бровки рудного уступа, м;

$d$  - ширина свободного выработанного пространства, м;

$h$  - мощность рудного пласта, м;

$\alpha$ - угол откоса рудного уступа, град.

Отсюда максимальная высота отвала:

$$H_0 = (R_p - c - d - h \cdot ctg\alpha) \cdot tg\beta$$

и максимальная мощность извлекаемого пласта пустых пород:

$$H_{max} = \frac{R_p - (c - d - h \cdot ctg\alpha + 0.25 \cdot B)}{K_p \cdot ctg\alpha}$$

### Технология перевалки вскрыши с применением драглайнов

Драглайны располагают на кровле вскрышного пласта или на кровле пласта руды или на промежуточном отвале.

Радиус разгрузки драглайна

$$R_p = a + c + d + h \cdot ctg\alpha + H \cdot ctg\gamma + H_0 ctg\beta$$

Где  $a$  – ширина предохранительной бермы, м;

$c$  – расстояние от оси драглайна до верхней бровки вскрышного уступа,

м;

$d$  - ширина свободного выработанного пространства, м;

$\gamma$  – угол откоса вскрышного уступа, град.

Максимальная высота отвала

$$H_0 = \frac{R_p - (c + a + d + H \cdot ctg\gamma + hctg\alpha)}{ctg\beta}$$

Максимальная высота вскрышного уступа:

$$H_{max} = \frac{R_p - (c + a + d + hctg\alpha + 0.25B)}{K_p \cdot ctg\beta + ctg\gamma}$$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15

### Технология разработки с кратной перевалкой породы на отвал

Расстояние между экскаваторами должно быть не менее суммы их максимальных радиусов черпания и разгрузки, например,  $R > 2R_p$ .

Радиус черпания второго экскаватора:

$$R_{\text{ч}} = b_1 + c_1 + d + H_0^1 \cdot \text{ctg}\beta, \text{ м}$$

Радиус разгрузки второго экскаватора:

$$R_p = b_1 + c_1^1 + H_0^{11} \cdot \text{ctg}\beta$$

Глубина черпания:  $H_{\text{ч}} > H_0^1$

Высота разгрузки:  $H_p > H_0^1$

Производительность второго драглайна зависит от фактической производительности первого экскаватора и коэффициента переэкскавации:

$$Q_2 = Q_1 \cdot K_{\text{пер}}, \text{ м}^3/\text{час}$$

где  $K_{\text{пер}}$  - коэффициент переэкскавации:

$$K_{\text{пер}} = \frac{V_{\text{пер}}}{V}$$

$V_{\text{пер}}$  - переэкскавируемый объем вскрыши:

$$V_{\text{пер}} = L_1 \cdot (H_0 - 0.25 \cdot L_1 \cdot \text{tg}\beta), \text{ м}$$

$V$  - объем вскрыши с 1 пм длины экскаваторной заходки:

$$V = A \cdot H \cdot K_p, \text{ м}^3$$

$L_1$  - ширина экскаваторной заходки по руде

$$L_1 = d + h \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\beta), \text{ м}$$

### 3. Технология разработки с перемещением вскрыши отвалообразователями

Самоходные консольные отвалообразователи применяют на карьерах с роторными или цепными многочерпаковыми экскаваторами, где порода складывается во внутренние отвалы. Параметры системы разработки зависят от типоразмера отвалообразователя - высоты подъема и радиуса его разгрузки. Транспортно-отвальные мосты применяют на пологих залежах с мощностью пластов до 20-25 м. Технология разработки аналогична технологии с консольными отвалообразователями. Дальность перемещения породы может достигать 500 м с одним приводом транспортера.

### **Технология разработки с перевозкой транспортом вскрыши во внутренний отвал**

Перевозка породы во внутренний отвал осуществляется на глубоких карьерах с выемкой пологого пласта руды сразу на всю мощность. В этом случае используются многочерпаковые или роторные экскаваторы на вскрыше, а порода перевозится во внутренний отвал железнодорожным или конвейерным транспортом. В первоначальный период, когда нет в карьере выработанного пространства (не извлечена на какой-то площади руда), пустые породы вывозят на внешний отвал.

### **Технология разработки с перевозкой породы транспортом на внешние отвалы**

Эту технологию применяют тогда, когда невозможно разместить породные отвалы в выработанном пространстве карьера, т.е. при большой мощности рудного пласта или при крутом и наклонном падении залежи. Также эта система применяется на пологих залежах строительных материалов с небольшой мощностью покрывающих пород (после рекультивации этот карьер заполняется водой и служит зоной отдыха местных жителей).

### **Технология разработки с перевозкой породы транспортом частично во внешние, частично во внутренние отвалы**

Технология используется при разработке глубоких, с мощной толщиной руды, и протяженных карьеров, когда всю вскрышу физически невозможно разместить во внутренние отвалы. Или когда залежь представлена двумя пластами, тогда породу внешней вскрыши вывозят на внешние отвалы, а породу из пропласта - на внутренние.

### **Технология разработки с перевалкой и перевозкой породы во внутренние отвалы**

Эта комбинированная технология используется на карьерах со значительной мощностью покрывающих пород. Тогда одна часть объема вскрыши перемещается на первый ярус внутреннего отвала бестранспортным способом (с помощью отвалообразователей, конвейеров), а другая часть объема вскрыши с первого яруса переэкскавируется на второй ярус внутреннего отвала.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16

### Расчет необходимого количества горного оборудования

Расчет необходимого количества горнотранспортного оборудования выполняют исходя из его производительности, заданных годовых объемов вскрышных пород и полезного ископаемого.

Необходимое количество буровых станков в работе (рабочий парк):

- по вскрыше:

$$N_{\text{брв}} = \frac{V_{\text{бв}}}{P_{\text{год,в}}} \quad (1)$$

- по полезному ископаемому:

$$N_{\text{брп}} = \frac{V_{\text{бп}}}{P_{\text{год,п}}} \quad (2)$$

где  $P_{\text{год,в}}$ ,  $P_{\text{год,п}}$  - соответственно годовая производительность бурового станка по скальным породам и полезному ископаемому, м/год;

$V_{\text{бв}}$ ,  $V_{\text{бп}}$  - соответственно годовой объем бурения по коренным породам и полезному ископаемому, м/год.

$$\begin{aligned} V_{\text{бв}} &= \frac{V_{\text{к}}}{\eta_{\text{к}}} \\ V_{\text{бп}} &= \frac{A\rho_{\text{пи}}}{\eta_{\text{пи}}} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $V_{\text{к}}$ ,  $A$  - соответственно годовой объем по коренным породам ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) и полезному ископаемому ( $\text{т}/\text{год}$ ) (в соответствии с заданием);  $\rho_{\text{пи}}$  - плотность полезного ископаемого ( $\rho_{\text{пи}} = (1,35-1,5) \text{ т}/\text{м}^3$ );  $\eta_{\text{к}}$ ,  $\eta_{\text{пи}}$  - соответственно выход горной массы с 1м скважины по коренным породам и полезному ископаемому,  $\text{м}^3/\text{м}$ .

$$\eta_{\text{к}} = \frac{a_{\text{к}} \cdot b_{\text{к}} \cdot h_{\text{к}}}{l_{\text{скв.к}}} \quad \eta_{\text{пи}} = \frac{a_{\text{пи}} \cdot b_{\text{пи}} \cdot h_{\text{пи}}}{l_{\text{скв.пи}}}$$

где  $a_{\text{к}}$ ,  $b_{\text{к}}$ ,  $h_{\text{к}}$  и  $l_{\text{скв.к}}$   $a_{\text{пи}}$ ,  $b_{\text{пи}}$ ,  $h_{\text{пи}}$ ,  $l_{\text{скв.пи}}$  - соответственно расстояние между скважинами и между рядами скважин, высота уступа и длина скважин по коренным породам и полезному ископаемому, м.

Инвентарный парк буровых станков по вскрыше ( $N_{\text{бив}}$ ) и полезному

ископаемому:

$$N_{\text{бив}} = N_{\text{брв}} f_{\text{б}} \quad (5)$$

где  $f_{\text{б}}$  - коэффициент резерва буровых станков ( $f_{\text{б}} = 1,2 - 1,25$ ).

Здесь и далее величина рабочего парка машин может быть дробной, инвентарного - целой.

Необходимое количество экскаваторов в работе:

по наносам:

$$N_{\text{эри}} = \frac{V_{\text{н}}}{Q_{\text{э.год.н}}} \quad (6)$$

по коренным породам:

$$N_{\text{эрк}} = \frac{V_{\text{к}}}{Q_{\text{э.год.к}}} \quad (7)$$

по полезному ископаемому:

$$N_{\text{эрп}} = \frac{A_{\text{р.п.и}}}{Q_{\text{э.год.п}}} \quad (8)$$

где  $V_{\text{н}}$  - годовой объем наносов (в соответствии с заданием),  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $Q_{\text{э.год.н}}$ ,  $Q_{\text{э.год.к}}$ ,  $Q_{\text{э.год.п}}$  соответственно годовая производительность экскаватора по наносам, коренным породам и полезному ископаемому,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Инвентарный парк экскаваторов по наносам  $N_{\text{эин}}$ , по коренным породам  $N_{\text{эик}}$  и полезному ископаемому  $N_{\text{эип}}$ :

$$\begin{aligned} N_{\text{эин}} &= N_{\text{эри}} f_{\text{э}} \\ N_{\text{эик}} &= N_{\text{эрк}} f_{\text{э}} \\ N_{\text{эип}} &= N_{\text{эрп}} f_{\text{э}} \end{aligned} \quad (9)$$

где  $f_{\text{э}}$  - коэффициент резерва экскаваторов ( $f_{\text{э}} = 1,2 - 1,4$ ).

Необходимое количество локомотивосоставов в работе:

по наносам:

$$N_{\text{лрн}} = \frac{K_{\text{нер}} V_{\text{н}}}{Q_{\text{л.год.н}}} \quad (10)$$

по коренным породам:

$$N_{\text{лрк}} = \frac{K_{\text{нер}} V_{\text{к}}}{Q_{\text{л.год.к}}} \quad (11)$$

по полезному ископаемому:

$$N_{лрп} = \frac{K_{нер} A \rho_{пн}}{Q_{лгод.п}} \quad (12)$$

где  $Q_{лгод.н}$ ,  $Q_{лгод.к}$ ,  $Q_{лгод.п}$  – соответственно годовая производительность локомотивосостава по наносам, коренным породам и полезному ископаемому, м<sup>3</sup>/год;  $K_{нер}$  - коэффициент неравномерности работы транспорта ( $K_{нер} = 1,1-1,2$ ).

Рабочий парк думпкаров (вагонов) по наносам  $N_{дн}$ , коренным породам  $N_{дк}$  и полезному ископаемому  $N_{дп}$ :

$$N_{дн} = N_{лрп} n_{дн}; \quad N_{дк} = N_{лрп} n_{дк}; \quad N_{дп} = N_{лрп} n_{дп} \quad (13)$$

где  $n_{дн}$ ,  $n_{дк}$ ,  $n_{дп}$  - соответственно число думпкаров (вагонов) в поезде при транспортировании наносов, коренных пород и полезного ископаемого, шт.

Инвентарный парк локомотивов и думпкаров (вагонов) принимают на 20-25% больше рабочего парка.

Необходимое число рабочих автосамосвалов для обеспечения эффективной работы  $n$  экскаваторов по видам работ: по наносам  $N_{арн}$ , коренным

породам  $N_{арк}$ ; полезному ископаемому  $N_{арп}$ :

$$N_{арн} = \sum_{i=1}^n N_{ан}; \quad N_{арк} = \sum_{i=1}^n N_{ак}; \quad N_{арп} = \sum_{i=1}^n N_{ап}; \quad (14)$$

где  $N_{ан}$ ,  $N_{ак}$ ,  $N_{ап}$  - соответственно число автосамосвалов, необходимое для использования в комплекте с одним экскаватором, работающим на экскавации наносов, коренных пород и полезного ископаемого, шт.

Инвентарный парк автосамосвалов, с учетом находящихся в ремонте и техническом обслуживании, принимают на 20-30% больше рабочего.

Количество рабочих экскаваторов на отвале:

$$N_{зор} = \frac{(V_k + V_n)}{1,25 Q_{эгод.к}} \quad (15)$$

Общее количество экскаваторов на отвале (инвентарный парк):

$$N_{зoi} = f_o N_{зор} \quad (16)$$

где  $f_o$  - коэффициент резерва экскаваторов на отвале ( $f_o = 1,1-1,3$ ).

Количество рабочих бульдозеров на отвале:

$$N_{\text{бор}} = \frac{(V_{\text{к}} + V_{\text{н}})K_{\text{зв}}}{Q_{\text{б.год}}} \quad (17)$$

где  $K_{\text{зв}}$  - коэффициент заваленности отвала породой ( $K_{\text{зв}} = 0,6-0,7$ );  
 $Q_{\text{б.год}}$  - годовая производительность бульдозера на отвале ( $Q_{\text{б.год}} = 1500000-2100000$ ), м<sup>3</sup>/Год.

Инвентарный парк бульдозеров:

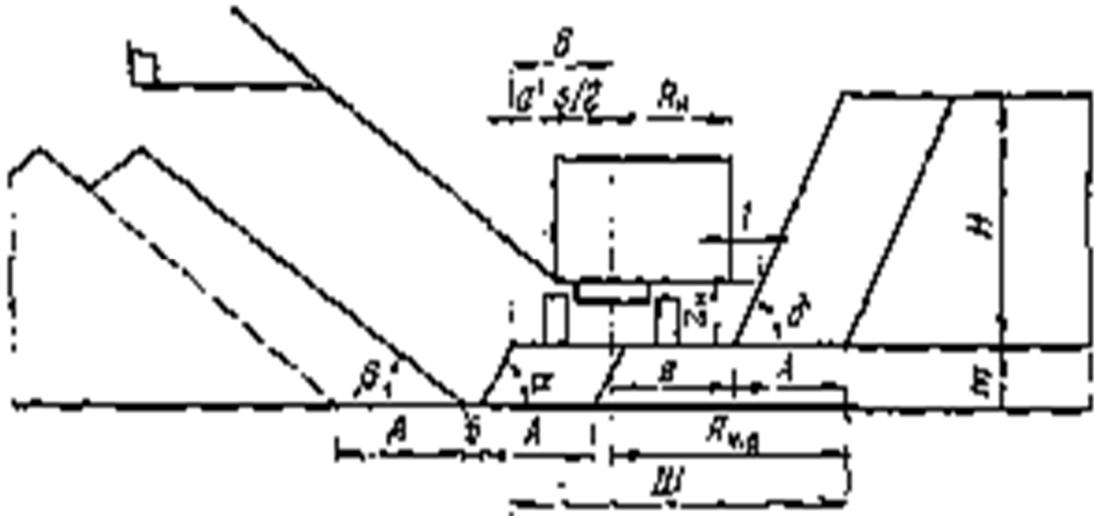
$$N_{\text{био}} = f_{\text{бо}} N_{\text{бор}} \quad (18)$$

где  $f_{\text{бо}}$  - коэффициент резерва бульдозеров на отвале ( $f_{\text{бо}} = 1,3-1,4$ )

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17

### Определение параметров бестранспортной системы разработки

**Пример.1.** Определить максимальную ширину заходки  $A$  и ширину рабочей площадки  $Ш_{р.п.}$  при работе экскаватора ЭВГ-15 с перевалкой вскрыши в выработанное пространство.



**Рис. 1.** Схема перевалки пород мехлопатой при холостых переходах экскаватора.

Отработку угля и вскрыши ведут в одном блоке. Для обратного холостого прохода экскаватора на кровле пласта оставляют площадку (рис.1), 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;  $e_{min} = R_k + 1 - z_k \cdot ctg \delta = e_{min}$  – 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  $R_{ч.у} = 20.5$  м;

$R_k = 12$  м;  $z_k = 6$  м.

$$e_{min} = 12 + 1 - 6 \cdot ctg 60^\circ = 9.5 \text{ м};$$

$$A = 20,5 - 9,5 = 11 \text{ м.}$$

Ширина рабочей площадки

$$Ш = a' + \frac{S}{2} + e + A$$

где  $a'$  – минимальное расстояние от ходового устройства экскаватора до верхней бровки добычного уступа, принимаемое не менее  $2 \div 3$  м;

$S$  – ширина хода экскаватора (у ЭВГ-15,  $s=13,5$  м).

$$Ш = 2 + \frac{13,5}{2} + 9,5 + 11 = 29 \text{ м}$$

**Пример.2.** Определить скорость подвигания фронта работ и возможную производительность карьера по полезному ископаемому.

Вскрышной уступ высотой  $H=20$  м отрабатывают по простой бестранспортной схеме экскаватором ЭШ-15/90; годовая производительность экскаватора  $Q_a=3,5$  млн.  $m^3$ , длина фронта работ по вскрыше  $L_{ф.в}=2000$  м, по добыче  $L_{ф.д}=1950$  м; средняя мощность пласта полезного ископаемого  $m=3$  м; плотность  $\gamma=1,2$  т/ $m^3$ : коэффициент извлечения  $K_{изв}=0,95$ .

**Решение.** Скорость подвигами фронта работ

$$v_{\phi} = \frac{Q_z}{L_{\phi.в} \cdot H} = \frac{3500000}{2000 \cdot 20} = 87,5 \text{ м/год}$$

Производительность карьера по начатому ископаемому

$$Q_{\text{пн}} = L_{\phi.д} \cdot m K_{изв} \gamma = 3 \cdot 1950 \cdot 87,5 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 583,5 \text{ тыс. т/год}$$

**Пример.3.** Определить ширину рабочей площадки  $Ш$ , ширину заходки  $A$  и максимальную высоту вскрышного уступа при работе экскаватора ЭВГ-15 с перевалкой вскрыши в выработанное пространство.

Рабочий ход экскаватора – прямой и обратный; полезное ископаемое доставляют железнодорожным транспортом по кровле пласта (рис. 2); мощность горизонтально залегающего пласта полезного ископаемого  $m = 3$  м; углы устойчивых откосов добычного уступа  $\alpha = 60^\circ$ , вскрышного уступа  $\delta = 60^\circ$ , отвала  $\beta = 35^\circ$ ; коэффициент разрыхления пород в отвале  $K_p=1,22$ ; площадку на почве пласта не оставляют ( $B=0$ ).

**Решение.** Ширина рабочей площадки.

$$Ш = a' + \frac{S}{2} + e$$

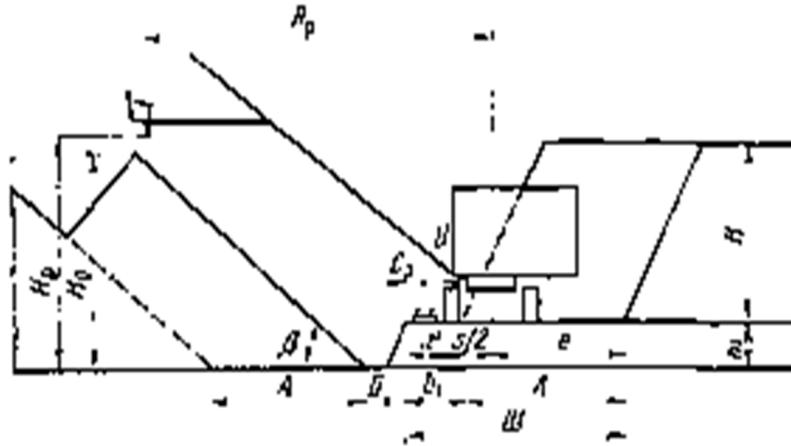
где  $e$  – расстояние от оси экскаватора до нижней бровки вскрышного уступа, м;  $s$  – ширина хода экскаватора, м;  $a$  – расстояние от верхней бровки уступа полезного ископаемого до ходового устройства экскаватора, м.

$$e_{\text{min}} = R_k + 1 - z_k \text{ctg} \delta = 9,5 \text{ м};$$

$$e_{\max} = R_{ч.у} = 20,5 \text{ м};$$

$$a' = C_3 + b' = 2,5 + 1,5 = 4 \text{ м},$$

где  $C_3$  – минимальное расстояние от оси пути до бровки добычного уступа, составляющее по действующим нормативам безопасности 2,5 м;  $b'$  – минимальное расстояние от оси пути до ходового устройства экскаватора  $b' = 1,5$  м.



**Рис. 2. Схема перевалки пород мехлопатой.**

Минимальная ширина рабочей площадки  $Ш_{\min} = 4 + 13/2 + 9,5 = 20$  м;  
максимальная ширина рабочей площадки  $Ш_{\max} = 4 + 13/2 + 20,5 = 31$  м.

Ширина заходки экскаватора

$$A = Ш - b_T,$$

где  $b_T = C_3 + b'' = 2,5 + 2,5 = 5$  м – ширина транспортной бермы;

$b''$  – расстояние от оси пути до нижней бровки вскрышного уступа (при отсутствии контактной сети  $b'' = 2 \div 3$  м).

$$A_{\max} = 31 - 5 = 26 \text{ м}; \quad A_{\min} = 20 - 5 = 15 \text{ м}.$$

Возможная высота отвала по радиусу разгрузки экскаватора

$$H_0 \leq (R_{p\max} - B - m \cdot \text{ctg} \alpha - B) / \text{ctg} \beta,$$

где  $R_{p\max}$  – максимальный радиус разгрузки экскаватора. м,

$B = a' + s/2 = 4 + 13/2 = 10,5$  м – расстояние от оси движения экскаватора до верхней бровки добычного уступа.

$$H_0 \leq (37,8 - 10,5 - 3 \text{ ctg} 60^\circ - 0) / \text{ctg} 35^\circ; \quad H_0 \leq 17,7 \text{ м}.$$

Возможная высота отвала по высоте разгрузки экскаватора  $H_p$ , соответствующей максимальному радиусу разгрузки,

$$H_0 \leq H_p + m; \quad H_0 \leq 15 + 3; \quad H_0 \leq 18 \text{ м}.$$

Принимаем меньшее значение:  $H_0 = 17,7$  м.

Максимальная мощность вскрышного уступа

$$H = (H_0 - 0,25A \cdot \text{tg} \beta) / K_p.$$

При заходке максимальной ширины  $A = 26$  м.

$$H = (17,7 - 0,25 \cdot 26 \cdot \text{tg} 35^\circ) / 1,22 = 10,9 \text{ м}.$$

При заходке минимальной ширины  $A = 15$  м.

$$H = (17,7 - 0,25 * 15 * \operatorname{tg} 35^\circ) / 1,22 = 12,3 \text{ м.}$$

**Пример.4.** Определить ширину заходки  $A$ , максимальную высоту вскрышного уступа  $H$  и потери угля в целиках при работе экскаватора ЭВГ-35/65 по схеме, приведенной на рис.3.

Мощность угольного пласта  $m=5$  м; углы устойчивого откоса добычного уступа  $\alpha=60^\circ$ , вскрышного уступа  $\delta=60^\circ$ , отвала  $\beta_1=37^\circ$ ; коэффициент разрыхления пород в отвале  $K_p=1,33$ ; рабочий ход экскаватора прямой и обратный; транспортирование угля по почве пласта осуществляют автосамосвалами, берму на кровле пласта не оставляют.

**Решение.** Расстояние от оси экскаватора до верхней бровки добычного уступа

$$B = s/2 + a' = 20,8/2 + 3 = 13,4 \text{ м.}$$

При ширине заходке  $A = 29$  м,  $\Pi_y = 100 * 5^2 \operatorname{ctg} 60^\circ / 5 * 29 = 10$  %; при ширине заходки  $A = 50,4$  м,  $\Pi_y = 100 * 5^2 \operatorname{ctg} 60^\circ / 5 * 50,4 = 5,75$  %;

**Пример.5.** Определить максимальную высоту вскрышного уступа  $H$ , отрабатываемого по простой бестранспортной схеме (рис.4) драглайном ЭШ-40/85.

Мощность горизонтального пласта полезного ископаемого  $m=6$  м; углы устойчивого откоса добычного уступа  $\alpha = 60^\circ$ , вскрышного уступа  $\delta = 50^\circ$ , отвала  $\beta_1 = 34^\circ$ ; коэффициент разрыхления пород  $K_p=1,2$ ; транспорт полезного ископаемого по почве пласта автомобильный.

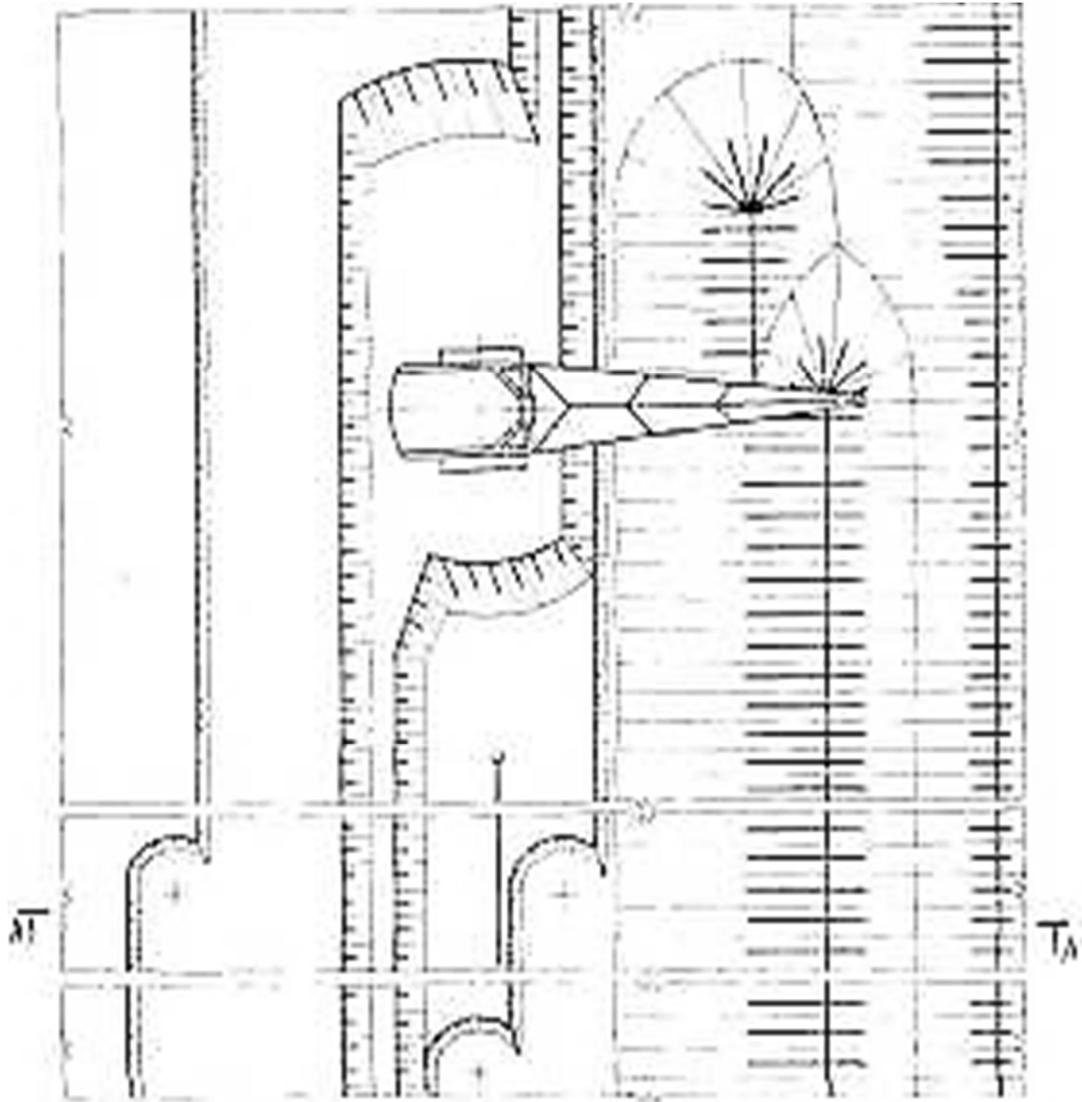
**Решение.**

$$H = \frac{\{R_{p \max} - (B + b + m * \operatorname{ctg} \alpha + B + 0,25A) + H_2 \operatorname{ctg} \delta\}}{(K_p \operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \delta)}$$

где  $R_{p \max}$  – максимальный радиус разгрузки вскрышного экскаватора, м;

$B = s/2 + a'$  – расстояние от оси экскаватора до верхней бровки вскрышного уступа, м;  $s$  – ширина хода экскаватора, м;  $a'$  – минимальное расстояние от ходового устройства экскаватора до верхней бровки вскрышного уступа, которое принимают обычно равным  $0,2$  высоты вскрышного уступа, но не менее  $3$  м;  $b$  – ширина бермы на кровле пласта, м (при транспортировании полезного ископаемого по почве может быть равной  $0$ );  $B = b_k + T + X'$  – ширина площадки по почве пласта, м;  $b_k$  – ширина водоотводной канавки поверху, м (при благоприятных гидрогеологических условиях или при устройстве закрытого дренажа можно принимать  $b_k = 0$ );  $T$  – ширина транспортной полосы, м (при устройстве автодороги позади добычного экскаватора  $T=0$ );  $X'$  – ширина развала при взрывании полезного ископаемого, м (при взрывании на встряхивание обычно  $X'=0,5$  м, при отсутствии взрывных работ  $X' = 0$ );  $A$  – ширина заходки, м (обычно принимается в пределах  $0,4—0,6$  максимального радиуса черпания вскрышного драглайна);  $H_2$  – высота верхнего вскрышного

уступа [обычно  $H_2=(0,4-0,6)H_{pmax}$ , когда производительность драглайна при верхнем черпании снижается незначительно; максимальное значение  $H_2=(0,74-0,8)H_{pmax}$ ];  $H_{pmax}$  - максимальная высота разгрузки вскрышного драглайна, м.



**Рис.4. Схема перевалки пород драглайном.**

$$H = (82 - (19 + 0 + 6 \operatorname{ctg} 60^\circ + 0 + 0,25 * 40) + 18 \operatorname{ctg} 50^\circ) / (1,2 \operatorname{ctg} 34^\circ + \operatorname{ctg} 50^\circ) = 32 \text{ м.}$$

**Задача. 1.** Определить максимальную ширину заходки  $A$  и ширину рабочей площадки  $Ш_{p.n.}$  при работе экскаватора ЭКГ-15 с перевалкой вскрыши в выработанное пространство.

Отработку угля и вскрыши ведут в одном блоке. Для обратного холостого прохода экскаватора на кровле пласта оставляют площадку (рис.1), Транспортирование угля по кровле пласта осуществляют автосамосвалами; угол устойчивого откоса вскрышного уступа  $\delta = 60^\circ$ .

**Задача. 2.** Определить максимальную ширину заходки  $A$  и ширину рабочей площадки  $Ш_{p.n.}$  при работе экскаватора ЭКГ-12,5 с перевалкой вскрыши в выработанное пространство.

Отработку угля и вскрыши ведут в одном блоке. Для обратного холостого прохода экскаватора на кровле пласта оставляют площадку (рис.1), Транспортирование угля по кровле пласта осуществляют железнодорожными транспортом; угол устойчивого откоса вскрышного уступа  $\delta = 60^\circ$ .

**Задача. 3.** Определить скорость подвигания фронта работ и возможную производительность карьера по полезному ископаемому.

Вскрышной уступ высотой  $H=20$  м отработывают по простой бестранспортной схеме экскаватором ЭКГ-15; годовая производительность экскаватора  $Q_a=4,5$  млн.  $m^3$ , длина фронта работ по вскрыше  $L_{ф.в}=2000$  м, по добыче  $L_{ф.д}=1950$  м; средняя мощность пласта полезного ископаемого  $m=3$  м; плотность  $\gamma=1,2$  т/ $m^3$ ; коэффициент извлечения  $k_{изв}=0,95$ .

**Задача. 4.** Определить ширину рабочей площадки  $Ш$ , ширину заходки  $A$  и максимальную высоту вскрышного уступа при работе экскаватора ЭКГ-12,5 с перевалкой вскрыши в выработанное пространство. Рабочий ход экскаватора прямой и обратный; полезное ископаемое доставляют железнодорожным транспортом по кровле пласта (рис. 11.2); мощность горизонтально залегающего пласта полезного ископаемого  $m=3$  м; углы устойчивых откосов добычного уступа  $\alpha=70^\circ$ , вскрышного уступа  $\delta=50$ , отвала  $\beta=47^\circ$ ; коэффициент разрыхления пород в отвале  $K_p=1,22$ ; площадку на почве пласта не оставляют ( $B=0$ ).

**Задача. 5.** Определить ширину заходки  $A$ , максимальную высоту вскрышного уступа  $H$  и потери угля в целиках при работе экскаватора ЭВГ-35/65 по схеме, приведенной на рис. 11.3.

Мощность угольного пласта  $m=5$  м; углы устойчивого откоса добычного уступа  $\alpha=65^\circ$ , вскрышного уступа  $\delta=70^\circ$ , отвала  $\beta_1=47^\circ$ ; коэффициент разрыхления пород в отвале  $K_p=1,33$ ; рабочий ход экскаватора прямой и обратный; транспортирование угля по почве пласта осуществляют автосамосвалами, берму на кровле пласта не оставляют.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18

### Определение параметров транспортной системы разработки

**ПРИМЕР 1.** Определить минимальную ширину рабочей площадки при выемке мягких вскрышных пород экскаватором ЭКГ-8И с применением железнодорожного транспорта (рис. 1).

**Решение.**

$$Ш = A + C_2 + E + C_1 + П_э + П ,$$

где  $A = a_1 + a_2$  - ширина экскаваторной заходки;

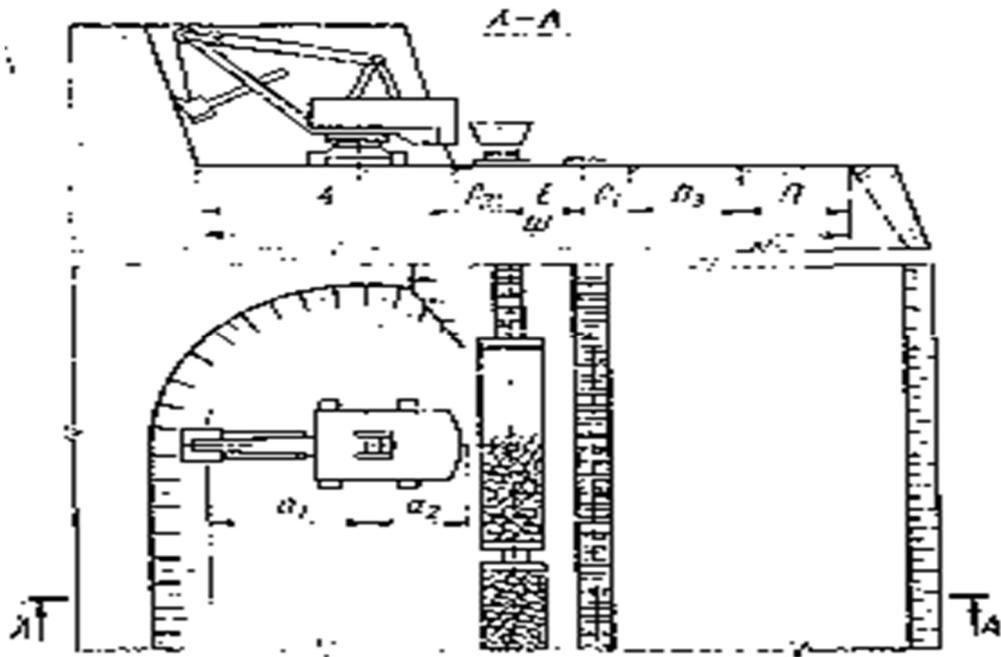
$C_2$  - расстояние от оси пути до нижней бровки уступа, м;

$E$  - расстояние между осями железнодорожных путей при тепловозной и дизель-электрической тяге  $E=4,5 \text{ м}^3$ ,

при использовании контактных электровозов  $E=7\div 8,5 \text{ м}^3$  (меньшая цифра - при погрузке экскаватором ЭКГ-4,6, большая - ЭКГ-12,5),

при однопутном пути  $E = 0$ ;  $C_1$  - расстояние от оси пути до полосы электроснабжения (при тепловозной и дизель-электрической тяге  $C_1=2,5 \text{ м}$ , при контактных электровозах  $C_1=5\div 6 \text{ м}$ );

$П_э$  и  $П$  - ширина полос соответственно для размещения устройств электроснабжения и дополнительного оборудования, принимается в сумме в пределах  $6\div 12 \text{ м}$ .



**Рис.1.** Схема разработки мягких пород мехлопаты при железнодорожном транспорте.

Ширина внутренней части заходки ограничивается условиями черпания

$$\alpha_1 \leq R_{ч.у}; \quad \alpha_1 \leq 12,2 \text{ м}$$

и условиями безопасного вращения экскаватора

$$\alpha_1 \geq 7\text{м}, \quad \alpha_1 \geq R_{ч.у} + 1 - z \cdot \text{ctg}\alpha; \quad \alpha_1 \geq 7,6 + 1 - 2,8 \text{ctg}60^\circ;$$

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 поворотной платформой экскаватора, м;

$\alpha$  - угол откоса уступа, градус.

Ширина внешней части заходки ограничивается условиями нормального без выталкивания породы черпания:  $\alpha_2 \leq 0,7R_{ч.у}; \alpha_2 \leq 0,7 * 12,5; \alpha_2 \leq 8,5 \text{ м}$ .

Принимаем ширину заходки экскаватора максимальной с целью сокращения чистоты передвижек забойного пути:

$$A = 12,2 + 8,5 = 20,7 \text{ м}.$$

Минимальная ширина рабочей площадки;

при одноколейном железнодорожном пути

$$\text{Ш} = 20,7 + 3 + 2,5 + 6 + 6 = 38,2 \text{ м}.$$

при двухколейном

$$\text{Ш} = 20,7 + 3 + 4,5 + 2,5 + 6 + 6 = 42,7 \text{ м}.$$

**ПРИМЕР 2.** Определить максимальную высоту уступа и ширину рабочей площадки при верхней погрузке мягких пород в думпкары 2ВС-105 экскаватором ЭКГ-6,3у (рис. 2).

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:

$$h \leq H_p - (h_d + c_1 + h_p)$$

$$h \leq (R_p - \alpha_1 - C_3) \text{tg} \alpha_0$$

$$h \leq (R_p - 9 - 2,5) \text{tg} 45^\circ; \quad h \leq R_p - 11,5; \quad (1)$$

$$h \leq H_p - 3,4 - 0,4 - 0,5; \quad h \leq H_p - 4,3; \quad (2)$$

где  $H_p$  и  $R_p$  высота разгрузки и соответствующий ей максимальный радиус разгрузки, приведенные для экскаватора ЭКГ – 6,3у на рис. 3.;

$h_d$  – 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

$$a_1 \geq 9 \text{ м}, \quad a_1 \geq R_k + 1 - z_k \cdot \text{ctg} \alpha; \quad a_1 \geq 10 + 1 - 3,3 \text{ctg} 60^\circ;$$

где  $R_k$  – радиус вращений кузова экскаватора, м;

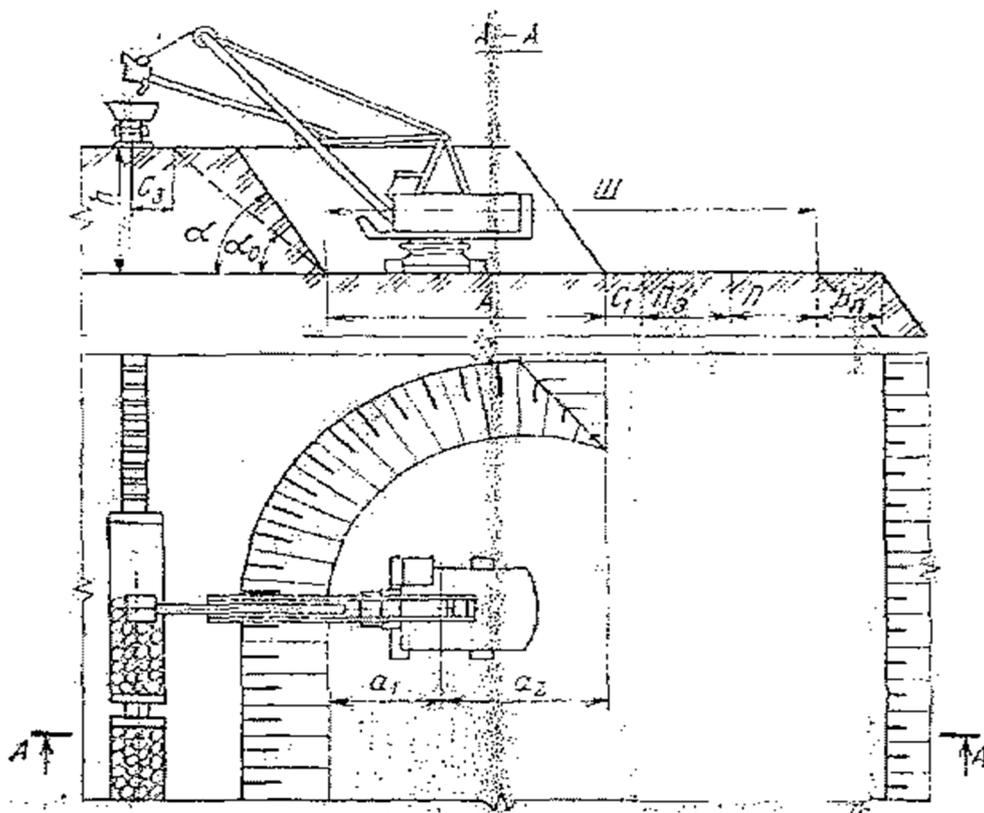
$z_k$  – просвет под поворотной платформой, м);

$C_3 = 2,5 \text{ м}$  – минимальное по нормативам безопасности расстояние от оси пути до верхней бровки уступа или линий возможного обрушения.

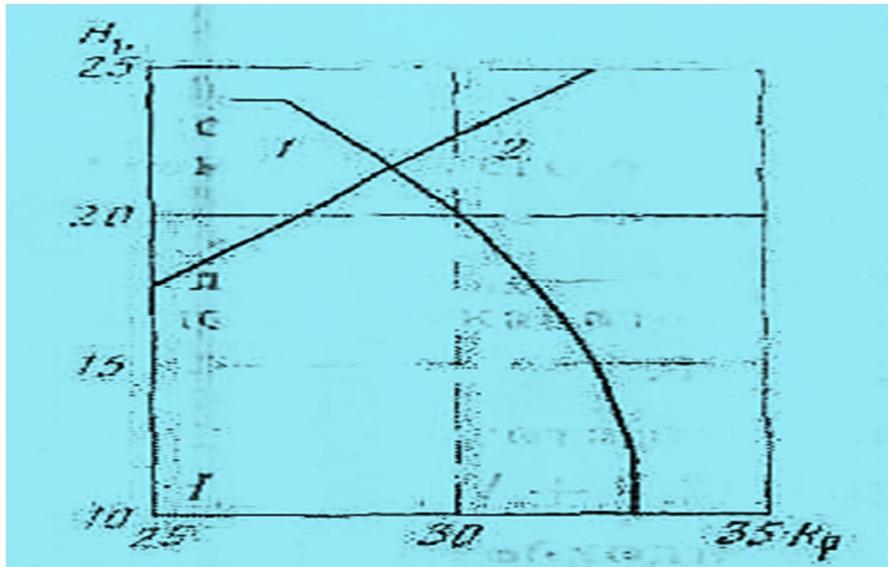
Максимальная высота уступа определяется совместным решением зависимостей (1) и (2) и зависимости между  $H_p$  и  $R_p$  приведенной на рис. 3. Из (1) и (2) находим;

$$H_p = R_p - 7,2. \quad (3)$$

Точка О пересечения прямой (3) с зависимостью  $H_p(R_p)$  для экскаватора ЭКГ-6,3у (см. рис. 3) соответствует значениям  $H_p = 21,8$  и  $R_p = 29$  м. При этом максимально возможная высота уступа  $h = 21,8 - 4,3 = 17,5$  м



**Рис. 2.** Схема разработки мягких пород экскаватором верхней погрузкой.



**Рис. 3.** График, по определению высоты уступа, разрабатываемого экскаватором с верхней погрузкой:

1 – зависимость между  $H_p$  и  $R_p$  для экскаватора ЭКГ – 6,3У; 2 – график уравнения  $H_p - R_p - 7,2$ .

Ширина рабочей площадки

$$Ш = A + C_1 + П_3 + П,$$

где  $A = \alpha_1 + \alpha_2 = 9 + 14 = 23$  м ширина заходки экскаватора, м;

$\alpha_2$  - ширина внешней части заходки, принимаемая по условиям черпания породы без ее выталкивания

$$\alpha_2 = 0,7 \cdot R_{ч.у} = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ м},$$

где  $R_{ч.у}$  - максимальный радиус черпания экскаватора на горизонте его установки;

$C_1 = 2,5$  м - расстояние от нижней бровки уступа до полосы электроснабжения;

$П_3, П$  - ширина полос для размещения соответственно устройств электроснабжения и дополнительного оборудования, м.

$$Ш = 23 + 2,5 + 6 + 6 = 37,5 \text{ м}.$$

**ПРИМЕР 3.** Определить минимальную ширину рабочей площадки при разработке уступа высотой  $h = 20$  м, экскаватором ЭКГ-12,5 с применением железнодорожного транспорта и буровзрывных работ (рис. 4.).

Годовая производительность экскаватора  $Q = 2,4$  млн.  $\text{м}^3$ , длина фронта работ  $L_6 = 1000$  м; удельный расход ВВ  $q_p = 0,6$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ; линия сопротивления по подошве  $W = 8,5$  м; периодичность производства массовых взрывов  $T_6$  - один раз в месяц.

**Решение:** 1. Ширина заходки, но целику (ширина взрываемого блока), обеспечивающая заданную периодичность массовых взрывов,

$$A \geq \frac{Q \cdot T_{\dot{a}}}{12 \cdot L_{\dot{a}} \cdot h}; \quad A \geq \frac{2,4 \cdot 10^6 \cdot 1}{12 \cdot 1000 \cdot 20}; \quad A \geq 10 \text{ м.}$$

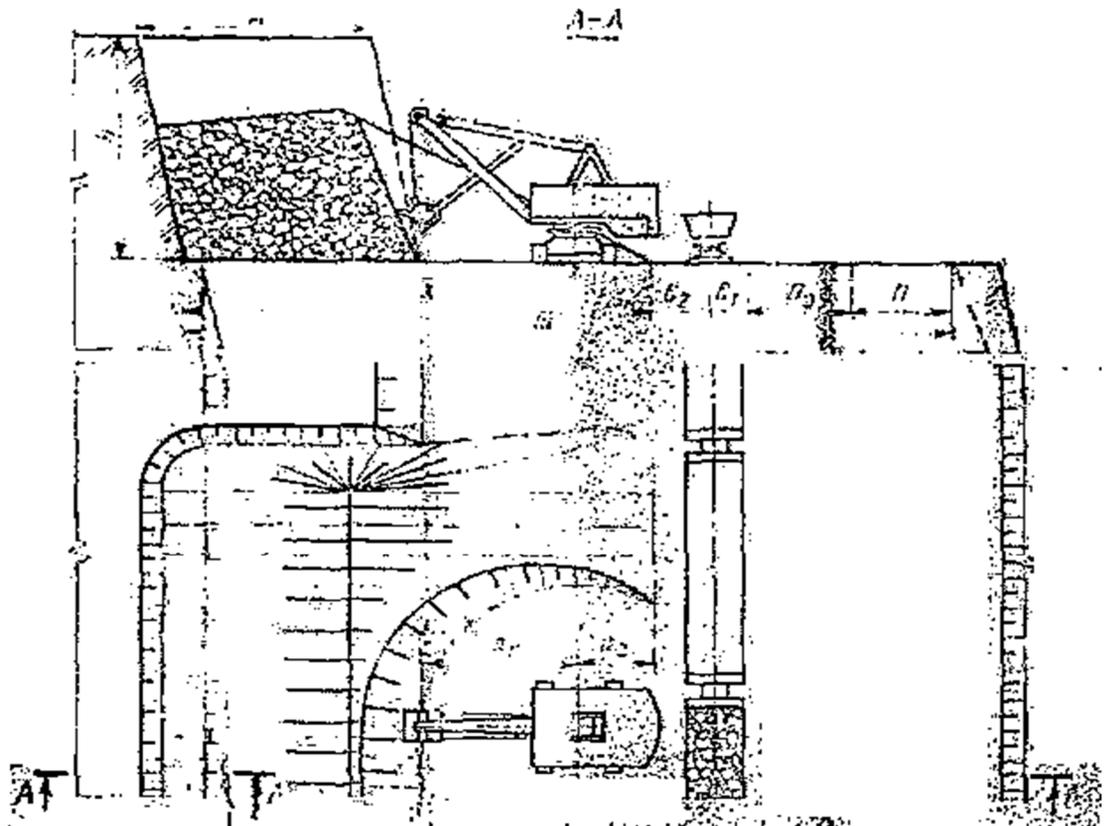
Принимаем двухрядное расположение скважин ( $n_p = 2$ ) и

$$A = 2 \cdot W = 2 \cdot 8,5 = 17 \text{ м.}$$

2. Ширина развала взорванной породы

$$X = 5 \cdot q_p \sqrt{W \cdot h} + (n_p - 1) \cdot W = 5 \cdot 0,6 \sqrt{8,5 \cdot 20} + (2 - 1) \cdot 8,5 = 47,6$$

3. Ширина рабочей площадки



**Рис.4.** Схема разработки скальных пород мехлопатов при железнодорожном транспорте.

$$Ш = X + C_2 + C_1 + П_9 + П = 47,6 + 2,5 + 2,5 + 6 + 6 = 64,6 \text{ м.}$$

где  $C_2$  и  $C_1$  - расстояния от оси пути соответственно до нижней бровки развала и полосы электроснабжения, м;

$П_9$  и  $П$  - ширина полос для размещения соответственно устройств электроснабжения и дополнительного оборудования, м.

**ПРИМЕР 4.** Определить максимальные высоту уступа, ширину заходки по целику и минимальную ширину рабочей площадки при разработке уступа экскаватором ЭКГ-4у с верхней погрузкой в думпкары ВС-85 (рис. 5).

Разрабатываемые породы легковзрываемые, с коэффициентом крепости по М. М. Протодяконову  $f=6$ ; угол откоса уступа  $\alpha=80^\circ$ , угол устойчивого откоса  $\alpha_0=70^\circ$ .

**Решение.** При крутом угле устойчивого откоса уступа его высота  $h$  ограничивается предельной высотой разгрузки экскаватора  $H_{p.max}$ :

$$h_{max} = H_{p.max} - h_\delta - c_1 - h_p,$$

где  $h_\delta$ - высота думпкара, м;

$c_1$  - минимальный зазор между ковшом и транспортным сосудом, м;

$h_p$ - высота верхнего строения железнодорожного пути, м.

$$h_{max} = 17,5 - 3,3 - 0,4 - 0,5 = 13,3 \text{ м.}$$

Принимаем  $h_{max} = 13$

Ширина внутренней части экскаваторной заходки:

*по условиям погрузки*

$$\dot{a}_1 \leq R_p - C_3 - h \cdot ctg \alpha_0; \quad \dot{a}_1 \leq 18,7 - 2,5 - 13 \cdot ctg 70^\circ;$$

$$a_1 \leq 11,5 \text{ м;}$$

*по условиям черпания*

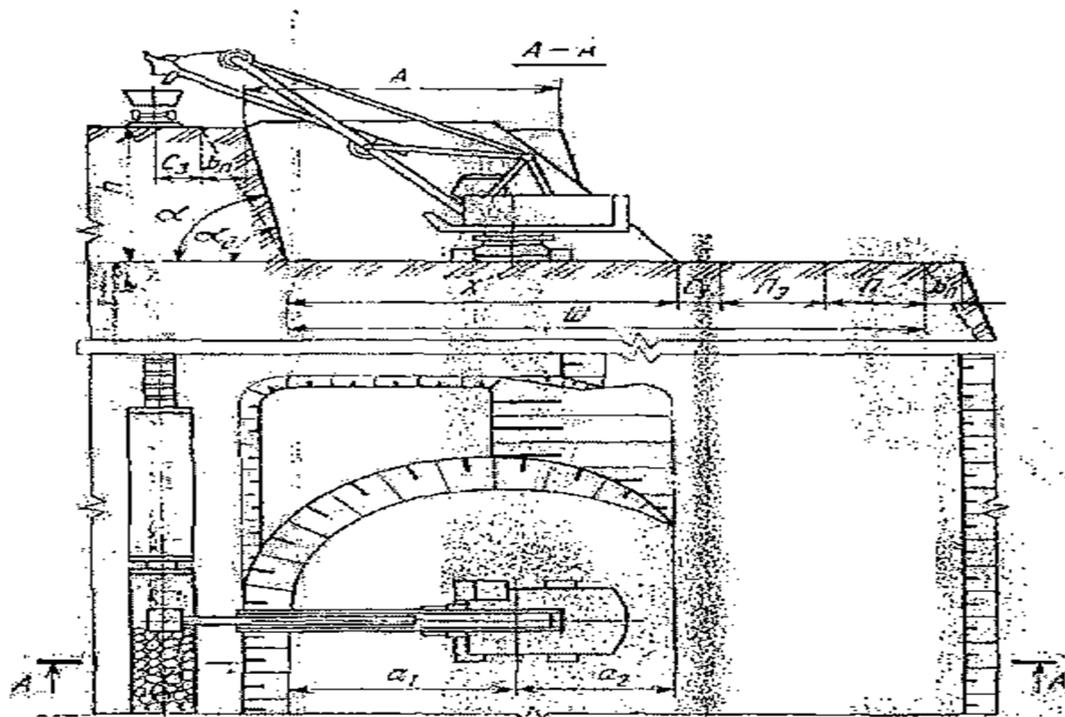
$$a_1 \leq R_{q.y}; \quad a_1 \leq 16,5 \text{ м;}$$

*по условиям безопасного вращения экскаватора*

$$\dot{a}_1 \geq R_k + 1 - z_k \cdot ctg \alpha; \quad \dot{a}_1 \geq 7 + 1 - 2,8 \cdot ctg 80^\circ; \quad \dot{a}_1 \geq 7,5 \text{ м;}$$

при подвигании фронта от висячего бока к лежащему

$$L_{\dot{a}} \leq \frac{12 \cdot 80000}{15 \cdot 57,1}; \quad L_{\dot{b}} \leq 1120 \text{ м.}$$



**Рис. 5.** Схема разработки скальных пород мехлопатой с верхней погрузкой.

Минимальная длина экскаваторного блока по условиям обеспечения экскаватора взорванной горной массой

$$L_a \geq \frac{Q \cdot T_a}{A \cdot h}; \quad L_a \geq \frac{80000 \cdot 2}{16 \cdot 15}$$

$$L_a \geq 667 \text{ м.}$$

Таким образом, длина экскаваторного блока со стороны висячего бока залежи должна быть в пределах 667 – 912 м, а со стороны лежащего бока - 667-1120м.

**Задача 1.** Определить минимальную ширину рабочей площадки при выемке мягких вскрышных пород экскаватором ЭКГ-12,5 с применением железнодорожного транспорта (рис. 1).

**Задача 2.** Определить максимальную высоту уступа и ширину рабочей площадки при верхней погрузке мягких пород в думпкары 2ВС-105 экскаватором ЭКГ-10 (рис. 2).

Угол откоса разрабатываемого уступа  $\alpha=63^\circ$ , угол устойчивого откоса уступа  $\alpha_0=47^\circ$ .

**Задача 3.** Определить минимальную ширину рабочей площадки при разработке уступа высотой  $h=25$  м, экскаватором ЭКГ-10 с применением автомобильного транспорта и буровзрывных работ (рис. 4).

Годовая производительность экскаватора  $Q=2,7$  млн.  $m^3$ , длина фронта работ  $L_6=1100$  м; удельный расход ВВ  $q_p=0,7$  кг/ $m^3$ ; линия сопротивления по подошве  $W=8,7$  м; периодичность производства массовых взрывов  $T_6$  - один раз в месяц.

**Задача 4.** Определить максимальные высоту уступа, ширину заходки по целику и минимальную ширину рабочей площадки при разработке уступа экскаватором ЭКГ-12,5 с верхней погрузкой в думпкары ВС-85 (рис. 5).

Разрабатываемые породы легковзрываемые, с коэффициентом крепости по М. М. Протодяконову  $f=8$ ; угол откоса уступа  $\alpha=82^\circ$ , угол устойчивого откоса  $\alpha_0=71^\circ$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19

### Определение параметров транспортно-отвальной системы разработки

**Пример 1.** Определить необходимую ширину полосы вскрытых запасов на зимний период  $A_n$  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  $m=5$  м; длина фронта добычных работ  $L_{ф.и}=2500$  м; плотность полезного ископаемого  $\gamma=1,5$  т/м<sup>3</sup>; 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.**

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{W_{и} \cdot N_3}{12 \cdot m \cdot L_{ф.и} \cdot \gamma \cdot K_{изв.}} - \frac{A(L_{ф.и} - l_1 - l_2)}{L_{ф.и}} = \\ &= \frac{5000000 \cdot 3}{12 \cdot 5 \cdot 2500 \cdot 1,5 \cdot 0,95} - \frac{70 \cdot (2500 - 150 - 250)}{2500} = 11,4 \text{ м.} \end{aligned}$$

**Пример 2.** 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  $m=1$  м; высота вскрышного уступа, обрабатываемого 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  $\beta=22^\circ$ ; угол откоса добычного уступа  $\alpha=45^\circ$ ; производительность карьера по добыче  $W_u=2$  млн. т; плотность полезного ископаемого  $\gamma=2$  т/м<sup>3</sup>; 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=50 м).

**Решение.** 1. Производительность вскрышного комплекса, обеспечивающая заданную производительность карьера по полезному ископаемому

$$Q_{\hat{a}\hat{e}} = \frac{H \cdot L_{\hat{o}\hat{a}} \cdot W_{\hat{e}}}{m \cdot L_{\hat{o}\hat{e}} \cdot K_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{a}} \cdot \gamma} = \frac{35 \cdot 2100 \cdot 2 \cdot 10^6}{2 \cdot 2000 \cdot 0,97 \cdot 2} = 19 \text{ млн. м}^3/\text{год.}$$

2. Ширина полосы подготовленных запасов для отработки в зимний период

$$A_{\hat{\zeta}} = \frac{W_{\hat{e}} \cdot N_{\hat{\zeta}}}{12 \cdot m \cdot L_{\hat{o}\hat{e}} \cdot \gamma \cdot K_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{a}}} - \frac{A(L_{\hat{o}\hat{e}} - l_1 - l_2)}{L_{\hat{o}\hat{e}}},$$

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.

$$A_{\hat{\zeta}} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 3}{12 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 2 \cdot 0,97} - \frac{50 \cdot (2000 - 100 - 150)}{2000} = 20,7 \text{ м.}$$

3. Высота внутреннего отвала

$$H_0 = K_{\hat{o}} \cdot K_{\hat{\delta}} \cdot K_{\hat{\zeta}\hat{\alpha}\hat{\delta}} \cdot H + \frac{0,25 \cdot A \cdot \text{tg}\beta_1}{K_{\hat{\zeta}\hat{\alpha}\hat{\delta}}},$$

где  $K_{\hat{\phi}} = L_{\hat{\phi}\hat{w}}/L_{\hat{\phi}\hat{o}} = 2100/1970 = 1,07$  – коэффициент, учитывающий сокращение фронта отвальных работ по сравнению с фронтом вскрышных работ;

$K_{\hat{zax}}$  – коэффициент сокращения ширины заходки, равный отношению ширины вскрышной заходки к ширине отвальной заходки. При работе без изменения расстояния между вскрышным экскаватором и отвалообразователем ( $T=0$ )  $K_{\hat{zax}}=1$ ; при создании запасов для отработки в зимний период за счет телескопичности комплекса

$$\hat{E}_{\hat{\zeta}\hat{\alpha}\hat{\delta}} = \frac{Q_{\hat{a}\hat{e}}}{Q_{\hat{a}\hat{e}} - T \cdot L_{\hat{o}\hat{a}} \cdot H} = \frac{18 \cdot 10^6}{18 \cdot 10^6 - 50 \cdot 2100 \cdot 35} = 1,257.$$

При  $T=0$ ;  $H_0 = 1,07 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 35 + 0,25 \cdot 50 \text{tg}38^\circ = 53$  м;

при  $T = 50$  м;  $H_0 = 1,07 \cdot 1,15 \cdot 1,257 \cdot 35 + 0,25 \cdot 50 \text{tg}38^\circ / 1,257 = 62$  м.

4. Необходимая высота разгрузки отвалообразователя

$$H_{p,o} = H_o - m + p,$$

где  $p$  – минимальное расстояние между гребнем отвала и консолью отвалообразователя (по нормативам безопасности  $p=1,5$  м при использовании

консольных отвалообразователей  $r=2$  м при использовании транспортно-отвалных мостов).

$$\begin{aligned} \text{При } T=0, & \quad H_{p.o} = 53-2+1,5=52,5 \text{ м;} \\ \text{при } T=50 \text{ м,} & \quad H_{p.o} = 62-2+1,5=61,5 \text{ м.} \end{aligned}$$

5. *Необходимый радиус разгрузки отвалообразователя*

$$R_p = A_{\zeta} + H_0 \cdot \operatorname{ctg} \beta_1 + B + m \cdot \operatorname{ctg} \alpha + \dot{A} - \dot{O} - l_{\dot{n}.i},$$

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:

$l_{c.n}$  – горизонтальное расстояние свободного перемещения породы до гребня отвала ( $l_{c.n}=2 \div 3$  м).

$$\begin{aligned} \text{При } T=0, & \quad R_p = 20,7 + 53 \operatorname{ctg} 22^\circ + 25 + 2 \operatorname{ctg} 45^\circ - 0 - 3 = 181 \text{ м;} \\ \text{при } T=50 \text{ м,} & \quad R_p = 20,7 + 62 \operatorname{ctg} 22^\circ + 25 + 2 \operatorname{ctg} 45^\circ + 5 - 50 - 3 = 153 \text{ м,} \end{aligned}$$

**Пример 3.** Определить максимальную высоту вскрышного уступа, обрабатываемого по транспортно-отвальной схеме с применением отвалообразователя ОШ-1600/110.

Максимальная высота разгрузки отвалообразователя  $H_p=34$  м, максимальный радиус разгрузки  $R_p=110$  м; отвалообразователь расположен на кровле пласта полезного ископаемого мощностью  $m=3$  м; необходимая ширина полосы вскрытых запасов на зимний период, располагаемых под консолью,  $A_n=20$  м; минимальное расстояние от оси отвалообразователя до верхней бровки добычного уступа  $B=15$  м; ширина свободной полосы между отвалом и добычным уступом  $B=5$  м; углы устойчивого откоса добычного уступа ( $\alpha=45^\circ$ ; отвала  $\beta=25^\circ$ ; угол естественного откоса пород в отвале  $\beta_e=35^\circ$ ; длина фронта вскрышных работ  $L_{ф.в}=1100$  м; длина фронта отвальных работ  $L_{ф.о}=1050$  м; ширина вскрышной и отвальной заходок  $A=24$  м.

**Решение.** Определяем предельную высоту отвала, которую может отсыпать отвалообразователь:

$$H_o \leq H_p + m - p;$$

$$H_o \leq 34 + 3 - 1,5 = 35,5 \text{ м.}$$

$$H_o \leq (R_o - A_{\zeta} - B - m \cdot \operatorname{ctg} \alpha - \dot{A} + \dot{O} + l_{\dot{n}.i}) \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$H_o \leq (110 - 20 - 15 - 3 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ - 5 + 0 + 2) \cdot \operatorname{tg} 25^\circ = 32 \text{ м.}$$

Принимаем меньшее значение  $H_o=32$  м.

Находим предельную высоту вскрышного уступа:

$$j = \frac{(i_i - 0,25 \cdot A_i \cdot \operatorname{tg} \beta_e) \cdot L_{\delta,i}}{K_{\delta} L_{\delta,a}} = \frac{(32 - 0,25 \cdot 24 \operatorname{tg} 35^{\circ}) \cdot 1050}{1,2 \cdot 1100} = 22,1 \text{ м,}$$

**Пример 4.** Определить необходимую длину перегружателя (соединительного моста)  $L_{с.м}$  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  $H_{п}=20$  м, угол его откоса  $\beta_{п}=35^{\circ}$ ; 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.**

$$\begin{aligned} L_{н,i} &= a_1 + a_2 + m \cdot \operatorname{ctg} \varphi + H_{п} \cdot \operatorname{ctg} \beta_{п} = \\ &= 20 + 25 + 20 \cdot \operatorname{ctg} 20^{\circ} + 20 \cdot \operatorname{ctg} 35^{\circ} = 128 \text{ м.} \end{aligned}$$

**Пример 5.** Определить необходимые длину пролетного строения и вылет консоли транспортно-отвального моста.

Покрывающие породы мощностью  $H=55$  м отрабатывают двумя уступами высотой  $H_1=30$  м (нижний) и  $H_2=25$  м (верхний); опоры моста расположены на кровле нижнего вскрышного уступа и предотвале, высота которого  $H_{п}=25$  м; мощность разрабатываемого угольного пласта  $m=15$  м; плотность угля  $\gamma=1,2$  т/м<sup>3</sup>; коэффициент извлечения  $K_{изв.}=0,98$ ; годовая производительность карьера по углю  $W_{и}=7$  млн. т; подвигание фронта работ параллельное; длина фронта работ по добыче  $L_{ф.и}=2000$  м, по вскрыше  $L_{ф.в}=2100$  м, отвальных работ  $L_{ф.о}=1950$  м; углы откоса вскрышных уступов  $\delta=45^{\circ}$ , добычного уступа  $\alpha=60^{\circ}$ , ярусов отвала  $\beta=35^{\circ}$ ; безопасные расстояния от верхней бровки нижнего вскрышного уступа и верхней бровки предотвала до осей опор транспортно-отвального моста соответственно  $a_1=20$  м и  $a_2=30$  м; расстояние между нижней бровкой второго яруса отвала и осью опоры моста  $a_3=15$  м; ширина предохранительной бермы па кровле пласта  $b_{н}=10$  м; ширина свободного пространства между отвалом и добычным уступом  $B=5$  м.

**Решение. 1.** Необходимая ширина полосы зимних запасов вскрытого угля при продолжительности зимней остановки вскрышного комплекса  $N_3=3$  мес.

$$A_{\zeta} = \frac{W_{\zeta} \cdot N_{\zeta}}{12 \cdot m \cdot L_{\delta,\zeta} \cdot \gamma \cdot K_{\zeta a}} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 3}{12 \cdot 15 \cdot 2000 \cdot 1,2 \cdot 0,98} = 50 \text{ м.}$$

2. Требуемая длина пролетного строения моста

$$L_{i,\tilde{n}} = a_1 + a_2 + H_1 \cdot ctg\delta + b_i + A_c + m \cdot ctg\alpha + \dot{A} + \dot{I}_i \cdot ctg\beta =$$

$$= 20 + 30 + 30 \cdot ctg 45^0 + 10 + 50 + 15 \cdot ctg 60^0 + 5 + 25 \cdot ctg 35^0 = 190$$

м.

3. Высота отвала

$$H_o = \frac{K_p \cdot L_{\delta,\dot{a}} \cdot H}{L_{\delta,\dot{i}}} = \frac{1,2 \cdot 2100 \cdot 55}{1950} = 71 \text{ м.}$$

4. Необходимая длина отвальной консоли

$$L_{o.k} = (H_o - H_n) ctg \beta + a_3 - l_{c.n},$$

где  $l_{c.n}$ - горизонтальное расстояние свободного полета породы до отвала, м.

$$L_{o.k} = (71 - 25) ctg 35^0 + 15 - 3 = 78 \text{ м.}$$

**Задача 1.** Определить необходимую ширину полосы вскрытых запасов на зимний период  $A_n$  при отработке месторождения по транспортно-отвальной схеме.

Производительность карьера по полезному ископаемому  $W_n = 7$  млн. т/год; продолжительность зимней остановки вскрышного комплекса  $N_3 = 4$  мес; мощность пласта полезного ископаемого  $m = 6$  м; длина фронта добычных работ  $L_{ф.н} = 2700$  м; плотность полезного ископаемого  $\gamma = 1,4$  т/м<sup>3</sup>; коэффициент извлечения полезного ископаемого  $K_{изв.} = 0,93$ ; минимально допустимое опережение отвалообразователя добычным забоем  $l_1 = 160$  м; минимально допустимое опережение добычного забоя отвалообразователем  $l_2 = 270$  м; ширина заходки  $A = 68$  м.

**Задача 2.** 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  $m = 1,5$  м; высота вскрышного уступа, обрабатываемого по транспортно-отвальной схеме,  $H = 37$  м; коэффициент разрыхления пород в отвале  $K_p = 1,15$ ; длина фронта добычных работ  $L_{ф.н} = 2100$  м; длина фронта вскрышных работ  $L_{ф.в} = 2300$  м; длина фронта отвальных работ  $L_{ф.о} = 1987$  м; ширина вскрышной заходки  $A = 55$  м; угол естественного откоса пород в отвале  $\beta_e = 37^0$ ; устойчивый угол откоса отвала  $\beta = 23^0$ ; угол откоса добычного уступа  $\alpha = 45^0$ ; производительность карьера по добыче  $W_u = 3$  млн. т; плотность полезного ископаемого  $\gamma = 2$  т/м<sup>3</sup>; 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 60 м (величина телескопичности  $T=50$  м).

**Задача 3.** Определить максимальную высоту вскрышного уступа, отрабатываемого по транспортно-отвальной схеме с применением отвалообразователя ОШ-1600/110.

Максимальная высота разгрузки отвалообразователя  $H_p=34$  м, максимальный радиус разгрузки  $R_p=110$  м; отвалообразователь расположен на кровле пласта полезного ископаемого мощностью  $m=5$  м; необходимая ширина полосы вскрытых запасов на зимний период, располагаемых под консолью,  $A_n=25$  м; минимальное расстояние от оси отвалообразователя до верхней бровки добычного уступа  $B=17$  м; ширина свободной полосы между отвалом и добычным уступом  $B=6$  м; углы устойчивого откоса добычного уступа ( $\alpha=45^\circ$ ; отвала  $\beta=27^\circ$ ; угол естественного откоса пород в отвале  $\beta_e=36^\circ$ ; длина фронта вскрышных работ  $L_{ф.в}=1200$  м; длина фронта отвальных работ  $L_{ф.о}=1070$  м; ширина вскрышной и отвальной заходок  $A=25$  м.

**Задача 4.** Определить необходимую длину перегружателя (соединительного моста)  $L_{с.м}$  для перегрузки породы от роторного экскаватора, расположенного на кровле пласта полезного ископаемого, на консольный отвалообразователь, расположенный на предотвале.

Мощность пласта полезного ископаемого  $m=22$  м; угол откоса рабочего борта по полезному ископаемому  $\varphi=23^\circ$ ; ширина свободной полосы между отвалом и добычным уступом  $B=7$  м; высота предотвала  $H_n=22$  м, угол его откоса  $\beta_n=37^\circ$ ; минимальное безопасное расстояние от осей опор моста до верхней бровки добычного уступа  $a_1=23$  м, до верхней бровки предотвала  $a_2=27$  м.

**Задача 5.** Определить необходимые длину пролетного строения и вылет консоли транспортно-отвального моста.

Покрывающие породы мощностью  $H=57$  м отрабатывают двумя уступами высотой  $H_1=32$  м (нижний) и  $H_2=27$  м (верхний); опоры моста расположены на кровле нижнего вскрышного уступа и предотвале, высота которого  $H_n=23$  м; мощность разрабатываемого угольного пласта  $m=17$  м; плотность угля  $\gamma=1,2$  т/м<sup>3</sup>; коэффициент извлечения  $K_{изв.}=0,98$ ; годовая производительность карьера по углю  $W_n=8$  млн. т; подвигание фронта работ параллельное; длина фронта работ по добыче  $L_{ф.и}=2100$  м, по вскрыше  $L_{ф.в}=2300$  м, отвальных работ  $L_{ф.о}=1987$  м; углы откоса вскрышных уступов  $\delta=45^\circ$ , добычного уступа  $\alpha=61^\circ$ , ярусов отвала  $\beta=37^\circ$ ; безопасные расстояния от верхней бровки нижнего вскрышного уступа и верхней бровки предотвала до осей опор транспортно-отвального моста соответственно  $a_1=25$  м и  $a_2=35$  м; расстояние между нижней бровкой второго яруса отвала и осью опоры моста  $a_3=16$  м; ширина предохранительной бермы па

кровле пласта  $b_n=10$  м; ширина свободного пространства между отвалом и добычным уступом  $B=7$  м.

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС» в г. Алмалык**

## **ГЛОССАРИЙ**

**по дисциплине:**

**“ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ”**

**Забой** - перемещающийся в пространстве конец шурфа, шахты, скважины или иной горной выработки.

**Горные работы** - комплекс работ, связанных с выемкой горных пород, проходкой, проведением и поддержанием горных выработок. Различают подземные и открытые горные работы.

**Взрывные работы** - работы, выполняемые воздействием взрыва на естественные горные породы с целью контролируемого их разрушения и перемещения или изменения структуры и формы.

**Взрывобезопасность** - состояние производственного процесса, при котором исключается возможность взрыва, или, в случае его возникновения, предотвращается вредное воздействие на людей опасных и вредных факторов, вызываемых взрывом; и обеспечивается сохранение материальных ценностей.

**Внезапный выброс** - самопроизвольное мгновенное разрушение части массива вблизи забоя горной выработки, сопровождающееся отбросом породы, руды, угля, усиленным газовыделением.

**Вскрышные породы** - горные породы:

- покрывающие добываемое полезное ископаемое;
- извлекаемые из недр вместе с полезным ископаемым.

**Выработанное пространство** - пространство, образующееся в недрах после извлечения полезного ископаемого.

**Горная выработка** - искусственная полость под землей или углубление на ее поверхности, созданные в результате ведения горных работ.

**Горно-капитальные работы** - работы по проведению капитальных открытых и подземных горных выработок.

**Горно-технологические свойства горной породы** - свойства, характеризующие взаимодействие между горной породой и инструментом, механизмом или технологическим процессом при производстве горных работ.

**Горный удар** - мгновенное хрупкое разрушение целика или краевой части массива, проявляющееся в виде выброса руды или породы в подземные выработки.

**Граничные углы** - внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвига горизонтальными линиями и линиями, последовательно проведенными в коренных породах, более поздних отложениях и наносах,

соединяющими границу очистной выработки с границей зоны влияния подземных разработок на земной поверхности.

**Обрушение горных пород** - сдвигание горных пород с разрушением слоев и отделением от массива отдельных кусков и глыб.

**Открытые горные работы** - Открытые горные работы - горные работы, производимые непосредственно с земной поверхности в открытых горных выработках.

**Очистные горные выработки** - горные выработки, образованные непосредственно при выемке полезного ископаемого из месторождения.

**Очистные работы** - работы по извлечению полезного ископаемого из месторождения подземным способом. При очистных работах различают: совместную (валовую) выемку полезного ископаемого и- отдельную (селективную) выемку полезного ископаемого, при которой отдельные сорта руд, угля, прослойки пород и т.п. вынимаются отдельно.

**Породный массив** - часть земной коры, подверженная влиянию горных работ.

**Призма обрушения** - неустойчивая часть массива уступа со стороны его откоса, заключенная между рабочим и устойчивым углами откоса уступа.

**Сдвигание горных пород** - перемещение и деформирование пород в результате нарушения их равновесия под влиянием горных разработок, изменения физико-механических свойств пород. Сдвигание горных пород может распространяться на всю толщу до земной поверхности.

**Сотрясательное взрывание** - взрывные работы, выполняемые  
- с соблюдением особых требований в массивах, склонных к внезапным выбросам;  
- для снижения давления горных пород и предотвращения внезапных выбросов.

**Углы сдвижения** - внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения при полной подработке горизонтальными линиями и линиями, последовательно проведенными в коренных породах, более поздних отложениях и наносах, соединяющими границу выработки с границей зоны опасного влияния на земной поверхности.

**Управление горным давлением** - совокупность мероприятий по регулированию проявлений горного давления в рабочем пространстве

очистных забоев и горных выработок для создания необходимых производственных условий.

**Управление напряженно деформированным состоянием горного массива** - совокупность мероприятий по предупреждению массового обрушения боковых и налегающих пород очистных забоев для создания безопасных производственных условий.

**Фронт очистных работ** - пространственное расположение линии очистных забоев на крыле рудника (шахты), шахтопласте, этаже, ярусе.

**Цементация горных пород** - способ искусственного закрепления горных пород и повышения их водонепроницаемости путем нагнетания в них цементного раствора.

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС» в г.  
Алматы**

**Методическое указание по выполнению курсового  
проекта**

**по дисциплине:  
“ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ  
МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ”**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Порядок выполнения работы

1. Параметры карьера на конец отработки и построение контуров карьера
  - 1.1. Контур карьера на поперечном разрезе
  - 1.2. План контуров карьера
2. Балансовые и промышленные запасы руды
  - 2.1. Балансовые запасы руды в контурах карьера
  - 2.2. Промышленные запасы руды
3. Объемы горной массы и вскрышных пород в карьере
  - 3.1. Объем горной массы
  - 3.2. Объем вскрыши
4. Коэффициенты вскрыши
  - 4.1. Средний коэффициент вскрыши
  - 4.2. Эксплуатационный коэффициент вскрыши основного периода работы карьера
5. Годовая производительность экскаватора
6. Грузоподъемность автосамосвала
7. Параметры системы разработки
  - 7.1. Угол откоса рабочего уступа
  - 7.2. Ширина экскаваторной заходки
  - 7.3. Длина активного фронта работ экскаватора
  - 7.4. Скорость подвигания рабочих уступов
  - 7.5. Ширина рабочей площадки
  - 7.6. Угол наклона рабочего борта
  - 7.7. Скорость годового понижения дна карьера
  - 7.8. Корректировка параметров системы разработки
8. Годовая производительность карьера по руде, вскрыше, горной массе
  - 8.1. Годовая производительность карьера по руде
  - 8.2. Годовая производительность по вскрыше
  - 8.3. Годовая производительность карьера по горной массе
  - 8.4. Парк экскаваторов

## ВВЕДЕНИЕ

Экономическое развитие нашей страны неразрывно связано с дальнейшим развитием горнодобывающей отрасли. Наша Республика располагает большими запасами полезных ископаемых. В настоящее время действуют крупнейшие карьеры по добыче золота, серебра, меди и угля. Разработка месторождений открытым способом, по сравнению с подземным, обеспечивает значительно лучшие технико-экономические показатели. Вместе с тем она сопряжена с рядом негативных последствий: нарушением земель, изменением микроклимата и водного баланса и т.д.

В Республике Узбекистан действуют более 440 рудников, шахт, заводов по переработке минерального сырья, в том числе такие крупные предприятия как Навоийский горно-металлургический комбинат, Алмалыкский горно-металлургический комбинат. В Республике Узбекистан более 2700 месторождений и проявлений полезных ископаемых, из которых 940 уже разведаны, в том числе 155 месторождений нефтегаза и конденсата, более 40 драгоценных металлов, 42 редких, цветных и радиоактивных металлов, 463 строительных материалов. Республика Узбекистан по подтвержденным запасам и перспективному их увеличению занимает ведущее место не только в странах СНГ. Так, по запасам золота она занимает 4 место, а по уровню его добычи - 7 место. Из разведанных запасов золота отработаны менее 20%, что позволяет говорить о возможности значительного расширения его производства.

Термин «Технология» в общем случае означает совокупность знаний о способах, средствах и организации выполнения каких-либо производственно-технических работ.

Технология разработки месторождений – это совокупность взаимосвязанных процессов, способов и приемов механизированного производства горных работ, основанная на фундаментальных знаниях закономерностей разработки и возможностей технических средств.

Технология открытого способа добычи полезных ископаемых включает два аспекта: технологию производственных процессов (выемку, перемещение и складирование горных пород) и технологию открытых горных работ (строительство и развитие по мере разработки месторождения во времени и пространстве карьера как комплекса горных выработок).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Курсовой проект выполняется по индивидуальным заданиям, варианты которых представлены в приложении 8.

### Исходные данные к работе:

Характер дневной поверхности (горизонтальная, наклонная).

Форма рудного тела – пластообразная.

Горизонтальная мощность рудного тела –  $m_r$ , м.

Длина залежи по простиранию –  $L_p$ , м.

Угол падения залежи –  $\alpha_{p.t}$ , град.

Наклон верхнего контакта рудного тела с наносами, град.

Вертикальная мощность наносов –  $h_m$ , м.

Характеристика пород вскрыши, руды, наносов (задается по приложению 1):

– плотность руды –  $\delta_r$ , т/м<sup>3</sup>.

– плотность породы –  $\delta_b$ , т/м<sup>3</sup>.

– плотность наносов –  $\delta_m = 2$  т/м<sup>3</sup>.

Базовая глубина карьера –  $H_k$ , м.

Система разработки – с углубкой карьера и вывозкой пород вскрыши во внешние отвалы.

Подготовка экскаваторных блоков – продольная.

Направление углубки карьера – по контакту лежачего бока залежи.

Высота уступа по скальной зоне –  $h_y = 15$  м.

Высота уступа по морене –  $h_{y.m}$ , м, выбирается в соответствии с  $h_m$ .

Угол наклона конечного борта карьера  $\beta_{k.v.}$ , град.:

1) по скале:

– для висячего бока  $\beta_{k.v.} = 41^\circ$ ;

– для лежачего бока  $\beta_{k.l} = \beta_{k.v.}$  (при  $\beta_{k.v.} < \alpha_{p.t}$ );  $\beta_{k.l} = \alpha_{p.t}$  (при  $\beta_{k.v.} > \alpha_{p.t}$ );

2) по наносам:

$\beta_{k.m.} = 16^\circ$ .

Ширина дна карьера  $b_d = 40$  м.

Выемка горной массы – экскаватором типа ЭКГ.

Вместимость ковша  $E$ , м<sup>3</sup>.

Технологический транспорт – автомобильный.

Автомобильные дороги – двухполосные.

Исходные данные приводятся на первой странице после титула.

### Определить:

1. Параметры карьера на конец отработки и построить контуры карьера на поперечном разрезе и в плане.

2. Объемы балансовых и промышленных запасов руды в контуре карьера.

3. Объемы горной массы в карьере и вскрышных пород, вывозимых в отвал.

4. Коэффициенты вскрыши (средний и эксплуатационный основного периода работы карьера).

5. Производительность экскаватора.

6. Грузоподъемность автосамосвала.

7. Параметры и показатели системы разработки:

7.1. Угол откоса рабочих уступов.

7.2. Ширину экскаваторной заходки и рабочей площадки.

7.3. Угол наклона рабочего борта.

7.4. Длину активного фронта работ экскаватора.

7.5. Скорость подвигания рабочих уступов.

7.6. Скорость годового понижения дна карьера.

7.7. Корректировка параметров системы разработки (производится по необходимости в соответствии с прил. 7).

8. Годовую производительность карьера по руде, вскрыше, горной массе и инвентарный парк экскаваторов.

Задание по вышеприведенным пунктам приводится после исходных данных.

**Отчет** о выполнении работы состоит из пояснительной записки, оформленной в соответствии с требованиями к написанию курсового проекта, и чертежей.

После исходных данных и краткого описания задания должны следовать разделы с расчетами в соответствии с заданием.

Конечные результаты вычислений следует округлять:

– для параметров карьеров – до десятков метров;

– для объемов – до десятков тыс. м<sup>3</sup>;

– для запасов – до десятков тыс. м<sup>3</sup> или десятков тыс. т;

– для параметров системы разработки – до метров;

– для длин фронтов работ экскаватора – до сотен метров.

После буквенного написания формулы должен следовать ее числовой вид, а затем результат.

Чертежи выполняются на листе формата А4 в масштабе, подпись размещается внизу, обязательна рамка, штамп не обязателен.

# 1. ПАРАМЕТРЫ КАРЬЕРА НА КОНЕЦ ОТРАБОТКИ И ПОСТРОЕНИЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРА

## 1.1. КОНТУР КАРЬЕРА НА ПОПЕРЕЧНОМ РАЗРЕЗЕ

На горизонте конечного дна карьера  $H_k$  от лежащего контакта рудного тела отстраивают горизонтальный отрезок, равный ширине дна ( $b_d = 40$  м).

От контуров дна проводят линии конечных бортов карьера по скальной зоне под углами  $\beta_{к.в}$  и  $\beta_{к.л}$ . От точек пересечения проведенных линий с горизонтом наносов на глубине  $h_m$ , проводят линии бортов карьера по наносам под углом  $\beta_{к.м}$  до пересечения с дневной поверхностью (рис. 1).

Ширина карьера по скальной зоне  $V_{к.с}$  (м) определяется по формуле:

$$V_{к.с.} = (H_k - h_m) \cdot (\text{ctg } \beta_{к.в} + \text{ctg } \beta_{к.л}) + b_d. \quad (1)$$

Ширина карьера по поверхности  $V_k$  (м) определяется по формуле

$$V_k = V_{к.с} + 2 h_m \text{ctg } 16^\circ \quad (2)$$

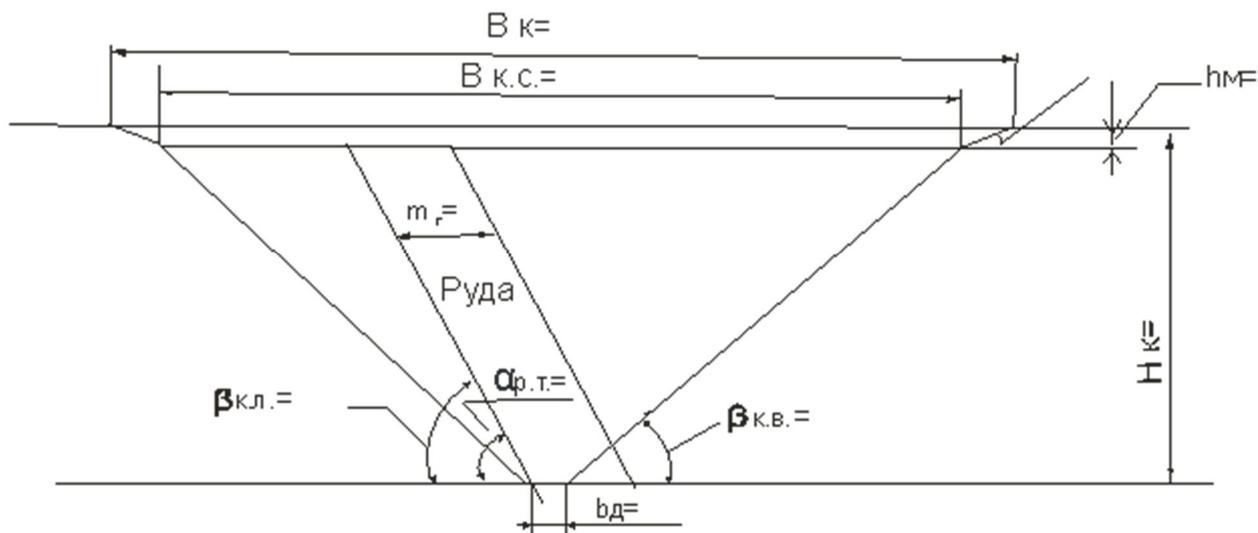


Рис. 1. Контур карьера на поперечном разрезе.  
М 1:10000

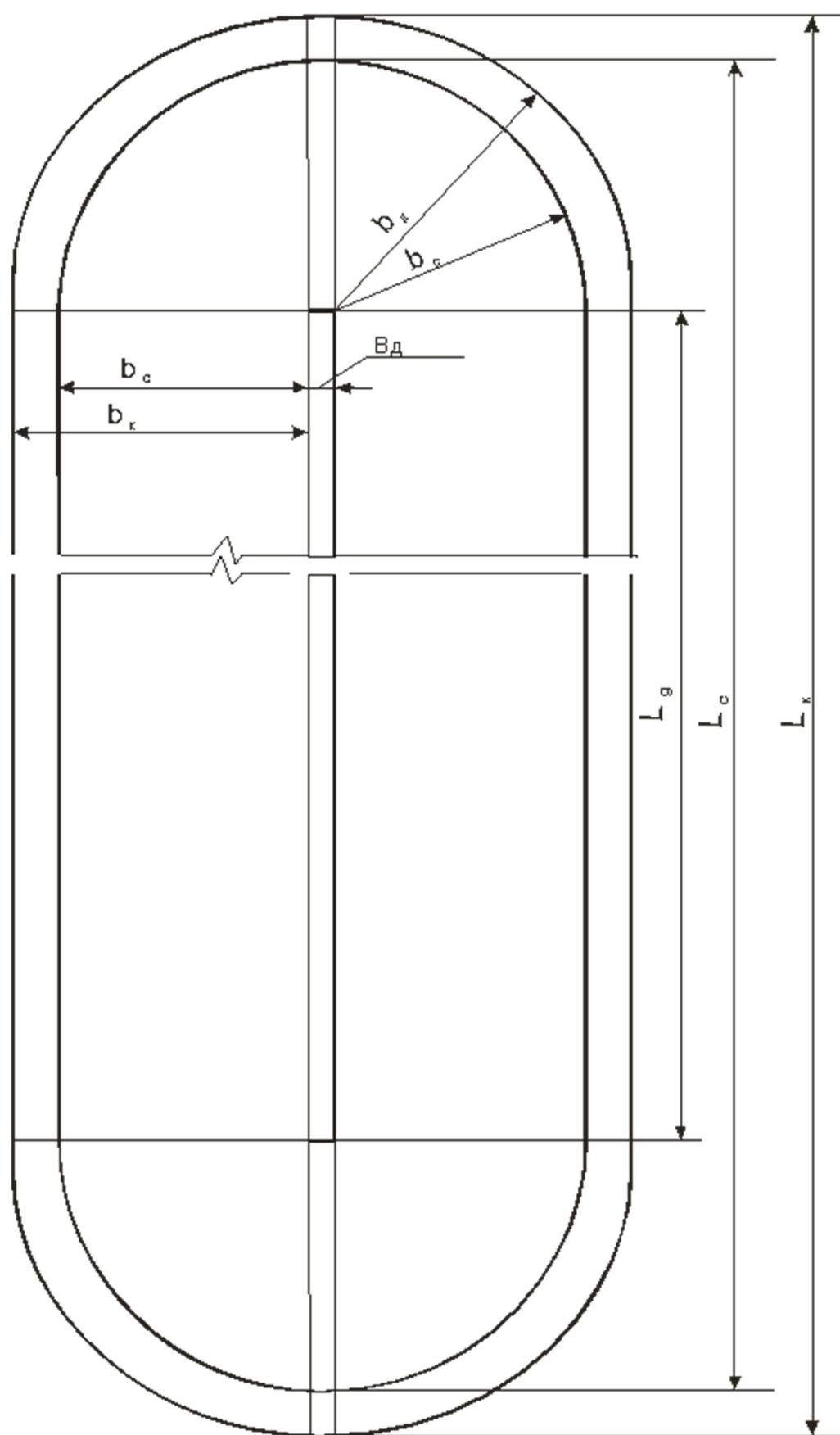


Рис.2. План границ карьера.  
М 1:10000

## 1.2. ПЛАН КОНТУРОВ КАРЬЕРА

Длина дна карьера приравнивается к длине рудного тела  $L_d = L_p$ .

Для построения торцевых бортов карьера в плане определяют радиусы закруглений по скальной зоне и на поверхности (рис. 2).

Радиусы закруглений в торцах карьера по скальной зоне определяются:

– со стороны висячего бока  $b_c$  (м) – по формуле

$$b_c = (H_k - h_m) \operatorname{ctg} \beta_{k,v} \quad (3)$$

– со стороны лежачего бока  $b'_c$  (м) – по формуле

$$b'_c = (H_k - h_m) \operatorname{ctg} \beta_{k,l} \quad (4)$$

Радиусы закруглений в торцах карьера по поверхности определяются: – со стороны висячего бока  $b_k$  (м) – по формуле

$$b_k = b_c + h_m \operatorname{ctg} \beta_{k,m} \quad (5)$$

– со стороны лежачего бока  $b'_k$  (м) – по формуле

$$b'_k = b'_c + h_m \operatorname{ctg} \beta_{k,m} \quad (6)$$

Длина карьера по скальной зоне  $L_{ск}$  (м) определяется по формуле

$$L_{ск} = L_d + 2 b_c \quad (7)$$

Длина карьера по поверхности  $L_k$  (м) рассчитывается по формуле

$$L_k = L_d + 2 b_k \quad (8)$$

## 2. БАЛАНСОВЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАПАСЫ РУДЫ

### 2.1. БАЛАНСОВЫЕ ЗАПАСЫ РУДЫ В КОНТУРАХ КАРЬЕРА

По условию задания запасы ограничены в длину простиранием рудного тела, в глубину – конечными бортами карьера и его дном. Так как рудное тело представлено пластом правильной формы, то его объем  $P_6$  (тыс. м<sup>3</sup>) в контуре карьера рассчитывается как произведение площади рудного тела на

поперечном разрезе и длины  $L_p$ . Площадь карьера на поперечном разрезе рассчитывается как площадь прямоугольника высотой  $(H_k - h_m)$  и шириной  $m_T$  за вычетом площади треугольника, образованного висячим бортом карьера, висячим контактом рудного тела и линией горизонта на отметке  $H_k$ .

Формула для расчета балансовых запасов руды в контурах карьера  $P_6$  (тыс.  $m^3$ ) имеет вид:

$$P_6 = \left[ m_T (H_k - h_m) - \frac{(m_T - b_d)^2}{(\text{ctg } \alpha_{pT} + \text{ctg } \beta_{кв}) 2} \right] L_p \quad (9)$$

## 2.2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАПАСЫ РУДЫ

Промышленные запасы руды  $P$  (тыс.  $m^3$ ) рассчитываются с учетом потерь и разубоживания:

$$P = P_6 \frac{1 - \eta}{1 - \rho}, \quad (10)$$

где  $\eta$  и  $\rho$  – коэффициенты соответственно потерь и разубоживания, доли ед. (приложение 4).

Значение  $P$  рассчитывается в тыс. т, округляется до десятков тыс. т в меньшую сторону и переводится в тыс.  $m^3$  без округления.

## 3. ОБЪЕМЫ ГОРНОЙ МАССЫ И ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В КАРЬЕРЕ

### 3.1. ОБЪЕМ ГОРНОЙ МАССЫ

Объем горной массы карьера правильной формы рассчитывается как сумма объемов центральной прямой призмы трапециевидного сечения, четырех четвертей конусов в торцах карьера и двух треугольных призм толщиной, равной ширине дна (40 м) в торцах карьера.

Так как имеется зона наносов, фигура карьера дополнительно разбивается на скальную и наносную части.

Расчет объема производится поэлементно с использованием предварительно рассчитанных радиусов закруглений.

Объем горной массы рассчитывается

– для прямого участка  $V_{г.м.п.}$  (тыс.  $m^3$ ) – по формулам:

$$\text{(при } \beta_{к.л.} = \beta_{к.в.}); \quad (11)$$

$$V_{г.м.п.} = [(b_c + b_d)(H_k - h_m) + (b_c + b_k + b_d)h_m] L_p$$

$$\text{(при } \beta_{к.л.} = \alpha_{p.T}); \quad (12)$$

$$V_{г.м.п.} = \left[ \frac{b_c + b'_c + 2b_d}{2} (H_k - h_m) + \frac{b_c + b'_c + 2b_d + b_k + b'_k}{2} h_m \right] L_p$$

– для торцевых участков  $V_{г.м.т.}$  (тыс. м<sup>3</sup>) – по формулам:  
(при  $\beta_{к.л.} = \beta_{к.в.}$ );

$$V_{г.м.т.} = \frac{\pi b_c^2}{3} (H_k - h_m) + b_c (H_k - h_m) b_n + \frac{\pi}{4} (b_c + b_k)^2 h_m + (b_c + b_k) h_m b_n \quad (13)$$

(при  $\beta_{к.л.} = \alpha_{р.т.}$ ).

$$V_{г.м.т.} = \frac{\pi b_c^2}{6} (H_k - h_m) + \frac{\pi b_c b'_c}{6} (H_k - h_m) + b_c (H_k - h_m) b_n + \frac{\pi}{8} (b_c + b_k)^2 \times \\ \times h_m + \frac{\pi}{8} (b_c + b_k) (b'_c + b'_k) h_m + (b_c + b_k) h_m b_n. \quad (14)$$

Общий объем горной массы  $V_{г.м.}$  (тыс. м<sup>3</sup>) равен

$$V_{г.м.} = V_{г.м.п.} + V_{г.м.т.} \quad (15)$$

### 3.2. ОБЪЕМ ВСКРЫШИ

Объем вскрыши  $V_v$  (тыс. м<sup>3</sup>) определяется по формуле

$$V_v = V_{г.м.} - P. \quad (16)$$

## 4. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВСКРЫШИ

### 4.1. СРЕДНИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВСКРЫШИ

Средний коэффициент вскрыши  $n_{ср.}$  (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>) определяется по формуле

$$n_{ср.} = \frac{V_v}{P}. \quad (17)$$

### 4.2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВСКРЫШИ ОСНОВНОГО ПЕРИОДА РАБОТЫ КАРЬЕРА

Эксплуатационный коэффициент вскрыши  $n_1$  (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>) определяется по формуле

$$n_1 = \lambda (1 - \mu) n_{ср.} \quad (18)$$

где  $\lambda_1$  – коэффициент неравномерности вскрышных работ основного (первого) периода эксплуатации карьера, обычно составляет 1,15–1,65 (для пластовых месторождений правильной формы – 1,2–1,35);  $\mu$  – доля первоначального значения коэффициента вскрыши  $n_0$  от среднего  $n_{ср.}$

Доля первоначального значения коэффициента вскрыши  $\mu$  (доли ед.) определяется по формуле

$$\mu = \frac{\eta_0}{\eta_{\text{ср}}} \quad (19)$$

для налегающих пород небольшой мощности  $\mu = 0,05 - 0,2$ .

## 5. ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСКАВАТОРА

Для упрощенных расчетов годовую производительность экскаватора  $Q$  (тыс.  $\text{м}^3$ ) можно определить с использованием удельной годовой производительности экскаватора:

$$Q = q E, \quad (20)$$

где  $q$  – удельная годовая производительность экскаватора на  $1 \text{ м}^3$  вместимости ковша, обычно находится в диапазоне  $120 - 170$  тыс.  $\text{м}^3/\text{м}^3$ . Для данной работы целесообразно выбирать значение  $q$  из диапазона  $120 - 135$  тыс.  $\text{м}^3/\text{м}^3$ .

## 6. ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ АВТОСАМОСВАЛА

Грузоподъемность автосамосвала выбирается из условия рационального соотношения вместимостей ковша экскаватора  $E$  и кузова автосамосвала  $V_{\text{к}}$ . Это соотношение зависит от расстояния транспортирования груза: чем длиннее плечо откатки, тем вместимость кузова должна быть больше по сравнению с  $E$ .

Для средних значений расстояния транспортирования ( $2 - 4$  км) рациональное соотношение находится в диапазоне

$$E : V_{\text{к}} = 1 : 4 \div 1 : 6 \quad (21)$$

Соотношение  $1 : 7$  используется по данным практики работы карьеров, в которых эксплуатируются большегрузные автосамосвалы и экскаваторы с пониженной вместимостью ковша, так как типовые параметры ковша экскаватора  $E$  несколько отстают от величин типовых грузоподъемностей автосамосвалов.

Вес породы в ковше экскаватора  $g$  (т) определяют по формуле

$$g = E \delta_p K_s \quad (22)$$

где  $K_s$  – коэффициент экскавации, зависит от плотности пород (выбирается по приложению 5).

Диапазон рациональной грузоподъемности автосамосвала  $G$  (т) составляет

$$G = g \cdot 4 \div g \cdot 7 \quad (23)$$

Целесообразнее выбирать машину с большей грузоподъемностью, так как она более экономична и экологична в эксплуатации. Выбор производится из типового ряда автосамосвалов грузоподъемностью: 42, 75, 90, 105, 110, 120, 130, 150, 180 т.

## **7. ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ**

### **7.1. УГОЛ ОТКОСА РАБОЧЕГО УСТУПА**

Выбирается наибольшее значение для данного типа пород по нормам ВНИМИ (приложение 1).

### **7.2. ШИРИНА ЭКСКАВАТОРНОЙ ЗАХОДКИ**

Ширина экскаваторной заходки  $a$  (м) определяется из выражения

$$a = R_{ч.у} (1,5 \div 1,7) \quad (24)$$

где  $R_{ч.у}$  – радиус черпания на уровне стояния экскаватора (выбирается по приложению 6).

Для скальных пород целесообразнее выбирать наибольшее целое значение  $a$ , так как при многорядном взрывании образуется большой развал дробленой породы.

### **7.3. ДЛИНА АКТИВНОГО ФРОНТА РАБОТ ЭКСКАВАТОРА**

Определяется исходя из минимального нормативного фронта на один экскаватор  $L_{ф.min}$  (приложение 6).

Оптимальная длина активного фронта находится в пределах

$$L_{ф} = (1,5 \div 2,0) L_{ф.min}, \text{ м.} \quad (25)$$

Для предварительных расчетов вначале задают

$$L_{ф} = 1,5 L_{ф.min}, \text{ м.} \quad (26)$$

#### 7.4. СКОРОСТЬ ПОДВИГАНИЯ РАБОЧИХ УСТУПОВ

Скорость подвигания рабочих уступов  $V_y$  (м/год) определяется по формуле

$$V_y = \frac{Q}{k_y L_{\Phi}} \quad (27)$$

#### 7.5. ШИРИНА РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКИ

Ширина рабочей площадки  $B_{р.п.}$  (м) определяется двумя методами:

1) с учетом нормативов готовых к выемке запасов ( $\mu_r$ ) по формуле:

$$B_{р.п.} = B_{тр.б.} + \mu_r \cdot V_y, \quad (28)$$

где  $B_{тр.б.}$  – ширина транспортной бермы (по нормативам значение  $B_{тр.б.}$  определяют в зависимости от грузоподъемности автосамосвала  $Q$  для карьера глубиной более 50 м, приложение 2). Результат округляют до 0,5 м в большую сторону.

Минимальное значение готовых к выемке запасов по нормам института Гипроруда составляет 2,5 мес., то есть их доля от года  $\mu_r$  составляет 0,21 года.

Произведение  $\mu_r V_y$  обозначим как  $\Delta B_{р.п.}$  – необходимая дополнительная ширина рабочей площадки для учета нормативного резерва запасов экскаватора.

2) с учетом равенства  $\Delta B_{р.п.}$  ширине выбранной заходки экскаватора  $a$ .

Окончательно ширина рабочей площадки  $B_{р.п.}$  (м) рассчитывается как сумма:

$$B_{р.п.} = B_{тр.б.} + \Delta B_{р.п. \max}, \quad (29)$$

где  $\Delta B_{р.п. \max}$  – наибольшее значение  $\Delta B_{р.п.}$  из определенных вышеуказанными методами.

#### 7.6. УГОЛ НАКЛОНА РАБОЧЕГО БОРТА

Угол наклона рабочего борта  $\alpha_{р.б.}$  (град.) рассчитывается по формуле

$$\alpha_{р.б.} = \text{arcctg} \frac{B_{р.п.} + k_y \text{ctg} \alpha_y}{k_y}, \quad (30)$$

результат округляется до целых значений градуса.

#### 7.7. СКОРОСТЬ ГОДОВОГО ПОНИЖЕНИЯ ДНА КАРЬЕРА

Скорость годового понижения дна карьера  $h_r$  (м) определяется по формуле

$$h_r = \frac{V_y}{\text{ctg} \alpha_{р.б.} + \text{ctg} \beta_k} \quad (31)$$

где  $\beta_n$  – угол направления углубки.

Так как в соответствии с заданием направление углубки следует выбирать вдоль лежачего контакта рудного тела с вмещающими породами, то  $\beta_n = \alpha_{p.t.}$

Полученное значение  $h_r$  сравнивают с контрольным значением (см. приложение 7).

При несовпадении условий залегания рудного тела с табличным значением, производят интерполяцию табличных значений  $h_r$  в соответствии с условием задания. Например, если по заданию угол направления углубки составляет 50 или 55 градусов, то для экскаватора с вместимостью ковша 8 м<sup>3</sup> значение  $h_r$  выбирают между 18 и 20 м (в целых числах):  $h_r = 19$  м.

Если первоначально рассчитанное по формуле значение  $h_r$  превышает контрольное, то принимают контрольное значение  $h'_r$  и производят перерасчет параметров системы разработки.

## 7.8. КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Чаще всего изменению подлежит длина активного фронта работ на один экскаватор. Для этого необходимо выполнить следующее:

Используя контрольное значение скорости годового понижения дна карьера  $h'_r$ , рассчитывают новое значение скорости подвигания рабочих уступов  $V'_y$  (м/год):

$$V'_y = h'_r (\text{ctg} \alpha_{p.s} + \text{ctg} \beta_k) \quad (32)$$

Далее проверяют значение  $\Delta B_{p.n}$  (м):

$$\Delta B_{p.n} = \mu_r V'_y \quad (33)$$

Если значение  $\Delta B_{p.n}$  получается меньше ранее принятого, то величина угла рабочего борта не будет нуждаться в корректировке.

Затем корректируют длину активного фронта работ на один экскаватор  $L'_\Phi$  (м):

$$L'_\Phi = \frac{Q}{h_y V'_y} \quad (34)$$

значение округляют до десятков метров в большую сторону.

## 8. ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРА ПО РУДЕ, ВСКРЫШЕ, ГОРНОЙ МАССЕ

### 8.1. ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРА ПО РУДЕ

Годовая производительность карьера по руде  $A_p$  тыс. м<sup>3</sup> рассчитывается исходя из принятого значения скорости углубки карьера, средней горизонтальной площади рудного тела  $S_p$  и ранее выбранных значений коэффициентов потерь и разубоживания

$$A_p = k_x S_p \frac{1-\eta}{1-\rho} \quad (35)$$

Значение, выраженное в тыс. м<sup>3</sup> переводят в тыс. т и округляют до сотен тыс. т.

Так как рудное тело правильной формы, то средняя горизонтальная площадь рудного тела  $S_p$  (тыс. м<sup>2</sup>) определяется по формуле

$$S_p = m_x L_p \quad (36)$$

## 8.2. ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПО ВСКРЫШЕ

Годовая производительность карьера по вскрыше  $A_b$  (тыс. м<sup>3</sup>) определяется по формуле

$$A_b = A_p \eta_1 \quad (37)$$

Так как значение  $A_p$  выражено в тыс. м<sup>3</sup>, то принятое в разделе 8.1. значение в тыс. т переводят в тыс. м<sup>3</sup>. Полученное значение  $A_b$  округляют до десятков тыс. м<sup>3</sup>.

## 8.3. ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРА ПО ГОРНОЙ МАССЕ

Годовая производительность карьера по горной массе  $A_{г.м}$  (тыс. м<sup>3</sup>) определяется по формуле

$$A_{г.м} = A_p + A_b, \quad (38)$$

округляется до десятков тыс. м<sup>3</sup>.

## 8.4. ПАРК ЭКСКАВАТОРОВ

Расчет парка экскаваторов  $N_3$  (ед.) производится по следующей формуле:

$$N_3 = \frac{A_{г.м}}{Q} \quad (39)$$

результат округляют до целого числа в большую сторону.

Аналогично рассчитывают число машин, занятых на добыче руды.

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС» в г. Алмалык**

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**по дисциплине  
«ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ  
МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»**



Программу составил(и):

PhD. Каримов Ш.В., доцент кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСиС

Рабочая программа

**Технология и комплексная механизация открытых горных работ**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
по специальности 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО (приказ от 02.12.2015 г. № 602 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО, Открытые горные работы, утвержденного Ученым  
советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.05.2020, протокол № 10/зг

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Кафедра горного дела**

Протокол от 09.06.2021 г., №10

Зав. кафедрой Кахаров С.К.

**ПРОГРАММА КУРСА  
«ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХЕНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ  
РАБОТ»**

*Раздел первый.*

**ОСНОВЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ.**

*Лекция 1*

**ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.**

Предмет и задачи учебной дисциплины и ее связь со смежными дисциплинами. Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования.

<b>Методы и техники обучения</b>	«З-С-У» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 2*

**ВИДЫ И ПЕРИОДЫ ГОРНЫХ РАБОТ. ПОРЯДОК РАЗВИТИЯ ОТКРЫТЫХ  
ГОРНЫХ РАБОТ**

Карьерное поле. Основные параметры карьера. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей. Подготовка поверхности. Сушение породного массива. Горно-капитальные работы. Эксплуатационные горные работы. Реконструкция карьерного хозяйства. Вскрышные работы. Добычные работы

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 3*

**ПОНЯТИЕ О РЕЖИМЕ И ЭТАПАХ ГОРНЫХ РАБОТ. ПОДГОТОВКА  
КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ К РАЗРАБОТКЕ**

Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Средний коэффициент вскрыши. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши. Текущий коэффициент вскрыши. Граничный коэффициент вскрыши. Плановый коэффициент вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Раздел второй.*

## **ГРУЗОПОТОКИ И СИСТЕМА ВСКРЫТИЯ РАБОЧИХ ГОРИЗОНТОВ.**

*Лекция 4*

### **ПОРЯДОК ФОРМИРОВАНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ. ВИДЫ ГРУЗОПОТОКОВ**

Разнообразие форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 5*

### **ВСКРЫТИЕ РАБОЧИХ ГОРИЗОНТОВ КАРЬЕРА**

Начальные этапы развития горных работ. Сооружение специальных выработок. Первоначальный фронт. Траншея. Горизонт. Выбор места заложения траншей. Скорость подвигания фронта работ. Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия.

<b>Методы и техники обучения</b>	«З-С-У» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 6*

### **ТРАССЫ ВСКРЫВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК**

Трасса траншеи. План пути. Продольный профиль пути. Трассирование. Положение трассы. Срок службы. Основание для трассирования. Теоретическая длина трассы. Действительная длина трассы. Форма трассы. Смешанная трасса. Схема вскрывающих трасс. Система вскрывающих трасс.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Раздел третий.*

## СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### Лекция 7

#### РАЗДЕЛЕНИЕ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ НА ВЫЕМОЧНЫЕ СЛОИ. ВЫСОТА И УСТОЙЧИВОСТЬ УСТУПОВ.

Определенный порядок. Выемочные слои. Горизонтальные. Наклонные. Крутые. Число уступов. Важнейший элемент открытой разработки. Высота уступа. Рациональная высота уступов. Аналитический метод. Разработка горизонтальных и пологих залежей. Разработка наклонных и крутопадающих залежей. Устойчивость откосов. Козырьки. Нависи. Группа геологических факторов. Группа гидрогеологических факторов. Группа технологических факторов.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### Лекция 8

#### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ФРОНТЕ ГОРНЫХ РАБОТ

Направление развития. Расположение. Вдоль длинной оси. Вдоль короткой оси. Концентрически. Структура. Однородный фронт. Разнородный. Сложноразнородный. Направление перемещения горной массы. Погрузка горной массы. Число транспортных грузовых выходов. Положение транспортного выхода.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### Лекция 9

#### НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ФРОНТА РАБОТ. ПРОТЯЖЕННОСТЬ И СКОРОСТЬ ПОДВИГАНИЯ ФРОНТА РАБОТ.

Панель вдоль фронта работ. Блок панели. Часть панели. Рабочие блоки. Выемочные заходки. Продольные. Поперечные. Диагональные. Нормальные. Граница слоя. Длина фронта. Протяженность. Первоначальный фронт уступа. Интенсивность разработки. Скорость подвигания. Годовая производительность экскаватора.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### Лекция 10

#### РАБОЧАЯ ЗОНА КАРЬЕРА. ПОДГОТОВЛЕННЫЕ, ВСКРЫТЫЕ И ГОТОВЫЕ К ВЫЕМКЕ ЗАПАСЫ

Разработка нескольких уступов. Рабочий и нерабочий фронт. Предохранительные и транспортные бермы. Рабочая зона. Примеры рабочих зон. Охват бортов карьера. Интенсивные горные работы. Неинтенсивные горные работы. Сплошная зона. Углубляющаяся рабочая зона. Подготовленные запасы. Вскрытые. Готовые. Текущий. Плановый.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### *Лекция 11*

#### **КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

Порядок. Последовательность. Установленный объем и порядок. Зависимые. Полузависимые. Независимые. Сплошные. Углубочные. Углубочно-сплошные. Продольные. Поперечные. Веерные. Кольцевые. Однобортовое. Двухбортовое. Центральное. Периферийное. Рассредоточенное.

<b>Методы и техники обучения</b>	«З-С-У» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

#### *Раздел четвёртый.*

#### **ТЕОРИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

### *Лекция 12*

#### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ. ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ**

Сущность основных процессов. Бурение. Взрывание. Выемка. Транспортирование. Складирование. Начальные и конечные склады. Грузопоток. Элементарный грузопоток. Комплекс горного и транспортного оборудования. Комплектность механизации. Качественное. Количественное. Комплексная механизация. Автоматизация. Разработка горных пород. Комплекс оборудования. Поточная технология. Основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования. Число действующих машин и механизмов.

<b>Методы и техники обучения</b>	«З-С-У» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### *Лекция 13*

#### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ ОБОРУДОВАНИЯ**

Технологический класс. Выемочные. Экскаваторные. Выемочно-отвальные. Экскаваторно-отвальные. Выемочно-транспортно-отвальные. Выемочно-транспортно-

разгрузочные.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Раздел пятый*

**ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИ СПЛОШНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

**Система разработки и способы вскрытия**

*Лекция 14*

**ПРОДОЛЬНЫЕ, ПОПЕРЕЧНЫЕ, ВЕЕРНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ**

Продольная однобортовая. Продольная двухбортовая. Поперечные однобортовые. Веерная центральная. Сплошная кольцевая. Кольцевая центральная. Комплексы ВО и ЭО. Комплексы ВТО и ЭТО. Транспортные коммуникации. Параллельное перемещение.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 15*

**ВСКРЫТИЕ РАБОЧИХ ГОРИЗОНТОВ ПРИ СПЛОШНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

Бестраншейное вскрытие. Внешние отдельные траншеи. Внешние групповые траншеи. Внешние общие траншеи. Внутренние траншеи. Траншеи смешанного заложения. Схемы вскрывающих трасс для горизонтальных и пологих залежей. Схемы вскрывающих трасс внутреннего заложения. Трассы смешанного заложения. Схемы с параллельным использованием вскрывающих трасс. Системы вскрывающих трасс.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 16*

**ПОРЯДОК ВЫЕМКИ ЭКСКАВАТОРНО-ОТВАЛЬНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ.**

Применение технологических комплексов. Взаимная расстановка оборудования. Простая перевалка. Кратная перевалка. Коэффициент кратности перевалки. Экономически допустимый коэффициент переэкскавации. Элементы системы разработки на забойной стороне. Элементы системы разработки на отвальной стороне. Ширина заходки. Длина фронта работ.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 17*

**СПОСОБЫ ВСКРЫТИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ТРАНШЕЙ ПРИ ЭКСКАВАТОРНО-ОТВАЛЬНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ.**

Вскрытие одной фланговой капитальной траншеей. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями. Вскрытие одной центральной капитальной траншеей. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями. Вскрытие тремя капитальными траншеями. Бестранспортное проведение траншей. Выемка широкой заходкой. Выемка двумя-тремя заходками. Послойное проведение траншей.

<b>Методы и техники обучения</b>	«З-С-У» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 18*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С КОНСОЛЬНЫМИ ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЯМИ.**

Перемещение породы отвалообразователями. Система разработки. Достоинства технологических комплексов. Непрерывность производства. Схемы экскавации. Установка отвалообразователя на кровле залежи. Установка отвалообразователя на разных горизонтах с экскаватором. Установка отвалообразователя на предотвале. Изменение места стояния.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 19*

**ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С КОНВЕЙЕРНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ СПЛОШНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

Горизонтальная и пологая залежь. Вдоль фронта. Использование комплексов ЭТО и ВТО. Рациональное расстояние перемещения. Конвейер. Протяженность конвейерных линий. Перегрузатель. Забойный конвейер. Передаточный конвейер. Отвальный конвейер. Соединительный конвейер. Магистральный конвейер. Консольный отвалообразователь.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 20*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ГОРНОЙ МАССЫ АВТОТРАНСПОРТОМ ПРИ СПЛОШНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

Автосамосвал. Грузоподъемность. Система разработки. Поперечная. Продольная. Поперечно-продольная. Радиальная. Подвигание отдельных участков. Мощная горизонтальная залежь. Схема вскрытия. Рабочие горизонты. Минимальная ширина вскрышной панели. Послойная отработка крутой залежи. Подвигание фронта работ. Полная глубина.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Лекция 21*

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПРИ СПЛОШНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

Параллельная работа. Сочетание комплексов ВО и ЭО. Сочетание комплексов ВТО, ЭТО. Комплексы с различными видами транспорта. Комплексы с гидромеханизированным и механическим оборудованием. Скреперные и бульдозерные агрегаты. Основные комбинированные технологические комплексы.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

*Раздел шестой*

**ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИ УГЛУБОЧНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

**Система разработки и способы вскрытия**

*Лекция 22*

**УГЛУБОЧНАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ.**

Форма и строение залежей. Преобладающие типы. Мощность пород. Одновременная разработка. Повышение трудности. Мощность покрывающих пород. Обводненность. Температурный режим. Рельеф поверхности. Форма и размеры карьеров. Условия производства. Объемы горных работ. Обеспечение плановых объемов.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Мозговой штурм» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### Лекция 23

#### **ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ, КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ БЕРМ ПРИ УГЛУБОЧНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ.**

Разработка наклонного и крутого месторождения. Параллельное подвигание фронта. Начальное положение. Угол падения залежи. Продольная двухбортовая. Поперечная однобортовая. Мульдообразная залежь. Веерное развитие горных работ. Транспортные бермы. Предохранительные бермы. Элементы соединительных берм.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(4 часа)

### Лекция 24

#### **ВСКРЫТИЕ ВНЕШНИМИ КАПИТАЛЬНЫМИ ТРАНШЕЯМИ.**

Требуемая пропускная способность трассы вскрывающих выработок. Вскрытие рабочих горизонтов. Глубина заложения внешних траншей. Объем работ. Вскрытие нескольких горизонтов. Глубокое заложение. Высота уступов. Выход залежей под наносы. Простирание. Размеры карьера. Толща покрывающих пород.

<b>Методы и техники обучения</b>	«З-С-У» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,

(2 часа)

### Лекция 25

#### **ПРОСТЫЕ, ТУПИКОВЫЕ И ПЕТЛЕВЫЕ ТРАССЫ.**

Виды внутренних полутраншей. Съезд. Угол в плане. Простая трасса. Стационарная. Полустанционарная. Скользящая. Движение транспортных средств. Участки трассы. Примыкание съездов. Схема съездов. Тупиковые трассы. Длина тупиковых площадок. Одноступенчатые. Многоступенчатые. Путьевое развитие. Петлевые трассы. Полувыемка. Полунасыпь. Центральный угол.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(2 часа)

### Лекция 26

#### **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ КОМБИНАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО И КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА.**

Перегрузка горной массы через дробильные агрегаты. Применение грохотильных агрегатов. Специальные конвейеры. Комплекс с дроблением. Комплекс с грохочением. Пластинчатые. Колесно-ленточные. Подъемные. Магистральные. Дробильно-

обогащительный. Отвал. Вторичная перегрузка. Размещение ПП. Проектные схемы. Передвижные дробильные установки. Звенья механизации.

<b>Методы и техники обучения</b>	«Кластер» презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

(4 часа)

**Тематический план лекционных занятий по дисциплине  
«Технология и комплексная механизация открытых горных работ»  
8-СЕМЕСТР**

№	Вид	Наименование темы и ее краткое содержание	Отведен
1	2	3	4
<b>I</b>	<b>Основы открытой разработки месторождений полезных ископаемых</b>		<b>6</b>
1.1	Лекция	Введение. Общие сведения о технологии открытой добычи полезных ископаемых.	2
1.2	Лекция	Виды и периоды горных работ. Порядок развития открытых горных работ.	2
1.3	Лекция	Понятие о режиме и этапах горных работ. Подготовка карьерного поля к разработке.	2
<b>II</b>	<b>Грузопотоки и система вскрытия рабочих горизонтов.</b>		<b>6</b>
2.1	Лекция	Порядок формирования грузопотоков. Виды грузопотоков.	2
2.2	Лекция	Вскрытие рабочих горизонтов карьера.	2
2.3	Лекция	Трассы вскрывающих выработок.	2
<b>III</b>	<b>Системы разработки месторождений</b>		<b>10</b>
3.1	Лекция	Разделение карьерного поля на выемочные слои. Высота и устойчивость уступа.	2
3.2	Лекция	Основные понятия о фронте горных работ.	2
3.3	Лекция	Направления перемещения фронта работ. Протяженность и скорость подвигания фронта работ.	2
3.4	Лекция	Рабочая зона карьера. Подготовленные, вскрытые и готовые к выемке запасы.	2
3.5	Лекция	Классификация систем разработки	2
<b>IV</b>	<b>Теория комплексной механизации открытых горных работ</b>		<b>4</b>
4.1	Лекция	Общие сведения о комплексной механизации открытых горных работ. Принципы комплексной механизации.	2
4.2	Лекция	Технологическая классификация комплексов оборудования.	2
<b>V</b>	<b>Технология и комплексная механизация при сплошных системах разработки.</b>		<b>10</b>

5.1	Лекция	Продольные, поперечные, веерные и кольцевые системы разработки.	2
5.2	Лекция	Вскрытие рабочих горизонтов при сплошных системах разработки.	2
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
5.3	Лекция	Порядок выемки экскаваторно-отвальными технологическими комплексами.	2
5.4	Лекция	Способы вскрытия и проведение траншей при экскаваторно-отвальном технологическом комплексе	2
5.6	Лекция	Технологические комплексы с консольными отвалообразователями.	2
		<b>Всего:</b>	<b>36</b>

### 9-СЕМЕСТР

№	Вид	Наименование темы и ее краткое содержание	Отведен
<b>V</b>	<b>Технология и комплексная механизация при сплошных системах разработки.</b>		<b>6</b>
5.7	Лекция	Транспортные технологические комплексы. технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы при сплошных системах разработки.	2
5.8	Лекция	Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом при сплошных системах разработки.	2
5.9	Лекция	Комбинированные технологические комплексы при сплошных системах разработки.	2
<b>VI</b>	<b>Технология и комплексная механизация при углубочных системах разработки.</b>		<b>14</b>
6.1	Лекция	Углубочная система разработки. условия применения углубочных систем разработки	2
6.2	Лекция	Варианты развития горных работ, конструкции и параметры берм при углубочных системах разработки.	4
6.3	Лекция	Вскрытие внешними капитальными траншеями.	2
6.4	Лекция	Простые, тупиковые и петлевые трассы. спиральные трассы.	2
6.7	Лекция	Особенности технологии и комплексной механизации при комбинации автомобильного и конвейерного транспорта.	4
		<b>Всего:</b>	<b>20</b>

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Практическая работа №1.** Техника безопасности при ОГР (2 часа). *Цель работы:* Ознакомить студентов с техникой безопасности при ОГР. *План учебного занятия:* Основные понятия и термины. ТБ при ведении БВР. ТБ при экскавационных работах. ТБ при транспортировании г.п. ТБ при отвалообразовании.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм», презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,

**Практическая работа №2.** Определение главных параметров карьера (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику определению главных параметров карьера. *План учебного занятия:* Основные понятия и термины. Ознакомление с исходными данными к работе. Расчет параметров карьера

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кубик» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №3.** Конструкция и объем капитальных траншей. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета объема капитальных траншей. *План учебного занятия:* Ознакомление с конструкцией траншеи. Расчет параметров капитальной траншеи. Расчет объема капитальной траншеи

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №4.** Расчет параметров и показателей проходки разрезной траншеи. (2 часа). *Цель работы:* Освоение методики расчета параметров и показателей проходки разрезной траншеи. *План учебного занятия:* Основные понятия и термины. Определение главных параметров разрезной траншеи. Расчет показателей проходки разрезной траншеи. Построение графика проходки траншеи.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №5.** Определение скорости углубки горных работ на карьере. (2 часа). *Цель работы:* Овладение навыками расчета скорости углубки горных работ на карьере. *План учебного занятия:* Основные понятия и термины. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №6.** Определение максимальной высоты рабочей зоны при обработке крутопадающей залежи. (2 часа). *Цель работы:* Овладение навыками расчета максимальной высоты рабочей зоны при обработке крутопадающей залежи. *План учебного занятия:* Основные понятия и термины. Методика расчета

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №7.** Определение угла откоса бортов карьера. (2 часа). *Цель работы:* Освоение методики расчета определения угла откоса бортов карьера. *План учебного занятия:* Основные понятие и термины. Определение угла откоса рабочего борта. Определение откоса нерабочего борта

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Бумеранг» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №8.** Определение параметров технологической выемки пород драглайнами. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров технологической схемы выемки пород драглайнами. *План учебного занятия:* Основные понятие и термины. Методика расчета

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №9.** Определение параметров отвалообразования при автомобильном транспорте. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров отвалообразования при автомобильном транспорте. *План учебного занятия:* Технология отвалообразования. Отвалообразование при автомобильном транспорте. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №10.** Расчет параметров отвалообразования при железнодорожном транспорте. (4 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров отвалообразования при железнодорожном транспорте. *План учебного занятия:* Основные

понятие и термины. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №11.** Расчет параметров технологических процессов горных работ на карьере. (4 часа). *Цель занятий:* Освоить методику расчета параметров технологических процессов горных работ на карьере. *План учебного занятия:* Основные технологические процессы. Расчет выемочно-погрузочного оборудования. Расчет параметров БВР. Расчет параметров транспортирования.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Бумеранг» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №12.** Определение параметров технологии разработки пологих месторождений. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров технологии разработки пологих месторождений. *План учебного занятия:* Основные понятия и термины. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №13.** Расчет необходимого количества горного оборудования (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета необходимого количества горного оборудования. *План учебного занятия:* Расчет парка буровых машин. Расчет парка экскаватора. Расчет парка автосамосвала

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №14.** Определение параметров бестранспортной системы разработки. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров бестранспортной системы разработки. *План учебного занятия:* Основные понятие и термины. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №15.** Определение параметров транспортной системы разработки (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров транспортной системы разработки. *План учебного занятия:* Основные понятие и термины. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №16.** Определение параметров транспортно-отвальная система разработки. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета параметров транспортно-отвальной системы разработки. *План учебного занятия:* Основные понятие и термины. Методика расчета.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Мозговой штурм» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

**Практическая работа №17.** Определение коэффициентов потерь и разубоживания. (2 часа). *Цель работы:* Освоить методику расчета коэффициента потерь и разубоживания. *План учебного занятия:* Основные понятие и термины. Расчет потерь . Расчет разубоживания.

<b>Методы и техники обучения</b>	Технология «Кластер» , презентация, раздаточные материалы.
<b>Средства обучения</b>	Видеопроектор, визуальные материалы информационное обеспечение,.

#### Рекомендуемые темы для самостоятельных занятий

№	1-самостоятельная работа	2-самостоятельная работа
	<b>Основы открытой разработки месторождений полезных ископаемых (15 ч)</b>	
1	Реферат и презентация на тему: “Принципы открытой разработки месторождений полезных ископаемых».	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Принципы открытой разработки месторождений полезных ископаемых».
2	Реферат и презентация на тему: “Качество продукции горных предприятий”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме:
3	Реферат и презентация на тему: “Выемочно погрузочные работы”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Выемочно погрузочные работы”.
4	Реферат и презентация на тему: “Подготовка горных пород к выемке”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Подготовка горных пород к выемке”.

5	Реферат и презентация на тему: “Технологические основы буровых работ”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические основы буровых работ”.
6	Реферат и презентация на тему: “Технологические основы взрывных работ”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические основы взрывных работ”.
7	Реферат и презентация на тему: “Элементы карьера и основные горнотехнические понятия”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: Элементы карьера и основные горнотехнические понятия”.
8	Реферат и презентация на тему: “Механизация производственных процессов”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Механизация производственных процессов”.
9	Реферат и презентация на тему: “Общие сведения о месторождение полезных ископаемых и технология их разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Общие сведения о месторождение полезных ископаемых и технология их разработки”.
10	Реферат и презентация на тему: “Элементы карьера и основные горнотехнические понятия”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: Элементы карьера и основные горнотехнические понятия”.
<b>Грузопотоки и система вскрытия рабочих горизонтов (20 ч)</b>		
1	Реферат и презентация на тему: “Теоерия вскрытия рабочих горизонтов”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Теоерия вскрытия рабочих горизонтов”.
2	Реферат и презентация на тему: “Объемы капитальных траншей и полутраншей”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Объемы капитальных траншей и полутраншей”.
3	Реферат и презентация на тему: “Основные понятия о фронте горных работ”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Основные понятия о фронте горных работ”.
4	Реферат и презентация на тему: “Системы разработки и способы вскрытия”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме:
5	Реферат и презентация на тему: “Вскрытие рабочих горизонтов при углубочных системах разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Вскрытие рабочих горизонтов при углубочных системах разработки”.
6	Реферат и презентация на тему: “Параметры траншей и способы их проведения”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Параметры траншей и способы их проведения”.
7	Реферат и презентация на тему: “Параметры траншей и способы их проведения”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Параметры траншей и способы их проведения”.
8	Реферат и презентация на тему: “Технологические потоки на карьерах”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические потоки на карьерах”.
<b>Системы разработки месторождений (30 ч)</b>		

1	Реферат и презентация на тему: “Теория систем разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Теория систем разработки”.
2	Реферат и презентация на тему: “Транспортирование карьерных грузов”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме:
3	Реферат и презентация на тему: “Основные параметры карьера”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Основные параметры карьера”.
4	Реферат и презентация на тему: “Взаимная связь производственных процессов в карьере”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Взаимная связь производственных процессов в карьере”.
5	Реферат и презентация на тему: “Транспортные системы разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Транспортные системы разработки”.
6	Реферат и презентация на тему: “Комбинированные системы разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Комбинированные системы разработки”.
6	Реферат и презентация на тему: “Выемочно – погрузочные работы”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Выемочно – погрузочные работы”.
7	Реферат и презентация на тему: “Классификация систем разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Классификация систем разработки”.
<b>Теория комплексной механизации открытых горных работ (30 ч)</b>		
1	Реферат и презентация на тему: “Теория комплексной механизации открытых горных работ”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Теория комплексной механизации открытых горных работ”.
2	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы при комбинации средств транспорта”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы при комбинации средств транспорта”.
3	Реферат и презентация на тему: “Циклично – поточная технология в глубоких карьерах”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Циклично – поточная технология в глубоких карьерах”.
4	Реферат и презентация на тему: “Типы забоев и заходок. Способы выемке пород”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Типы забоев и заходок. Способы выемке пород”.
5	Реферат и презентация на тему: “Общие сведения об экскавируемости горных пород и производительности выемочных машин”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Общие сведения об экскавируемости горных пород и производительности выемочных машин”.
6	Реферат и презентация на тему: “Отвалообразование пустых пород и складирование некондиционного полезного ископаемого”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Отвалообразование пустых пород и складирование некондиционного полезного ископаемого”.
<b>Технология и комплексная механизация при сплошных системах разработки (20 ч)</b>		

1	Реферат и презентация на тему: “Технология и комплексная механизация при сплошных системах разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технология и комплексная механизация при сплошных системах разработки”.
2	Реферат и презентация на тему: “Классификация систем разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Классификация систем разработки”.
3	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом”.
4	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы добычи строительных горных пород”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы добычи строительных горных пород”.
5	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Системы разработки и способы вскрытия”.
6	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы с конвейерным с перемещением породы железнодорожным транспортом во внутренние отвалы”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы с конвейерным с перемещением породы железнодорожным транспортом во внутренние отвалы”.
<b>Технология и комплексная механизация при углубочных системах разработки (20 ч)</b>		
1	Реферат и презентация на тему: “Технология и комплексная механизация при углубочных системах разработки”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технология и комплексная механизация при углубочных системах разработки”.
2	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы при железнодорожном транспорте (при углубочных системах разработки)”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы при железнодорожном транспорте (при углубочных системах разработки)”.
3	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы при автомобильном транспорте (при углубочных системах разработки)”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы при автомобильном транспорте (при углубочных системах разработки)”.
4	Реферат и презентация на тему: “Технологические комплексы при конвейерном транспорте (при углубочных системах разработки)”.	Составление кроссворда, тестов и глоссария по теме: “Технологические комплексы при конвейерном транспорте (при углубочных системах разработки)”.

### **Рекомендуемые литературы для самостоятельных работ.**

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: Учебник. Изд. 5-е – М.; Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. -552 с.
2. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: Учебник. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.; Недра, 1991. – 336 с.
3. Кучерский Н.И. Современные технологии при освоении коренных месторождений золота. – М.; Издательский дом «Руда и Металлы», 2007. -696 с.
4. Веницкий К.К. Параметры систем открытой разработки. – М.; Изд. – Недра, 1966. -263с
5. Анистратов Ю.А., Анистратов К.Ю., Щадов М.И. Справочник по открытым горным работам: М.: НТЦ «Горное дело», 2010.700с.,453 илл.
6. Н.Я.Репин., Л.Н. Репин. Выемочно-погрузочные работы. М.: Изд МГГУ, 2010.267с.
7. Н.Я. Репин. Подготовка горных пород к выемке. Ч. 1: Учебное пособие. – М.: «Мир горной книги», Изд. МГГУ,2009. -188 с.:ил.

# КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

## знаний студентов на основании рейтинговой системы по предмету «ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Дисциплина считается освоенной при выполнении следующих условий:

- текущий лекционный контроль имеет положительные оценки ("удовлетворительно", "хорошо", "отлично"),
- выполнены и защищены все практические работы, результаты лекционного контроля и защиты практических работ :
  - от 56 и менее 70 % «удовлетворительно»
  - от 71 и менее 85 % - «хорошо»
  - от 86 до 100 % - «отлично»,
- выполнен и защищен на положительную оценку ("удовлетворительно", "хорошо", "отлично") курсовой проект.

Задание на курсовое проектирование выдается преподавателем - руководителем курсового проектирования в начале 9 семестра индивидуально каждому студенту в соответствии с особенностями объекта. Студент получает индивидуальное задание для обоснования и расчета параметров производственных процессов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Курсовой проект состоит из графической части и пояснительной записки. Графическая часть выполняется на 1 листе формата А-1, на котором показывается принятый вариант решения по теме курсового проекта. Пояснительная записка должна содержать необходимые расчеты и обоснование принятых решений. Объем пояснительной записки 15-20 страниц печатного текста.

Пояснительная записка включает следующие обязательные части:

Титульный лист

Задание на курсовое проектирование

Оглавление

Введение

1. Обоснование границ и объемов горных работ
2. Обоснование системы разработки и параметров ее элементов
3. Обоснование схемы вскрытия и параметров вскрывающих выработок
4. Расчет параметров технологических схем ведения вскрышных и добычных работ

Заключение

Список литературы

Приложения (при наличии)

Графическая часть включает в себя:

Лист 1: План и разрез текущего положения горных работ

Курсовой проект оценивается по следующим критериям:

- оформление курсового проекта,
- структура курсового проекта,
- содержание курсового проекта.

Оценка "отлично" выставляется:

- по критерию "Оформление курсового проекта":

Пояснительная записка курсовой работы оформлена в соответствии с требованиями (по размерам полей, шрифту

основного текста, абзацным отступам, межстрочным интервалам, рубрикации, нумерации, написанию формул,

оформлению таблиц, иллюстраций, списку литературы). Имеются ссылки на использованные источники в тексте работы.

- по критерию "Содержание курсового проекта":

Пояснительная записка включает все обязательные части

- по критерию "Содержание курсового проекта":

Все разделы курсового проекта выполнены в полном объеме, содержат обоснованные инженерные решения и правильные расчеты.

Оценка "Хорошо" выставляется:

- по критерию "Оформление курсового проекта":

в оформлении курсового проекта допущены небольшие отклонения от требований (например, установлены неправильные

размеры полей, абзацные отступы и т.п.) при условии, что все остальные требования соблюдены.

- по критерию "Структура курсового проекта":

Пояснительная записка не содержит один из обязательных разделов.

- по критерию "Содержание курсового проекта":

Один из разделов курсового проекта содержит незначительные ошибки.

Оценка "Удовлетворительно" выставляется:

- по критерию "Оформление курсового проекта":

Оформление пояснительной записки частично соответствует установленным требованиям

# Раздаточные материалы по дисциплине: «ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

## Элементы и параметры карьера

1 – выработанное пространство; 2 – нерабочий борт; 3 – рабочий борт; 4 – конечный контур карьера; 5 – бермы;  $\alpha$  – угол откоса уступа;  $\varphi$  – угол откоса рабочего борта;  $\gamma_в$  – угол откоса нерабочего борта со стороны висячего бока залежи;  $\gamma_л$  – угол откоса нерабочего борта со стороны лежачего бока залежи;  $m_z$  – горизонтальная мощность залежи;  $\Pi$  – ширина рабочей площадки;  $h$  – высота уступа;  $H_K$  – глубина карьера;  $B_B$  – ширина карьера по верхнему контуру;  $\delta_T$  – ширина транспортной бермы;  $\delta_{II}$  – ширина предохранительной бермы

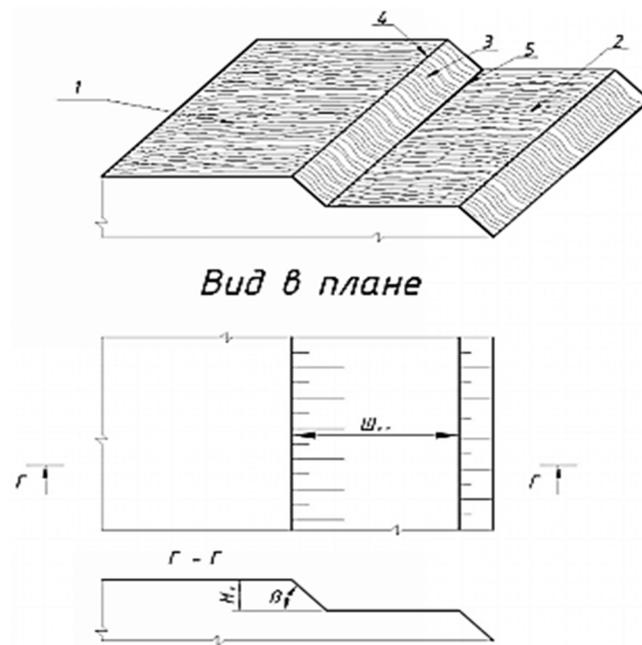


Рис.1. Вскрышной уступ

Условные обозначения:

- 1 – верхняя площадка уступа;
- 2 – нижняя площадка уступа;
- 3 – откос уступа;
- 4 – верхняя бровка уступа;
- 5 – нижняя бровка уступа;
- высота уступа;
- $\beta$  – угол откоса уступа;
- ширина рабочей площадки.

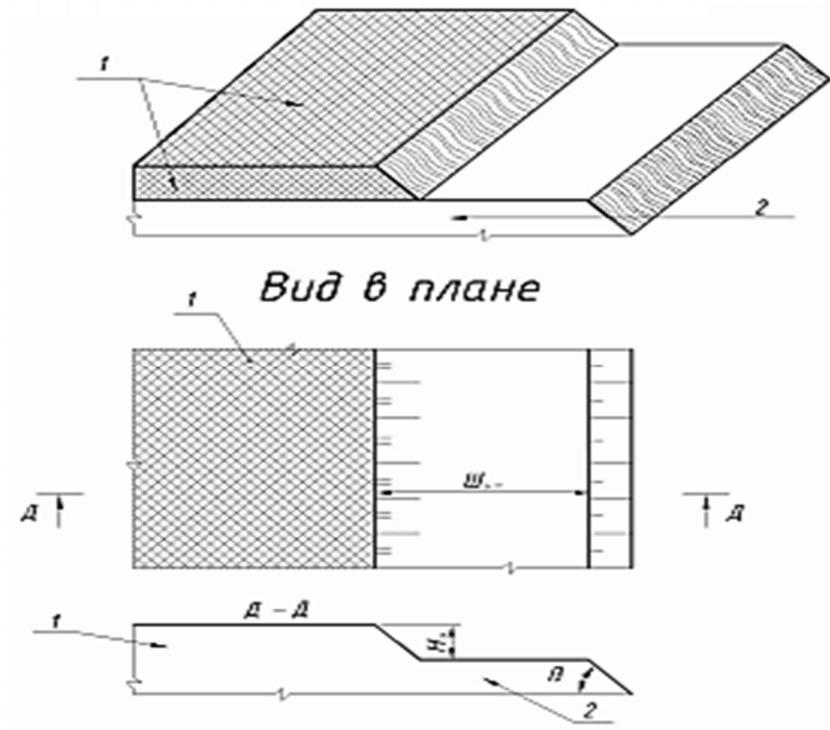


Рис.2 Добычной уступ  
 1 – полезное ископаемое;  
 2 – вскрышные породы;

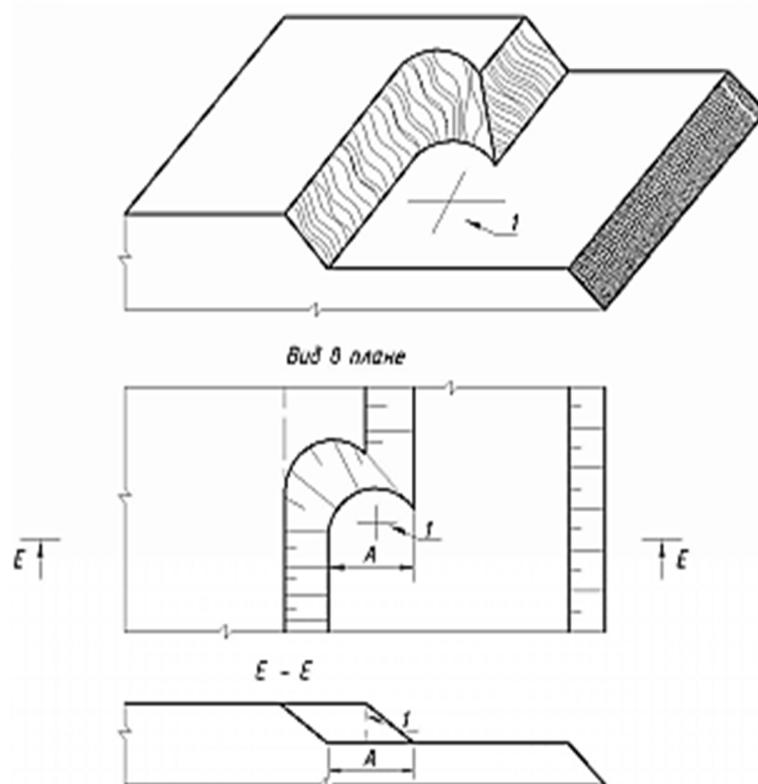


Рис.3. Забой экскаватора в мягких породах:  
 1 – ось экскаватора;  
 А – ширина заходки экскаватора.

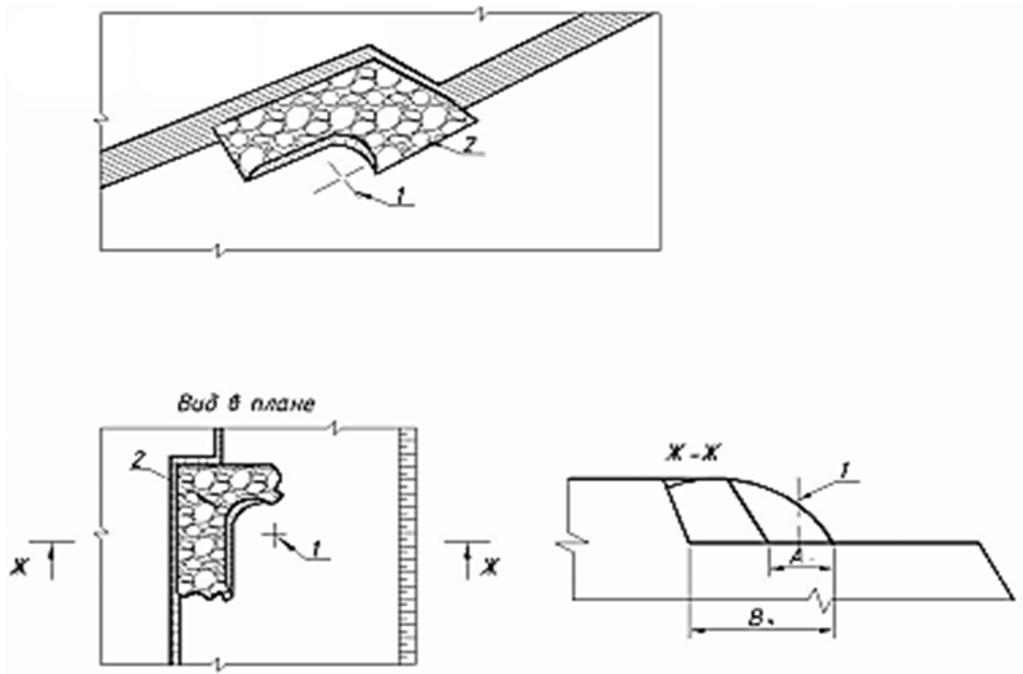


Рис.4. Забой экскаватора в вскрышных разрушенных (взорванных) породах.

- 1 – ось экскаватора;
- 2 – развал взорванных горных пород;
- ширина взорванных горных пород;
- ширина первой заходки экскаватора.

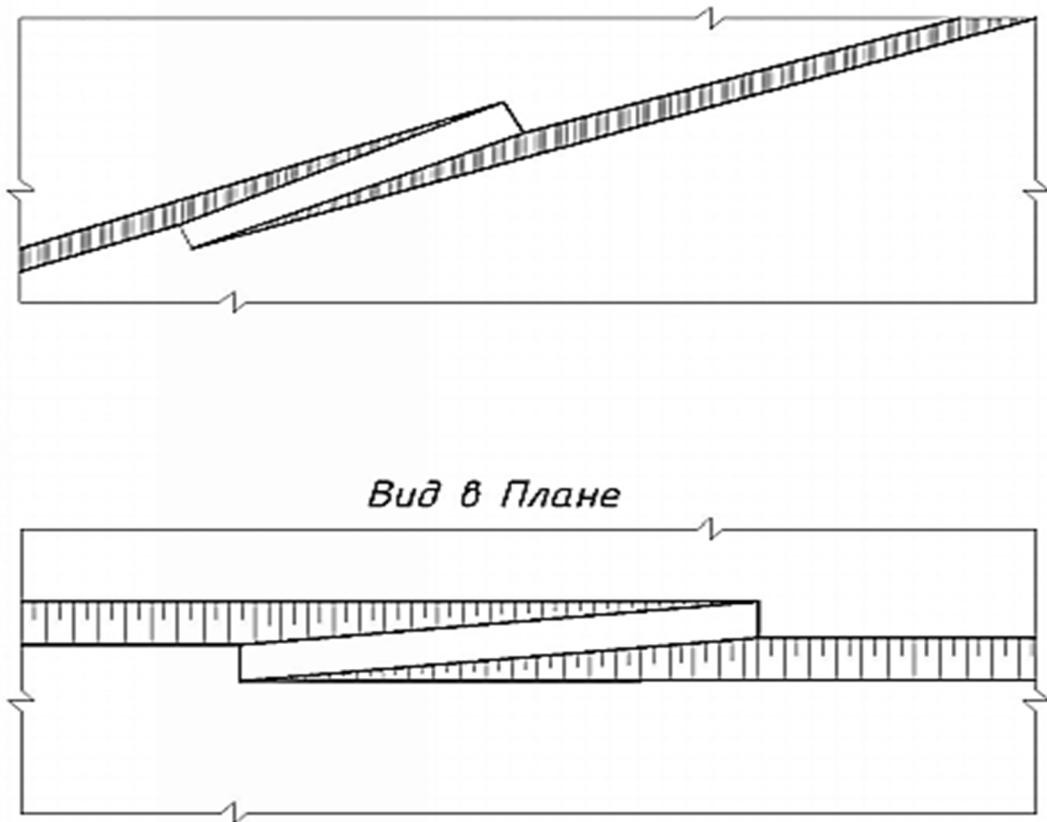


Рис.5. Внутренняя траншея - съезд.

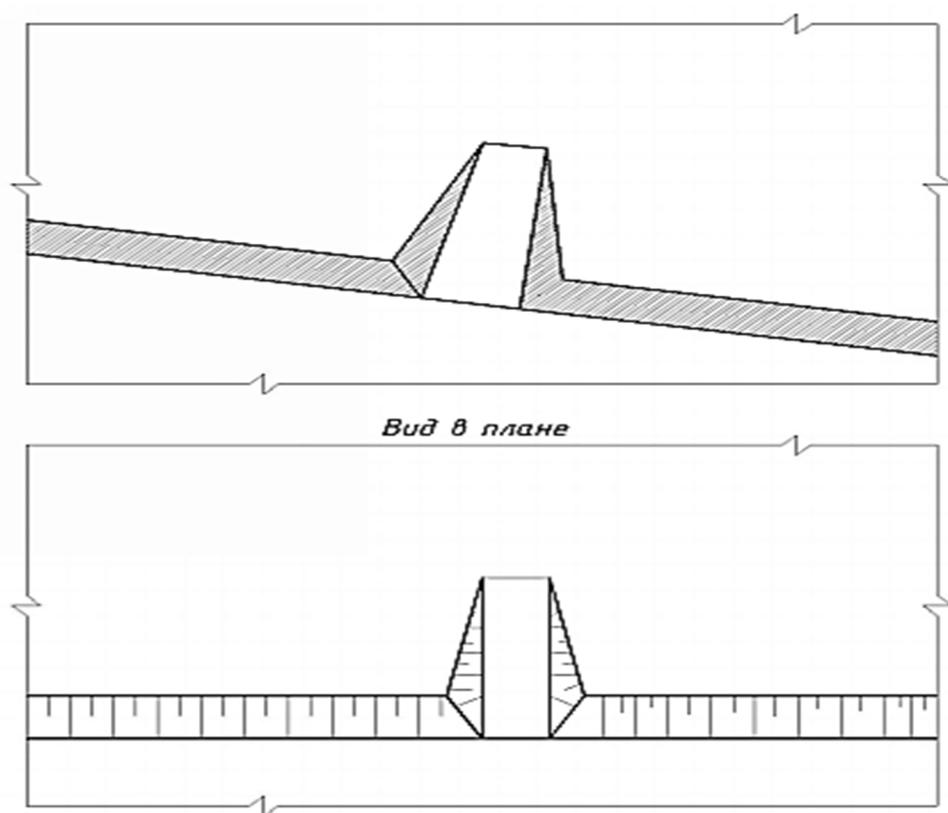


Рис. 6. Внешняя траншея.

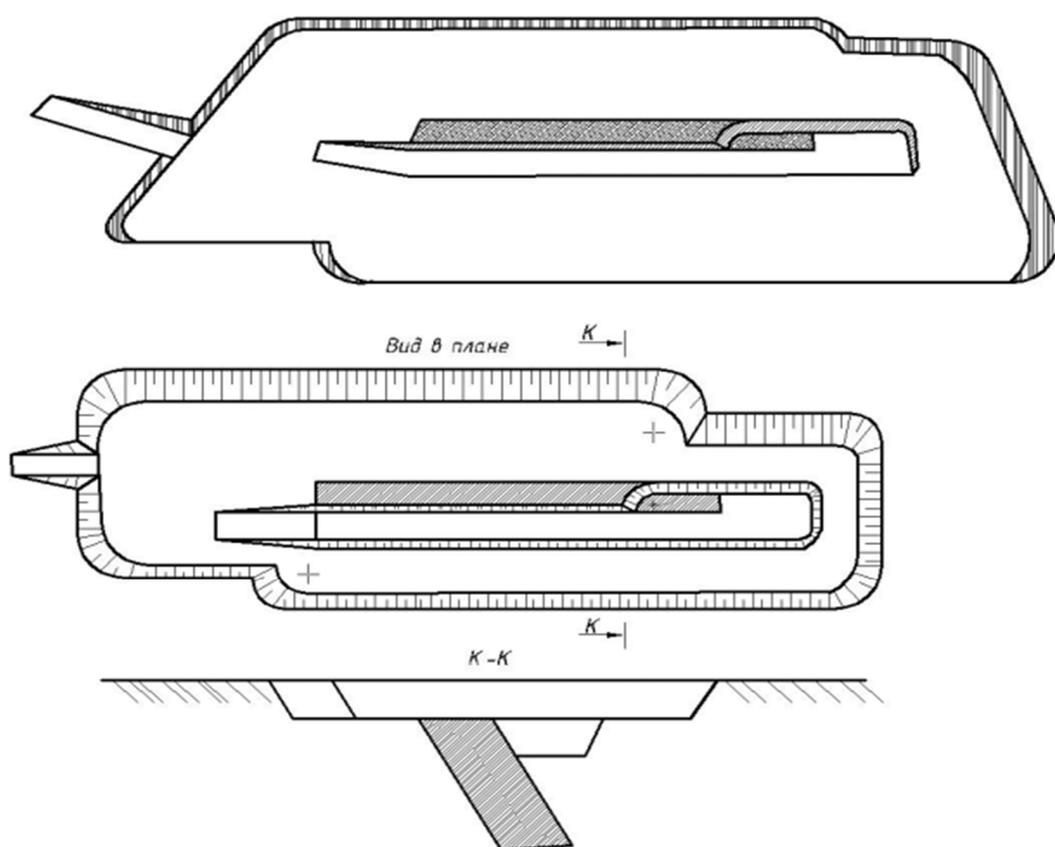


Рис. 7. Карьер.

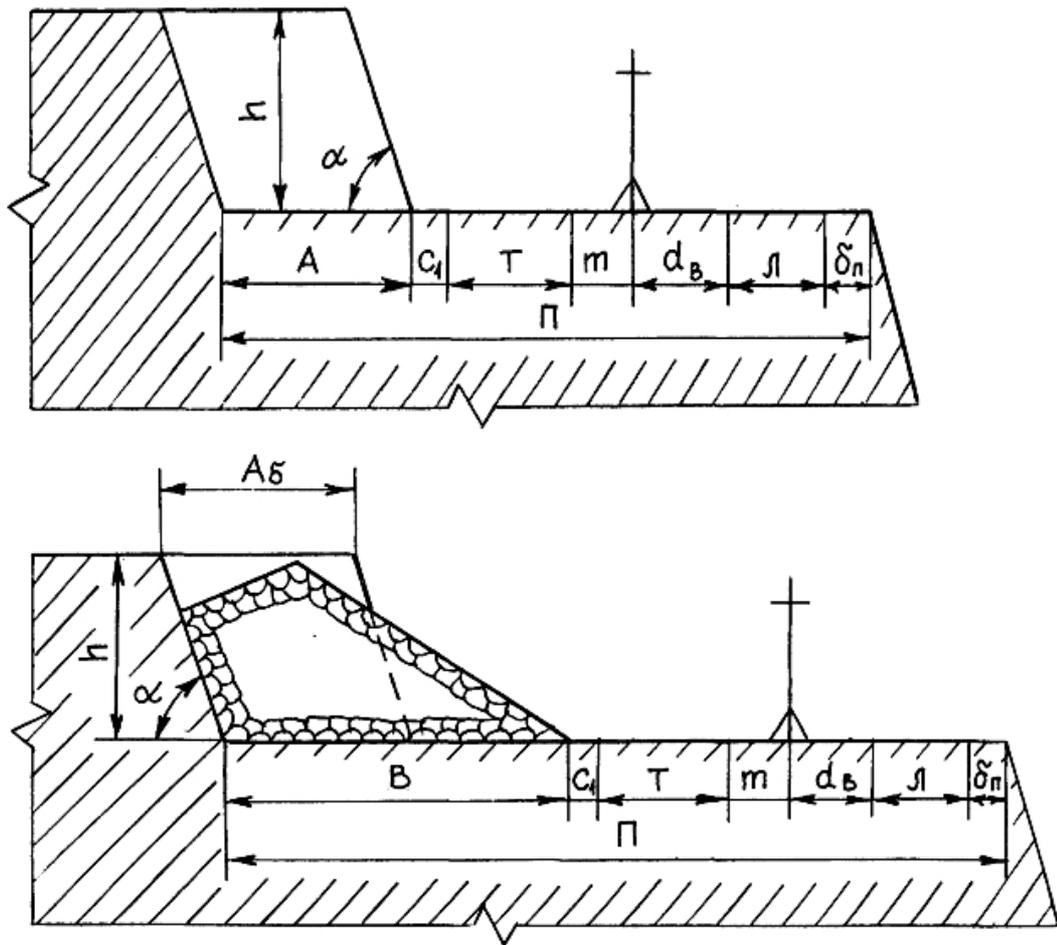


Рис. 8. Схема к расчету ширины рабочей площадки в мягких (а) и скальных (б) породах



Карьер Кальмакыр



**Вид карьера Мурунтау**



**Буровые работы (Кальмакыр)**



**Взрывные работы (Мурунтау).**



**Взрывные работы (Кальмакыр).**



**Выемочно-погрузочные работы (Мурунтау)**



**Выемочно-погрузочные работы (Кальмакыр)**



**Транспортировка горной массы (Кальмакыр)**



**Транспортировка горной массы (Мурунтау)**



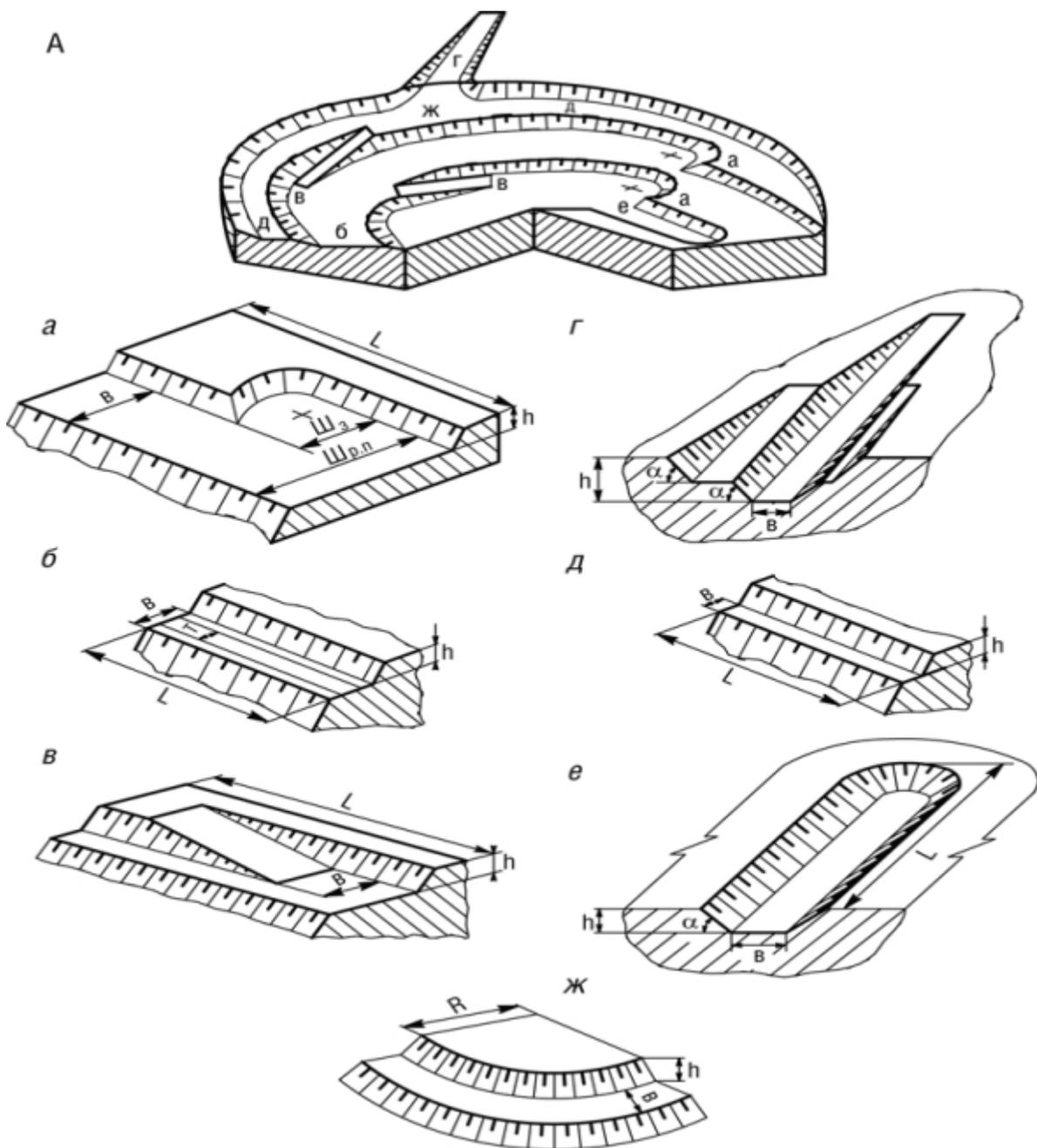
**Комплекс КНК-270 (крутонаклонный конвейер Мурунтау)**



**Отвалы карьера Мурунтау**



**Отвалы карьера Кальмакыр**



Элементы систем разработки:

а – выемочный (экскавационный) блок, б – горизонтальная транспортная берма, в – наклонная транспортная берма, г – наклонная траншея, д – предохранительная и периодической очистки берма, е – разрезная траншея, ж – закругление

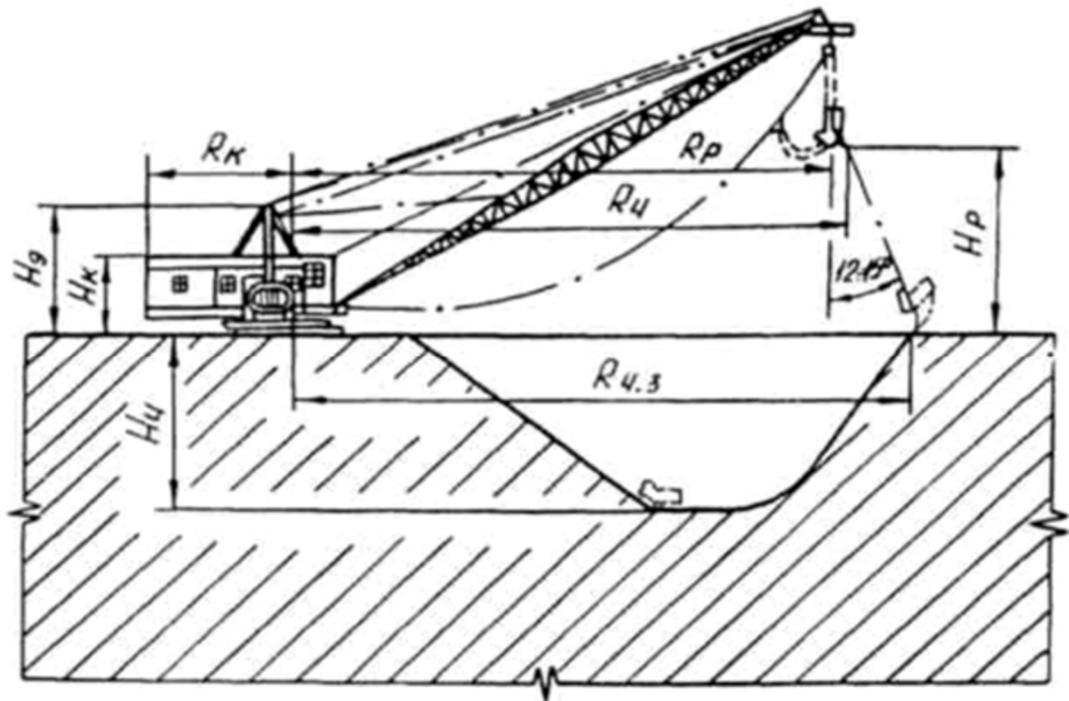


Схема работы драглайна



### **Конструктивная схема цепного экскаватора**

1 – ковши; 2 – ковшовая рама; 3 – приводная звездочка цепи;  
4 – приемный желоб; 5 – нижняя рама; 6 – отвальная консоль;  
7 – центральная колонна; 8 – стрела подвески отвальной консоли;  
9 – роторное колесо для подборки породы; 10 – подвеска ковшовой рамы

### **Схемы компоновки цепных экскаваторов параметрического ряда**

а - полноповоротных на рельсовом ходу верхнего и нижнего черпания с разгрузкой через бункер, расположенный в нижней раме; б - через консольный неповоротный конвейер; в, г - на гусеничном ходу с полноповоротными уравновешенными консольными конвейерами; д - консольными отвалообразующими стрелами; е - с разгрузочным мостом



**Общий вид роторного экскаватора**



**Мобильный выемочно-погрузочный оборудования непрерывного действия**

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что называется технологией разработки месторождений?
2. Что называется карьером?
3. Какими слоями производится разработка массива горных пород?
4. Какую форму приобретает боковая поверхность карьера при ведении открытых горных работ?
5. Назовите основные производственные процессы открытых горных работ.
6. Какие существуют залежи, классифицируемые по форме?
7. Что предопределяет форма залежей?
8. По углу падения различают залежи...
9. Назовите основные виды открытых разработок.
10. В чем сущность разработки поверхностного вида?
11. В чем заключается подготовка поверхности?
12. Какие работы относятся к горно-капитальным?
13. На какие работы подразделяются эксплуатационные горные работы?
14. Назовите заключительную стадию открытой разработки.
15. В чем заключается главная цель открытых горных работ?
16. Назовите основные виды коэффициентов вскрыши.
17. Что определяет граничный коэффициент вскрыши?
18. Что вы понимаете под режимом горных работ?
19. Что называется этапом разработки?
20. Назовите способы осушения карьера.
21. Что предопределяет необходимость формирования грузопотоков?
22. Для каких месторождений строят графики формирования грузопотоков?
23. Что называется элементарным грузопотоком?
24. Какие грузопотоки называются разнородными?
25. Грузопотоки в карьере могут быть...
26. Как осуществляется вскрытие рабочих горизонтов?
27. Чем определяется скорость подвигания фронта работ?
28. Назовите признаки разделения капитальных траншей.
29. Какой способ вскрытия называется бестраншейным?
30. Назовите способы вскрытия.
31. Что называется трассой траншеи?
32. В чем заключается трассирование пути?
33. Какая трасса называется простой?
34. Какая трасса называется сложной?

35. В каких случаях применяют смешанные трассы?
36. Почему карьерное поле разделяют на выемочные слои?
37. Какие слои называются горизонтальными?
38. Какие слои называются наклонными?
39. Чему равен угол наклона у крутых слоев?
40. Сколькими уступа отработывают залежи весьма малой мощности?
41. Какая высота уступа считается рациональной?
42. Какой должна быть высота уступа при разработке мягких горных пород?
43. Какой должна быть высота уступа при разработке скальных и полускальных горных пород?
44. От каких факторов зависит устойчивость откосов уступа?
45. По каким признакам различается фронт горных работ?
46. Каким может быть фронт работ по расположению?
47. Каким может быть фронт работ по структуре?
48. Каким может быть фронт работ по направлению перемещения горной массы?
49. Каким может быть фронт работ по положению транспортного выхода?
50. Что называется рабочей зоной карьера?
51. Какие горные работы различают на каждом уступе рабочей зоны?
52. Какие запасы называются подготовленными?
53. Какие запасы называются вскрытыми?
54. Что вы понимаете под готовыми к выемке запасами горной массы?
55. Что Вы понимаете под комплектность механизации?
56. В чем сущность технологических процессов горных работ?
57. Какими факторами объясняется сопротивление пород для каждого последующего процесса?
58. В чем отличительные черты пород каждого класса, разделенных по относительному показателю трудности разработки?
59. В чем заключаются основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования?
60. Каким требованиям должны соответствовать комплексы оборудования?
61. Что должна обеспечить комплектация средств механизации вспомогательных работ и процессов?
62. На какие классы подразделяются комплексы оборудования,

применяемые и внедряемые на карьерах?

63. Какие комплексы оборудования называются выемочными?
64. Какие комплексы оборудования называются экскаваторными?
65. Какие машины и механизмы включают в себя выемочно-отвальные комплексы?
66. Чем отличаются выемочно-транспортно-разгрузочные комплексы оборудования от других комплексов?
67. Охарактеризуйте продольную систему разработки.
68. При каких случаях используют поперечные однобортовые системы разработки?
69. Какие комплексы оборудования применяют при продольных системах разработки?
70. При каких случаях применяют веерные системы разработки?
71. При каких случаях применяют кольцевые системы разработки?
72. При каких случаях применяют схемы с параллельным использованием вскрывающих трасс?
73. При разработке каких залежей применяются транспортные технологические комплексы?
74. Какие системы разработки применяются для уменьшения расстояния внутрикарьерных перевозок?
75. При каких случаях протяженность конвейерных линий минимальна?
76. Охарактеризуйте схемы транспортирования вскрышных пород конвейерами.
77. Как осуществляется группирование грузопотоков одинаковых пород при внутреннем отвалообразовании?
78. При разработке каких залежей применяется технологический комплекс послонной отработки?
79. Как определяется минимальная ширина вскрышной панели на нижнем вскрышном горизонте?
80. Какой технологический комплекс применяется при поперечной однобортовой системе разработки вытянутых крутых залежей?

## **Общие Вопросы**

### **Предмет и задачи учебной дисциплины**

*(Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

## **Виды карьерных полей**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

## **Этапы горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения).*

## **Сущность открытых горных работ**

*(Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

## **Виды и периоды горных работ**

*(Подготовка поверхности. Осушение породного массива. Горно-капитальные работы. Эксплуатационные горные работы. Реконструкция карьерного хозяйства. Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

## **Виды коэффициентов вскрыши**

*(Средний коэффициент вскрыши. Плановый коэффициент вскрыши. Текущий коэффициент вскрыши. Граничный коэффициент вскрыши. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши).*

## **Типы разрабатываемых месторождений**

*(Объекты открытой горной разработки. Залежь. Форма залежи. Рельеф поверхности. Глубина залегания. Угол падения. Мощность. Качество полезного ископаемого).*

## **Способы осушения месторождений**

*(Обводненность. Система осушения месторождения. Способ осушения карьера. Поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения).*

## **Формирование грузопотоков**

*(Разнообразии форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный).*

## **Вскрытие рабочих горизонтов карьера**

*(Начальные этапы развития горных работ. Сооружение специальных выработок. Первоначальный фронт. Траншея. Горизонт. Выбор места заложения траншеи. Скорость подвигания фронта работ. Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы*

вскрытия).

### **Виды грузопотоков**

*(Разнообразие форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный).*

### **Режим горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения).*

### **Вскрывающие горные выработки**

*(Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия).*

### **Начальные этапы развития горных работ**

*(Скорость продвижения фронта работ. Фронт работ. Направление развития горных работ. Выбор места заложения траншеи. Горные работы на горизонте. Схемы начального периода развития горных работ на горизонте. Вскрытие рабочих горизонтов).*

### **Виды открытых горных разработок**

*(Тип пород. Разработки поверхностного типа. Разработки глубинного вида. Разработки нагорного вида. Разработки нагорно-глубинного вида. Разработки подводного вида).*

### **Форма и размеры карьерного поля**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

### **Порядок развития открытых горных работ**

*(Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

### **Вскрывающие горные выработки**

*(Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия).*

### **Виды и периоды горных работ**

*(Подготовка поверхности. Осушение породного массива. Горно-капитальные работы. Эксплуатационные горные работы. Реконструкция карьерного хозяйства. Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

## **Виды карьерных полей**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей)*

## **Этапы горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения).*

## **Виды коэффициентов вскрыши**

*(Средний коэффициент вскрыши. Плановый коэффициент вскрыши. Текущий коэффициент вскрыши. Граничный коэффициент вскрыши. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши).*

## **Формирование грузопотоков**

*(Разнообразие форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный).*

## **Способы осушения месторождений**

*(Обводненность. Система осушения месторождения. Способ осушения карьера. Поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения).*

## **Сущность открытых горных работ**

*(Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

## **Типы разрабатываемых месторождений**

*(Объекты открытой горной разработки. Залежь. Форма залежи. Рельеф поверхности. Глубина залегания. Угол падения. Мощность. Качество полезного ископаемого).*

## **Режим горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения).*

## **Вскрытие рабочих горизонтов карьера**

*(Начальные этапы развития горных работ. Сооружение специальных выработок. Первоначальный фронт. Траншея. Горизонт. Выбор места заложения траншей. Скорость подвигания фронта работ. Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы*

вскрытия).

### **Вскрывающие горные выработки**

*(Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия).*

### **Виды открытых горных разработок**

*(Тип пород. Разработки поверхностного типа. Разработки глубинного вида. Разработки нагорного вида. Разработки нагорно-глубинного вида. Разработки подводного вида).*

### **Форма и размеры карьерного поля**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

### **Вскрывающие горные выработки**

*(Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия).*

### **Порядок развития открытых горных работ**

*(Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

### **Виды грузопотоков**

*(Разнообразие форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный)*

### **Виды и периоды горных работ**

*(Подготовка поверхности. Осушение породного массива. Горно-капитальные работы. Эксплуатационные горные работы. Реконструкция карьерного хозяйства. Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

### **Виды открытых горных разработок**

*(Тип пород. Разработки поверхностного типа. Разработки глубинного вида. Разработки нагорного вида. Разработки нагорно-глубинного вида. Разработки подводного вида).*

### **Режим горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения).*

### **Типы разрабатываемых месторождений**

*(Объекты открытой горной разработки. Залежь. Форма залежи. Рельеф поверхности. Глубина залегания. Угол падения. Мощность. Качество полезного ископаемого).*

### **Виды грузопотоков**

*(Разнообразие форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный).*

### **Способы осушения месторождений**

*(Обводненность. Система осушения месторождения. Способ осушения карьера. Поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения).*

### **Типы разрабатываемых месторождений и залежей**

*(Объекты открытой горной разработки. Залежь. Форма залежи. Рельеф поверхности. Глубина залегания. Угол падения. Мощность. Качество полезного ископаемого).*

### **Виды коэффициентов вскрыши**

*(Средний коэффициент вскрыши. Плановый коэффициент вскрыши. Текущий коэффициент вскрыши. Граничный коэффициент вскрыши. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши).*

### **Порядок развития открытых горных работ**

*(Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

### **Предмет и задачи учебной дисциплины**

*(Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

### **Виды карьерных полей**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкrest простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

### **Вскрывающие горные выработки**

*(Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия).*

### **Виды и периоды горных работ**

*(Подготовка поверхности. Осушение породного массива. Горно-капитальные работы. Эксплуатационные горные работы. Реконструкция карьерного хозяйства. Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

### **Форма и размеры карьерного поля**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

### **Виды открытых горных разработок**

*(Тип пород. Разработки поверхностного типа. Разработки глубинного вида. Разработки нагорного вида. Разработки нагорно-глубинного вида. Разработки подводного вида).*

### **Формирование грузопотоков**

*(Разнообразии форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный).*

### **Вскрытие рабочих горизонтов карьера**

*(Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия).*

### **Сущность открытых горных работ**

*(Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

### **Режим горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения).*

### **Формирование грузопотоков**

*(Разнообразии форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа).*

### **Виды коэффициентов вскрыши**

*(Средний коэффициент вскрыши. Плановый коэффициент вскрыши. Текущий коэффициент вскрыши. Граничный коэффициент вскрыши. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши).*

### **Форма и размеры карьерного поля**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

### **Сущность открытых горных работ**

*(Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

#### **Этапы горных работ**

*(Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Коэффициенты вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения)*

#### **Порядок развития открытых горных работ**

*(Вскрышные работы. Добычные работы. Период затухания. Выбор вида открытых горных разработок. Схема развития горных работ).*

#### **Предмет и задачи учебной дисциплины**

*(Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования).*

#### **Виды карьерных полей**

*(Карьерное поле. Конечная глубина. Размеры дна карьера. Углы откосов бортов карьера. Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности. Общий объем горной массы в контурах карьерного поля. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей).*

### ***Перечень вопросов для итогового контроля по дисциплине***

#### ***“Технология и комплексная механизация открытых горных работ”***

**Общие сведения о технологии открытой добычи полезных ископаемых.**

Предмет и задачи учебной дисциплины и ее связь со смежными дисциплинами. Сущность и элементы открытых горных разработок. Основные понятия. Терминология. Основные принципы комплексной механизации открытой разработки. Понятие о комплексе горного оборудования.

**Виды и периоды горных работ. Порядок развития открытых горных работ**

Карьерное поле. Основные параметры карьера. Обширные карьерные поля. Вытянутые карьерные поля. Округлые карьерные поля. Схема карьерных полей. Подготовка поверхности. Осушение породного массива. Горно-капитальные работы. Эксплуатационные горные работы. Реконструкция карьерного хозяйства. Вскрышные работы. Добычные работы

**Понятие о режиме и этапах горных работ. Подготовка карьерного поля к разработке**

Соотношение объемов вскрышных и добычных работ. Средний коэффициент вскрыши. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши.

Текущий коэффициент вскрыши. Граничный коэффициент вскрыши. Плановый коэффициент вскрыши. Режим горных работ. Этап разработки. Равномерный. Неравномерный. Естественные препятствия. Искусственные препятствия. Система осушения месторождения. Поверхностный способ осушения. Подземный способ осушения. Комбинированный способ осушения.

### **Порядок формирования грузопотоков. Виды грузопотоков**

Разнообразие форм залежей. Условия залегания. Поэтапный график режима горных работ. Сводная таблица. График формирования грузопотоков. Поток грузов. Элементарный грузопоток. Выемочный слой. Грузопоток с уступа. Расходящийся грузопоток. Разнородный грузопоток. Сосредоточенный. Рассредоточенный.

### **Вскрытие рабочих горизонтов карьера**

Начальные этапы развития горных работ. Сооружение специальных выработок. Первоначальный фронт. Траншея. Горизонт. Выбор места заложения траншей. Скорость подвигания фронта работ. Вскрывающие горные выработки. Внешние траншеи. Внутренние траншеи. Капитальные траншеи. Разрезные траншеи. Стационарные. Поперечное сечение. Способы вскрытия.

### **Трассы вскрывающих выработок**

Трасса траншеи. План пути. Продольный профиль пути. Трассирование. Положение трассы. Срок службы. Основание для трассирования. Теоретическая длина трассы. Действительная длина трассы. Форма трассы. Смешанная трасса. Схема вскрывающих трасс. Система вскрывающих трасс.

### **Разделение карьерного поля на выемочные слои. Высота и устойчивость уступов.**

Определенный порядок. Выемочные слои. Горизонтальные. Наклонные. Крутые. Число уступов. Важнейший элемент открытой разработки. Высота уступа. Рациональная высота уступов. Аналитический метод. Разработка горизонтальных и пологих залежей. Разработка наклонных и крутопадающих залежей. Устойчивость откосов. Козырьки. Нависи. Группа геологических факторов. Группа гидрогеологических факторов. Группа технологических факторов.

### **Основные понятия о фронте горных работ**

Направление развития. Расположение. Вдоль длинной оси. Вдоль короткой оси. Концентрически. Структура. Однородный фронт. Разнородный. Сложноразнородный. Направление перемещения горной массы. Погрузка горной массы. Число транспортных грузовых выходов. Положение транспортного выхода.

### **Направления перемещения фронта работ. Протяженность и скорость подвигания фронта работ.**

Панель вдоль фронта работ. Блок панели. Часть панели. Рабочие блоки. Выемочные заходки. Продольные. Поперечные. Диагональные. Нормальные. Граница слоя. Длина фронта. Протяженность. Первоначальный фронт уступа. Интенсивность разработки. Скорость подвигания. Годовая производительность экскаватора.

## **Рабочая зона карьера. Подготовленные, вскрытые и готовые к выемке запасы**

Разработка нескольких уступов. Рабочий и нерабочий фронт. Предохранительные и транспортные бермы. Рабочая зона. Примеры рабочих зон. Охват бортов карьера. Интенсивные горные работы. Неинтенсивные горные работы. Сплошная зона. Углубляющаяся рабочая зона. Подготовленные запасы. Вскрытые. Готовые. Текущий. Плановый.

### **Классификация систем открытых горных работ**

Порядок. Последовательность. Установленный объем и порядок. Зависимые. Полузависимые. Независимые. Сплошные. Углубочные. Углубочно-сплошные. Продольные. Поперечные. Веерные. Кольцевые. Однобортовое. Двухбортовое. Центральное. Периферийное. Рассредоточенное.

### **Общие сведения о комплексной механизации открытых горных работ. Принципы комплексной механизации**

Сущность основных процессов. Бурение. Взрывание. Выемка. Транспортирование. Складирование. Начальные и конечные склады. Грузопоток. Элементарный грузопоток. Комплекс горного и транспортного оборудования. Комплектность механизации. Качественное. Количественное. Комплексная механизация. Автоматизация. Разработка горных пород. Комплекс оборудования. Поточная технология. Основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования. Число действующих машин и механизмов.

### **Технологическая классификация комплексов оборудования**

Технологический класс. Выемочные. Экскаваторные. Выемочно-отвальные. Экскаваторно-отвальные. Выемочно-транспортно-отвальные. Выемочно-транспортно-разгрузочные.

### **Продольные, поперечные, веерные и кольцевые системы разработки**

Продольная однобортовая. Продольная двухбортовая. Поперечные однобортовые. Веерная центральная. Сплошная кольцевая. Кольцевая центральная. Комплексы ВО и ЭО. Комплексы ВТО и ЭТО. Транспортные коммуникации. Параллельное перемещение.

### **Вскрытие рабочих горизонтов при сплошных системах разработки.**

Бестраншейное вскрытие. Внешние отдельные траншеи. Внешние групповые траншеи. Внешние общие траншеи. Внутренние траншеи. Траншеи смешанного заложения. Схемы вскрывающих трасс для горизонтальных и пологих залежей. Схемы вскрывающих трасс внутреннего заложения. Трассы смешанного заложения. Схемы с параллельным использованием вскрывающих трасс. Системы вскрывающих трасс.

### **Порядок выемки экскаваторно-отвальными технологическими комплексами.**

Применение технологических комплексов. Взаимная расстановка оборудования. Простая перевалка. Кратная перевалка. Коэффициент кратности перевалки. Экономически допустимый коэффициент

переэкскавации. Элементы системы разработки на забойной стороне. Элементы системы разработки на отвальной стороне. Ширина заходки. Длина фронта работ.

### **Способы вскрытия и проведение траншей при экскаваторно-отвальном технологическом комплексе.**

Вскрытие одной фланговой капитальной траншеей. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями. Вскрытие одной центральной капитальной траншеей. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями. Вскрытие тремя капитальными траншеями. Бестранспортное проведение траншей. Выемка широкой заходкой. Выемка двумя-тремя заходками. Послойное проведение траншей.

### **Технологические комплексы с консольными отвалообразователями.**

Перемещение породы отвалообразователями. Система разработки. Достоинства технологических комплексов. Непрерывность производства. Схемы экскавации. Установка отвалообразователя на кровле залежи. Установка отвалообразователя на разных горизонтах с экскаватором. Установка отвалообразователя на предотвале. Изменение места стояния.

### **Транспортные технологические комплексы. Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы при сплошных системах разработки.**

Горизонтальная и пологая залежь. Вдоль фронта. Использование комплексов ЭТО и ВТО. Рациональное расстояние перемещения. Конвейер. Протяженность конвейерных линий. Перегрузатель. Забойный конвейер. Передаточный конвейер. Отвальный конвейер. Соединительный конвейер. Магистральный конвейер. Консольный отвалообразователь.

### **Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом при сплошных системах разработки.**

Автосамосвал. Грузоподъемность. Система разработки. Поперечная. Продольная. Поперечно-продольная. Радиальная. Подвигание отдельных участков. Мощная горизонтальная залежь. Схема вскрытия. Рабочие горизонты. Минимальная ширина вскрышной панели. Послойная отработка крутой залежи. Подвигание фронта работ. Полная глубина.

### **Комбинированные технологические комплексы при сплошных системах разработки.**

Параллельная работа. Сочетание комплексов ВО и ЭО. Сочетание комплексов ВТО, ЭТО. Комплексы с различными видами транспорта. Комплексы с гидромеханизированным и механическим оборудованием. Скреперные и бульдозерные агрегаты. Основные комбинированные технологические комплексы.

### **Углубочная система разработки. Условия применения углубочных систем разработки.**

Форма и строение залежей. Преобладающие типы. Мощность пород. Одновременная разработка. Повышение трудности. Мощность покрывающих пород. Обводненность. Температурный режим. Рельеф поверхности. Форма и

размеры карьеров. Условия производства. Объемы горных работ. Обеспечение плановых объемов.

### **Варианты развития горных работ, конструкции и параметры берм при углубочных системах разработки.**

Разработка наклонного и крутого месторождения. Параллельное подвигание фронта. Начальное положение. Угол падения залежи. Продольная двухбортовая. Поперечная однобортовая. Мульдообразная залежь. Веерное развитие горных работ. Транспортные бермы. Предохранительные бермы. Элементы соединительных берм.

### **Вскрытие внешними капитальными траншеями.**

Требуемая пропускная способность трассы вскрывающих выработок. Вскрытие рабочих горизонтов. Глубина заложения внешних траншей. Объем работ. Вскрытие нескольких горизонтов. Глубокое заложение. Высота уступов. Выход залежей под наносы. Простираение. Размеры карьера. Толща покрывающих пород.

### **Простые, тупиковые и петлевые трассы.**

Виды внутренних полутраншей. Съезд. Угол в плане. Простая трасса. Стационарная. Полустационарная. Скользящая. Движение транспортных средств. Участки трассы. Примыкание съездов. Схема съездов. Тупиковые трассы. Длина тупиковых площадок. Одноступенчатые. Многоступенчатые. Путьевое развитие. Петлевые трассы. Полувыемка. Полунасыпь. Центральный угол.

### **Особенности технологии и комплексной механизации при комбинации автомобильного и конвейерного транспорта.**

Перегрузка горной массы через дробильные агрегаты. Применение грохотильных агрегатов. Специальные конвейеры. Комплекс с дроблением. Комплекс с грохочением. Пластинчатые. Колесно-ленточные. Подъемные. Магистральные. Дробильно-обогащительный. Отвал. Вторичная перегрузка. Размещение ПП. Проектные схемы. Передвижные дробильные установки. Звенья механизации.

### ***Порядок проведения итогового контроля***

Итоговый контроль по данной дисциплине проводится в конце 6 семестра в соответствии с утвержденным графиком.

Итоговая контрольная работа принимается письменно. Каждый вариант состоит из трех вопросов и опорных слов. Вопросы должны соответствовать пройденному материалу.

В начале учебного года перечень вопросов и билеты обновляются преподавателем и утверждаются на заседании кафедры.

После проведения итогового контроля преподаватель обязан в течение двух дней проверить и оценить работу студента, а также поставить их в известность о полученном балле.

### **Основные литературы**

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: Учебник. Изд. 5-е – М.; Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. -552 с.
2. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: Учебник. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.; Недра, 1991. – 336 с.
3. Веницкий К.К. Параметры систем открытой разработки. – М.; Изд. – Недра, 1966. -263с

### **Дополнительные литературы**

4. Кучерский Н.И. Современные технологии при освоении коренных месторождений золота. – М.; Издательский дом «Руда и Металлы», 2007. -696 с.
5. Анистратов Ю.А., Анистратов К.Ю., Щадов М.И. Справочник по открытым горным работам: М.: НТЦ «Горное дело», 2010.700с.,453 илл.
6. Н.Я.Репин., Л.Н. Репин. Выемочно-погрузочные работы. М.: Изд МГГУ, 2010.267с.
7. Н.Я. Репин. Подготовка горных пород к выемке. Ч. 1: Учебное пособие. – М.: «Мир горной книги», Изд. МГГУ,2009. -188 с.:ил.

### **Электронные ресурсы**

1. [www. Ziyonet.uz](http://www.Ziyonet.uz)
2. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz).
3. [www.mining-journal.com](http://www.mining-journal.com).
4. [www.midiel.com](http://www.midiel.com)