

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Раскильдинов Б.У.

СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учебное пособие

Алматы 1997

В учебном пособии изложены основные сведения о классификациях систем разработки твердых полезных ископаемых. Описаны системы подземной разработки рудных залежей с учетом горно- геологических и горнотехнических факторов разрабатываемых месторождений. Рассмотрены методические положения выбора системы разработки по многим критериям и ее параметров на основе экономико-математического моделирования

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей 1901, 1902 и может быть использовано студентами других специальностей, изучающих дисциплину «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых, очного и заочного обучения.

Ил. 33, табл. 2, список лит. - 11 назв.

Рецензенты: Ш.А.Алтаев, академик НАН РК, профессор, доктор технических наук;

Н.Х.Баязит, профессор кафедры «Подземная разработка полезных ископаемых Каз НТУ

Рекомендовано в печать методическим советом Казахского национального технического университета

ISBN 5-8380-1650-7 ©

Б.У.Раскильдинов

©

Республиканский издательский кабинет
по учебной и методической литературе

Предисловие

Горнорудная промышленность является самостоятельной отраслью добывающей промышленности Республики Казахстан и имеет свои особенности и сложности.

При этом эффективность эксплуатации месторождений полезных ископаемых, отрабатывающих рудные залежи подземным способом, в первую очередь зависит от правильно выбранной системы разработки, ее конструктивных параметров и параметров технологических процессов очистной выемки. Настоящая работа посвящена системам подземной разработки рудных месторождений и включает: основные понятия и термины, используемые при изучении дисциплины; основные классификации систем разработки; описание систем разработки с разбиением на классы; выбор системы разработки и оптимизация ее параметров.

Приведенные в учебном пособии системы разработки рассматриваются последовательно проведению технологических процессов.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

1.1. Основные понятия и термины

Э т а ж - часть шахтного поля, ограниченная по падению отка-
точными и вентиляционными горизонтами, а по простиранию - грани-
цами шахтного поля.

П а н е л ь - часть шахтного поля при пологом залегании руд-
ной залежи, ограниченная в плане панельными штреками.

О ч и с т н о й б л о к - выемочная единица в пределах эта-
жа, ограниченный по простиранию рудной залежи восстающими.

П о д г о т о в к а б л о к а и л и п а н е л и к о ч -
и с т н о й в ы е м к е - проведение выработок, открывающих дос-
туп к очистным забоям, служащих для сообщения, доставки, коммуни-
кации энергии и проветривания. Проводимые с этой целью выработки,
как и забои таких выработок, называются подготовительными.

С п о с о б п о д г о т о в к и - сочетание основных вырабо-
ток подготовки и их расположение относительно рудной залежи.

Н а р е з к а б л о к а - проведение выработок после его
подготовки для непосредственного создания фронта очистных работ.
Соответствующие выработки и работы, а также забои этих выработок
называются нарезными.

С п о с о б н а р е з к и - сочетание основных выработок на-
резки и их расположение относительно рудной залежи.

О ч и с т н а я в ы е м к а - совокупность работ по отбойке,
выпуску, доставке и по поддержанию выработанного пространства.

С п о с о б ы о ч и с т н о й в ы е м к и - определенное
сочетание элементов очистной выемки.

О ч и с т н о е п р о с т р а н с т в о - пространство, об-
разующееся в результате отработки рудной залежи.

Выработки, образующиеся при очистных работах, называют очи-
стными выработками, а их забои - очистными забоями.

З а б о й - поверхность, ограничивающая горную выработку и
перемещающаяся в пространстве в результате ведения горных работ.

О т б о й к а р у д ы - отделение полезного ископаемого от
основного массива.

В ы п у с к р у д ы - перемещение полезного ископаемого от горизонта подсечки на горизонт доставки.

Д о с т а в к а р у д ы - перемещение полезного ископаемого с места отбойки до места погрузки в основные транспортные сосуды.

У п р а в л е н и е к р о в л е й - горные работы, связанные с предупреждением вредных последствий от проявления горного давления в подземных выработках для обеспечения безопасности и необходимых производственных условий.

1.2. Определение системы разработки

Этаж для очистной выемки, как правило, делят на отдельные очистные блоки, которые вводят в отработку в определенном порядке.

Перед очистными работами в блоке проводят подготовительные и нарезные выработки. После полного проведения подготовительно-нарезных работ в блоке приступают непосредственно к очистной выемке.

Очистная выемка характеризуется типом соответствующего забоя и способом ведения очистных работ. Определенное сочетание основных элементов очистной выемки является способами очистной выемки.

Многочисленные способы очистной выемки группируются по какому-нибудь существенному признаку. Для деления используется в качестве основания один из основных элементов очистной выемки (тип забоя, способ отбойки, способ управления кровлей и др.). Каждый способ представляет сочетание всех элементов.

Подготовку и нарезку необходимо увязать с типом фронта очистных работ и способами очистной выемки. Естественно, способы очистной выемки должны оказывать влияние на подготовку и нарезку, хотя сам способ очистной выемки не является системой разработки. Поэтому в определении понятия системы разработки речь должна идти не о всяком порядке проведения подготовительных и очистных выработок, а таком, который увязан со способом выемки.

Порядок проведения выработок этажа зависит от типа фронта очистных работ этажа. Линия фронта очистных работ может быть вытянута в любом направлении в зависимости от горно-геологических условий, конструктивных особенностей подготовки и очистной выемки.

Общая форма фронта работы этажа при этом зависит от типа и размеров блоков и камер, их расположения относительно месторождения и типа последнего. Таким образом, тип фронта очистных работ в этаже – это наружный вид (форма), который передает основную идею создания порядка и направления очистных работ, увязанный с типом и условиями залегания месторождения. Тип фронта очистных работ определяет характер отработки этажа, количество и расположение подготовительных и нарезных выработок, которые проводятся для обособления выемочных полей. Вместе с тем он является важнейшим организационным фактором. Правильно выбранный тип фронта работы и его своевременная подготовка решают успех работы предприятия [2].

Зная тип фронта очистных работ, не трудно представить себе типы подготовительных, нарезных и очистных выработок, их расположение в пространстве. При этом способы очистной выемки должны быть увязаны со схемой ее подготовки и нарезки. В связи с этим О.А.Байконуров отмечает, что тип фронта работы этажа является прямым основным признаком, поэтому он должен использоваться при выделении первичных (типов) систем разработки и ее определении.

Таким образом, система разработки месторождения или отдельной рудной залежи – это порядок проведения во времени и пространстве подготовительных, нарезных и очистных выработок, увязанный с определением темпа фронта работы этажа и способами очистной выемки [2].

По определению Агошкова М.И., системой разработки рудного месторождения или его части называют порядок и технологию очистной выемки руды в сочетании с определенной совокупностью конструктивных элементов очистного участка [2].

1.3. Классификационные признаки системы разработки

Разнообразие рудных месторождений по форме, размерам, углам падения, условиям залегания, минералогическому составу, ценности и физико-механическим свойствам руд и вмещающих пород определяет применение различных систем разработки.

Системы разработки между собой отличаются многими признаками – видом и расположением подготовительных выработок в блоке

(панели, камере);

- направлением подвигания очистной выемки относительно элементов залегания рудного тела (по простиранию, восстанию, падению, комбинированию);

- состоянием и способом поддержания образующего очистного пространства (выемка с открытым очистным пространством, с магазинированием руды с закладкой, креплением, обрушением руды и вмещающих пород);

- построением и формой очистного забоя (сплошная, уступная, подэтажная, этажная, слоевая, заходками);

- число стадий очистной выемки в блоке (одностадийная, двухстадийная, многостадийная);

- способом отбойки и доставки руды при очистной выемке.

Основными классификационными признаками системы подземной разработки являются:

- а) конструктивные характеристики, т.е. определенная совокупность частей выемочного участка, его подготовительные, нарезные и очистные выработки и возводимые в них искусственные сооружения и устройства;

- б) порядок очистной выемки, определяющий состояние образующего очистного пространства, т.е. тип фронта работы этажа;

- в) комплекс технологических операций, применяемых при извлечении частей выемочного участка, т.е. способы очистной выемки.

1.4. Классификация М.И. Агошкова

К I классу отнесены системы разработки с открытым очистным пространством, при которых очистное пространство, образующееся в результате выемки руды, остается во время разработки выемочного участка открытым, т.е. свободным, не заполненным закладочным материалом, отбитой рудой, крепью или обрушенными породами. Стенки и кровля открытого очистного пространства поддерживаются оставляемыми в рудном поле постоянными или временными целиками руды.

Устойчивость вмещающих пород и руды является обязательным условием для применения систем этого класса.

Ко II классу отнесены системы с магазинированием руды, при которых очистное пространство по мере выемки рудного массива заполняется отбитой рудой, полностью выпускаемой только по оконча-

нии отработки блока. Основным средством поддержания здесь служат рудные целики, иногда распорная и штанговая крепь. Замагазинированная руда способствует поддержанию вмещающих пород между целиками, но роль ее как средства поддержания является вспомогательной. Для систем с магазином характерны устойчивость вмещающих пород и руд и, как правило, крутое падение рудного тела.

III класс – системы с креплением очистного пространства, которые характеризуются наличием в очистном пространстве регулярно возводимой вслед за выемкой усиленной крепи, которая служит **основным** средством поддержания вмещающих пород и руд. Эти системы применяют при условиях, когда вмещающие породы и руды не оказывают большого горного давления, но без крепи могут отслаиваться или обрушаться.

Таблица 1.1

Классификация систем подземной разработки М.И. Агошкова

Класс	Наименование класса	Группа	Наименование группы
I	Системы разработки с открытым очистным пространством	1	Почвоуступные системы
		2	Потолкоуступные системы
		3	Системы со сплошной выемкой
		4	Камерно-столбовые системы
		5	Системы с подэтажной отбойкой
		6	Системы с камерно-этажной выемкой
II	Системы разработки с магазином руды в очистном пространстве	1	Системы со шпуровой отбойкой из магазина
		2	Системы с отбойкой из специальных выработок
		3	Системы с отбойкой глубокими скважинами
III	Системы разработки с креплением очистного пространства	1	Системы с усиленной распорной и станковой крепью
		2	Системы с каменной и комбинированной крепью
IV	Системы разработки с закладкой очистного пространства	1	Система разработки горизонтальными слоями с закладкой
		2	Системы разработки наклонными слоями с закладкой
		3	Потолкоуступные системы с закладкой
		4	Системы нисходящей послышной разработки с закладкой
		5	Сплошные системы с закладкой
		6	Системы с креплением и закладкой

Продолжение таблицы 1.1

Класс	Наименование класса	Группа	Наименование группы
V	Системы разработки с обрушением вмещающих пород	1	Системы слоевого обрушения
		2	Щитовые системы разработки
		3	Столбовые системы с обрушением кровли
VI	Системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород	1	Системы подэтажного обрушения
		2	Системы этажного самообрушения
		3	Системы этажного принудительного обрушения
VII	Комбинированные системы	1	Комбинированные системы с выемкой камер с открытым очистным пространством
		2	Комбинированные системы с выемкой камер с магазинированием руды
		3	Комбинированные системы с выемкой камер с закладкой

IV класс - системы с закладкой, при которых очистное пространство, образующееся по мере выемки рудного массива, заполняется закладочным материалом. Закладка служит основным средством поддержания вмещающих пород. Иногда закладка служит только для того, чтобы противодействовать обрушению или оседанию поверхности. Крезь разной конструкции, простая и усиленная, возводится по мере очистной выемки ранее, чем производится закладка. Иногда крепление совсем не производится.

В отличие от двух первых классов, системы с закладкой могут применяться в породах, при которых невозможны открытые обнажения на большой площади.

V класс - с обрушением вмещающих пород - резко отличается от систем предыдущих классов тем, что очистное пространство по мере выемки дополняется обрушаемыми породами. Крепью поддерживается лишь призабойное рабочее пространство небольших размеров.

VI класс - с обрушением вмещающих пород и руды - отличаются от систем предыдущего класса тем, что кроме вмещающих пород, в процессе очистной выемки подвергается обрушению также массив руды, предварительно подсеченный снизу и с боков. В результате этого очистное пространство по мере его образования заполняется раздробленной рудой и опускающейся вслед за ней обрушенной пустой породой.

VII класс - комбинированные системы разработки - отнесены

разработки мощных месторождений, при которых этаж или панель делится на чередующиеся, относительно близкие по размерам, камеры и междуканальные целики, вынимаемые последовательно в две стадии разными системами. Обычно камеры вынимаются снизу вверх в первую очередь, а целики сверху вниз - во вторую, по окончании выемки соседних камер.

1.5. Классификация систем разработки (В.Р.Именитова)

По этой классификации все системы разработки разбиты на 3 основных класса по принципу способа поддержания очистного пространства в период выемки руды.

I класс. Система разработки с естественным поддержанием очистного пространства.

В состав этого класса входят системы разработки, при которых камеры отрабатываются с оставлением столбчатых или ленточных целиков.

К ним относятся следующие группы:

А. Системы с естественным поддержанием очистного пространства и механизированной доставкой в ней руды.

Б. Системы с естественным поддержанием очистного пространства и самотечной доставкой руды в нем.

Эти группы систем применяются в пологих и наклонных залежах малой и средней мощности. Руду перемещают по почве залежи.

II класс. Системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород (без поддержания очистного пространства).

При этих системах очистная выемка состоит только в разрушении и доставке руды, но очистное пространство не поддерживается, поэтому на отбитую руду обрушаются вмещающие породы.

К этой группе относятся:

А. Системы этажного обрушения.

Б. Системы подэтажного обрушения.

Эти системы применяют в мощных и средней мощности залежах при условии, что не требуется поддерживать земную поверхность. Ценность руды ограниченная в связи с повышенными потерями.

Запрещается применять эти системы при наличии в налегающих породах плавунцов, неосерненных песков и суглинков, а также карстов, заполненных водой и газом.

III класс. Системы разработки с искусственным поддержанием очистного пространства (закладкой или крепью).

При очистной выемке к отбойке и доставке руды добавляются процессы закладки или крепления, либо то и другое вместе. Система с креплением очистного пространства входит в этот класс в том случае, если после выемки руды крепь обрушают или извлекают.

1.6. Бинарная общая классификация систем подземной разработки твердых полезных ископаемых проф О. А. Байконурова

Первичные типы и подтипы систем выведены по их основным прямым признакам (по типу фронта работ этажа) на четыре типа систем:

- А - сплошные системы;
- Б - камерные системы;
- В - блочные системы;
- Г - комбинированные системы.

Типы систем в свою очередь разделены на подтипы.

Так, сплошные системы в зависимости от того, как ведется разработка месторождения - с разделением на этажи или без них, разбиты на подтипы:

- A_1 - безэтажно-сплошные системы разработки;
- A_2 - этажно-сплошные системы разработки;
- B_1 - разработка без разделения месторождения на панели и этажи;
- B_2 - панельно-камерные системы;
- B_3 - этажно-камерные системы.

Блоки системы разделены на подтипы по признакам сравнительных размеров блока: B_1 - разработка длинными блоками; B_2 - разработка короткими блоками; B_3 - разработка узкими блоками; B_4 - разработка массивными блоками.

По классификационной вертикали расположены группы по признакам поддержания выработанного пространства - классы:

- I - с открытым выработанным пространством;
- II - с частичной закладкой;
- III - с закладкой;
- IV - с креплением;
- V - с креплением и закладкой;

VI - с обрушением;

VII - с частичным обрушением;

VIII - с плавным опусканием кровли.

1.7. Единая классификация систем разработки рудных месторождений

В основу классификации положен способ управления горным давлением.

В некоторой степени она аналогична классификации проф. М. Агошкова, отличается от последней тем, что в ней V и IV классы объединены в один класс "Системы с обрушением". Некоторое отличие имеется в наименовании групп систем.

В таблице 1.2 приведена единая классификация систем подземной разработки рудных месторождений.

Таблица 1.2

Единая классификация систем подземной разработки рудных месторождений

№ класса	Наименование класса	Системы
I	Системы с открытым выработанным пространством	1) Сплошные системы 2) Камерно-столбовые системы 3) Потолкоуступные системы 4) Системы с доставкой руды силой взрыва 5) Системы с подэтажной отбойкой 6) Этажно-камерные системы
II	Системы с магазинированием руды	1) Системы с магазинированием руды блоками 2) Системы с магазинированием и отбойкой руды глубокими скважинами

№ класса	Наименование класса	Системы
III	Система с закладкой	1) Сплошные системы с однослойной выемкой и закладкой 2) Системы разработки горизонтальными слоями с закладкой 3) Столбовые системы с однослойной выемкой и закладкой 4) Системы с камерной выемкой и закладкой
IV	Системы с креплением	1) Системы с распорной крепью 2) Системы с крепежными рамами 3) Сплошные системы с однослойной выемкой и креплением 4) Столбовые системы с однослойной выемкой и креплением
V	Системы с обрушением	1) Системы слоевого обрушения 2) Системы подэтажного обрушения 3) Системы этажного обрушения 4) Столбовые системы с обрушением налегающих пород
VI	Комбинированные системы	1) Системы с креплением и магазинированием 2) Системы с креплением и закладкой 3) Системы с магазинированием и обрушением

Системы I группы применяются в крепких и устойчивых рудах и вмещающих породах.

II группа систем применяется при меньшей устойчивости вмещающих пород.

Системами III группы разрабатываются залежи с малоустойчивыми вмещающими породами и устойчивой и богатой рудой. Вмещающие породы поддерживаются закладкой.

IV группа - применяется в рудах неустойчивых, склонных к вывалам, небогатым по содержанию.

Системы V группы отличаются от всех предыдущих тем, что выработанное пространство по мере выемки руды заполняется обрушенными вмещающими породами.

Системы VI группы - комбинированные.

Достоинством данной классификации является ее простота и компактность. Основным признак - способ управления горным давлением, просматривается как в основных классах, так и в группах.

1.8. Подготовительные и нарезные выработки систем разработки

При горизонтальном и пологом залегании рудных залежей шахтное поле делится подготовительными выработками – главными и панельными штреками – на панели и столбы.

При отработке наклонных и крутопадающих рудных залежей к подготовительным выработкам относятся этажные штреки, орты и восстающие. В связи с применением самоходного оборудования в число подготовительных выработок входят также наклонные выработки для его передвижения по подэтажам, а при выпуске руды на подошву откаточного горизонта – погрузочные выработки.

Штреки и орты. Этажные штреки располагают как в рудном теле, так и во вмещающих породах. На выбор местоположения этажного штрека в рудном теле **влияют**: а) физические свойства руды в разных частях месторождения и вмещающих пород; б) конфигурация рудного тела у контактов с вмещающими породами; в) требования детальной разведки месторождения; г) конструктивные особенности применяемой системы разработки; д) условия доставки руды на этажный штрек из очистных забоев; е) необходимость оставления в околострековых целиках наименьшего количества руды. С учетом перечисленных факторов штреки проходят при большой мощности рудного тела по контакту с лежащим или висячим боками, а также между ними. Расположение штрека по контакту с лежащим боком вызывается необходимостью следования за контуром рудного тела, одновременно обеспечивая удобства выпуска со стороны лежачего бока и уменьшения надштрекового целика. По контакту с висячим боком штреки проводят более редко, чаще всего это вызывается устойчивостью пород висячего бока, при слабых породах в лежачем боку или необходимостью, вызванной конструктивными особенностями применяемой системы разработки. Штреки посередине рудного тела обычно располагают при скоростном его залегании и устойчивой руде.

Орты, проводимые в рудном теле при весьма большой мощности его, располагаются через интервалы, установленные параметрами принятой системы разработки.

Полевые этажные штреки проходятся во вмещающих породах рудной залежи (чаще лежачего бока) на расстоянии, обеспечивающим устойчивость штреков при выемке руды. Расположение полевого штрека зависит от следующих факторов: физико-механических свойств пород

лежащего и висячего бока; наименьшей длины ортов, соединяющих полевой штрек с рудным телом; возможно меньших расходов на поддержание полевого штрека и соединительных ортов.

Расположение полевых штреков в лежащем боку имеет преимущества даже при одинаковых свойствах пород лежащего и висячего боков рудных залежей, так как при этом обеспечивается меньшая длина соединительных ортов до рудного тела. Преимуществом является более устойчивое положение штрека в отношении давления со стороны боковых пород. Поэтому при более устойчивых и одинаковых по физико-механическим свойствам породах висячего и лежащего боков почти всегда предпочтение отдают расположению полевых штреков в лежащем боку рудной залежи.

Определение площади поперечного сечения откаточных и доставочных штреков и ортов производят исходя из назначения выработки, с учетом габаритных размеров откаточных сосудов, погрузочно-доставочных средств и величины зазоров, допустимых по условиям безопасности. Площадь поперечного сечения выработки проверяется в отношении допустимой скорости движения вентиляционной струи.

Наклонные выработки, служащие для передвижения по подэтажам самоходного оборудования, располагают во вмещающих породах и проводят в пределах высоты этажа под углом до $10-12^\circ$ с прямолинейной или спиральной трассой.

Подэтажи могут соединяться наклонными выработками с прямолинейными противоположными трассами.

Суммарная длина наклонных выработок с противоположно направленными трассами равна

$$\sum L_n = \frac{h_{нд} \cdot n}{\sin \alpha} \quad , \quad \text{м} \quad (1.1)$$

Общая протяженность выработки со спиральной трассой состоит из ряда участков (витков), соединенных между собой закруглениями и равна

$$\sum L_n = \left(\frac{h_{нд} \cdot n}{\sin \alpha} + l_3 \right) \quad , \quad \text{м}, \quad (1.2)$$

где $h_{нд}$ — высота подэтажа, м; n — число подэтажей; l_3 — длина закругления между витками трассы.

Погрузочные выработки проводят на отметке подошвы откаточного штрека для безблочного выпуска в них руды из очистных забоев и машинной погрузки ее в транспортные сосуды. Погрузочные камеры располагают через интервалы, равные расстоянию между пунктами выпуска руды. Сечение их принимают исходя из габаритов применяемых погрузочных машин.

Существуют следующие варианты расположения подошвы очистных забоев:

- 1) очистные работы ведут от уровня подошвы выработок основного горизонта;
- 2) очистные работы ведут от уровня кровли выработок основного горизонта (погрузка руды в откаточные сосуды через полки);
- 3) очистные работы ведут от уровня верхней границы целика, оставляемого над выработками основного горизонта (разгрузка руды в блоковые рудоспуски).

Восстающие. Эти выработки служат для проветривания, доставки руды и закладочного и крепежного материалов, сообщения с очистными забоями. Из них засекают очистные забои, проводят подэтажные и слоевые выработки и бурят скважины для отбойки руды.

Восстающие бывают наклонными (согласно углу падения рудной залежи) и вертикальными. Вертикальные восстающие могут проводиться только в рудных залежах большой мощности или имеющих вертикальное падение.

Применяют следующее расположение восстающих в отношении рудного тела (рис. 1.1):

- по контакту (рис. 1.1а);
- между контактами с вмещающими породами (рис. 1.1б);
- во вмещающих породах - полевые восстающие (рис. 1.1в).

Полевые восстающие располагают соответственно принятому расположению полевых штреков.

По условиям проходки восстающие можно разделить на два типа: восстающие, которые должны быть пройдены до начала очистных работ в блоке, и восстающие, которые наращивают по мере подвигания вверх очистной выемки в открытом очистном пространстве, в закладке или в отбитой руде.

Восстающие первого типа более распространены, применяются при любой системе разработки и в большинстве случаев служат одновременно для нескольких целей: сообщения с очистным забоем,

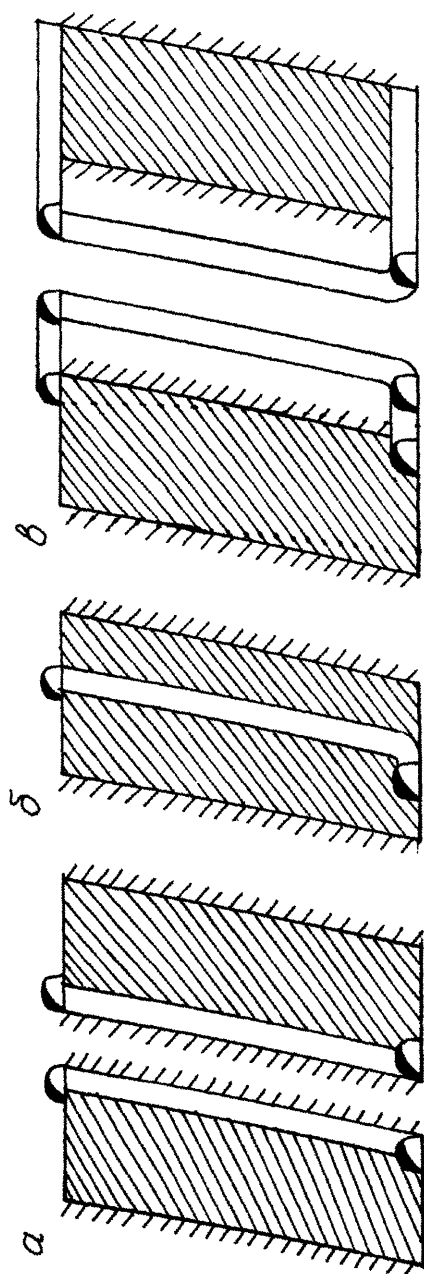


Рис. I. I. Расположение восстающих: а) — по контакту; б) — между контактами;
в) — во вмещающих породах

доставки материалов,

проведения подэтажных и слоевых выработок, вентиляции, прокладки труб, силовых кабелей и др.

Восстающие второго типа применяют только при некоторых системах и используют для разных целей – спуска руды из очистного забоя, для сообщения, доставки материалов. Соответственно по назначению их называют рудоспусками или ходками.

Нарезные выработки связаны с конструкцией системы разработки.

К нарезным выработкам относятся:

подэтажные и слоевые горизонтальные выработки, разделяющие блок на отдельные выемочные подэтажи или слои;

выработки горизонта погрузки и доставки – штреки или орты, служащие для погрузки и доставки отбитой руды до выработок основного горизонта;

выработки горизонта грохочения – камеры, штреки, орты, служащие для вторичного дробления отбитой руды и перепуска ее на основной горизонт;

выработки горизонта подсечки, служащие для отделения добываемого массива руды от днища блока (подсечные штреки, дучки, разворонки дучек).

Значительный объем нарезных выработок проводится для подготовки днищ камер и блоков. Наиболее значителен объем нарезных выработок в днищах (массив руды между основанием блоков и почвой основного откаточного горизонта) с выпуском руды через выпускные выработки (дучки) на горизонт вторичного дробления. Наименьшим объемом нарезки отличаются днища, в которых совмещены горизонты вторичного дробления и выпуска с откаточным горизонтом. В этом случае запас руды в днище наименьший.

В крутопадающих месторождениях любой мощности, а также и весьма мощных горизонтальных рудных залежах, днища блоков располагаются по руде. В весьма мощных месторождениях с недостаточно крутым углом падения лежачего бока днища могут располагаться как в рудной залежи, так и подстилающих породах.

Различают следующие виды днища блоков:

1. Днища блоков со скреперной доставкой руды:
 - а) по штрекам – погрузка через рудоспуск;
 - б) по ортам – погрузка через полок.
2. Днища блоков, оборудованные погрузочными камерами под са-

моходную доставку руды.

3. Днища блоков с грохотным горизонтом выпуска.
4. Днища блоков, совмещенные с горизонтом откатки.
5. Днища блоков, оборудованные под вибровыпуск руды.
6. Комбинированные виды днищ блоков.

Отработка руды в днищах связана с повышенными потерями и затратами. В связи с этим, при отработке рудных залежей высокой ценности иногда применяют искусственные днища из бетона.

1.9. Объем подготовительно-нарезных работ

Объем подготовительно-нарезных выработок для конкретной системы разработки зависит от ее конструктивных особенностей и принятого бурового и погрузочно-доставочного оборудования при очистной выемке.

Объем подготовительно-нарезных работ уменьшается с увеличением высоты этажа и параметров системы разработки. Расходы на добычу 1 т руды повышаются с увеличением объема подготовительно-нарезных работ в блоке, так как стоимость единицы руды при этом превышает стоимость из очистных забоев. Наряду с этим в некоторых случаях повышение объема подготовительно-нарезных работ значительно улучшает условия очистной выемки. Это, в свою очередь, снижает стоимость очистных работ на 1 т добычи, с избытком оправдывая повышение расходов на подготовительно-нарезные работы в блоке. В других же случаях в результате увеличения объема подготовительно-нарезных работ повышается извлечение запасов руды из блока, отработка рудной залежи ведется более интенсивно. В связи с этим оптимальный объем подготовительно-нарезных выработок необходимо устанавливать по суммарным затратам на 1 т добычи по подготовительно-нарезным и очистным работам с учетом интенсивности разработки месторождения.

Объем подготовительно-нарезных работ измеряют следующими показателями:

- удельным расходом подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды

$$P_{\text{пнв}} = \frac{\sum L_{\text{пнв}}}{E_{\text{из.б.}}} \cdot 1000, \text{ м/1000т.}, \quad (1.3)$$

- удельным объемом подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды

$$P_{\text{пнв}} = \frac{\Sigma V_{\text{пнв}}}{B_{\text{из.б.}}} \cdot 1000, \text{ м}^3 / 1000\text{т.}, \quad (1.4)$$

где $\Sigma L_{\text{пнв}}$ - суммарная длина подготовительно-нарезных выработок в блоке, м; $\Sigma V_{\text{пнв}}$ - суммарный объем подготовительно-нарезных выработок в блоке, м^3 ; $B_{\text{из.б.}}$ - извлекаемые запасы руды блока, т.

Балансовые запасы блока:

- для горизонтальных рудных залежей

$$B_{\text{бз}} = L_{\text{б}} \cdot B_{\text{б}} \cdot m \cdot \gamma, \text{ т.}, \quad (1.5)$$

- для наклонных и крутопадающих рудных залежей

$$B_{\text{бз}} = L_{\text{б}} \cdot B_{\text{б}} \cdot \frac{h_{\text{б}}}{\sin \alpha} \cdot \gamma, \text{ т.}, \quad (1.6)$$

Извлекаемые запасы блока:

- для горизонтальных рудных залежей

$$B_{\text{из.б.}} = L_{\text{б}} \cdot B_{\text{б}} \cdot m \cdot \gamma \cdot \left(\frac{1 - k_{\text{п}}}{1 - k_{\text{р}}} \right), \text{ т.}, \quad (1.7)$$

- для наклонных и крутопадающих рудных залежей

$$B_{\text{из.б.}} = L_{\text{б}} \cdot m \cdot \frac{h_{\text{б}}}{\sin \alpha} \cdot \gamma \cdot \left(\frac{1 - k_{\text{п}}}{1 - k_{\text{р}}} \right), \text{ т.}, \quad (1.8)$$

где $L_{\text{б}}$ - длина блока, м; $B_{\text{б}}$ - ширина блока, м; $h_{\text{б}}$ - высота блока, м; m - мощность рудной залежи, м; γ - плотность руды, $\text{т}/\text{м}^3$; $k_{\text{п}}$ - коэффициент потерь руды в блоке; $k_{\text{р}}$ - коэффициент разубоживания руды.

Коэффициент потерь руды в блоке

$$k_{\text{п}} = \frac{\Pi_{\text{б}}}{100}, \quad (1.9)$$

Коэффициент разубоживания руды

$$k_p = \frac{R_6}{100} , \quad (1.10)$$

где P_6 , R_6 - соответственно потери и разубоживание руды в блоке, % .

1.10. Потери и разубоживание руды при системах разработки

Потери и разубоживание руды значительно снижают эффективность разработки месторождения. При потерях уменьшаются извлекаемые запасы руды, а при разубоживании происходит снижение содержания полезных компонентов в добытой руде по отношению к балансовым запасам. Поэтому максимальное извлечение руды из блока без засорения его породой является одним из основных требований, предъявляемых к технологии очистной выемки.

Потери балансовых запасов вызывают увеличение затрат на проведение разведочных, капитальных и подготовительных работ, отнесенных на единицу добытой руды. Потери руды наносят также большой экономический ущерб, вызываемый значительными затратами на добычу потерянных руд.

При разубоживании снижается качество руды, возрастают затраты на обогащение, металлургический передел, погрузочно-доставочные работы и транспорт. В ряде случаев из-за вредных примесей уменьшается извлечение полезных компонентов на обогатительных фабриках и заводах.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость проведения эффективных мероприятий по уменьшению потерь и разубоживания руды, особенно при добыче высокоценных руд со сложной технологией переработки.

Потери руды, зависящие от применяемых систем разработки, весьма разнообразны и обуславливаются, в основном, ее конструктивными особенностями и параметрами, их можно разделить на следующие группы:

- 1) потери руды в массиве;
- 2) потери отделенной от массива (отбитой) руды.

Потери руды в массиве могут быть:

а) в междукammerных и панельных целиках (столбчатых или ленточных), поддерживающих выработанное пространство;

б) в защитных целиках (надштрековые, подштрековые), оставляемых в связи с конструктивными особенностями применяемой системы;

в) из-за неотработки отдельных участков с изменившимися элементами залегания рудного тела;

г) из-за неполноты обрушения руды при системах с обрушением;

д) из-за неполноты отбойки руды у контактов с вмещающими породами (в недоработанных участках кровли и почвы).

Потери отбитой руды в блоке:

а) на почве очистных камер;

б) на днище блока при выпуске;

в) в завалах, местах обрушений;

г) в местах погрузки и разгрузки.

Разубоживание руды при конкретной системе разработки в основном зависит от горно-геологических условий и применяемой технологии очистной выемки. Оработка рудных залежей со слабыми вмещающими породами, с неясно выраженными контактами сопровождается значительным разубоживанием руды. Некоторые системы разработки, например, с этажным и подэтажным разрушением, дают высокое разубоживание. Большой величины оно достигает при выемке тонких и весьма тонких рудных тел вследствие преднамеренной (вынужденной) отбойки пустых пород для создания необходимой (допустимой) ширины очистного пространства.

Разубоживание руды при системах разработки имеет следующие виды:

1) разубоживание от засорения руды вмещающими породами в связи с неточной отбойкой по контакту рудного тела;

2) разубоживание при отслаивании пород с кровли и боков рудной залежи;

3) разубоживание от выщелачивания шахтной водой металла, содержащегося в руде в форме растворимых соединений;

4) конструктивное разубоживание, связанное с вынужденной подработкой боковых пород для обеспечения очистного пространства необходимой ширины по условиям техники безопасности.

1.11. Определение показателей извлечения

Показатели извлечения и засорения руды позволяют более объективно оценить применение каждой системы разработки в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Коэффициент потерь руды при добыче

$$k_{\Pi} = \frac{\Pi_6}{B_{63}} , \quad (1.11)$$

где Π_6 - количество потерянных балансовых запасов руды блока, т; B_{63} - балансовые запасы руды блока, т.

Коэффициент извлечения руды

$$k_{и} = 1 - k_{\Pi} \quad (1.12)$$

или

$$k_{и} = 1 - \frac{\Pi_6}{B_{63}} = \frac{B_{63} - \Pi_6}{B_{63}} . \quad (1.13)$$

Коэффициент извлечения из недр полезных компонентов

$$k_{н} = \frac{Д \cdot C_{рн}}{B_{63} \cdot C_{63}} , \quad (1.14)$$

где C_{63} , $C_{рн}$ - соответственно содержание полезных компонентов в балансовых запасах и в добытой рудной массе, % или г/т.

Коэффициент разубоживания руды

$$k_p = \frac{В}{Д} , \quad (1.15)$$

где $В$ - количество примешанной породы при очистной выемке, т;
 $Д$ - количество добытой рудной массы из блока, т.

$$Д = B_{63} - \Pi_6 + В , \text{ т.} , \quad (1.16)$$

отсюда

$$K_p = \frac{B}{B_{63} - C_6 + B}, \quad \text{т.} \quad (1.17)$$

В связи с трудностью точного определения количества примешанной породы величину разубоживания выражают через снижение содержания полезного компонента в добытой руде (рудной массе) по сравнению с содержанием в балансовых запасах.

В этом случае коэффициент разубоживания составит:

- для условий, когда вмещающие породы не содержат полезных компонентов ($C_n = 0$)

$$K_p = \frac{(C_{63} - C_{pm})}{C_{63}}; \quad (1.18)$$

- для условий, когда вмещающие породы содержат полезные компоненты ($C_n \neq 0$)

$$K_p = \frac{(C_{63} - C_{pm})}{(C_{63} - C_n)}. \quad (1.19)$$

При выемке тонких и весьма тонких рудных тел (жил) с подрывкой боковых пород коэффициент разубоживания (конструктивное разубоживание) имеет следующий вид:

- для условий, когда боковые породы не содержат полезных компонентов ($C_n = 0$)

$$K_p = \frac{(m_0 - m_p) \cdot \gamma_n + m_p \cdot \gamma_p}{m_p \cdot \gamma_p}; \quad (1.20)$$

- для условий, когда боковые породы содержат полезные компоненты ($C_n \neq 0$)

$$K_p = \frac{((m_0 - m_p) \cdot \gamma_n + m_p \gamma_p) \cdot C_p}{(m_0 - m_p) \cdot \gamma_n \cdot C_n + m_p \cdot \gamma_p \cdot C_p}, \quad (1.21)$$

где m_0 - допустимая ширина очистного пространства, м; m_p -

средняя мощность рудного тела, м; γ_p - плотность руды, т/м³; γ_n - плотность вмещающих пород, т/м³; C_p, C_n - соответственно содержание полезных компонентов в рудном теле (желе) и во вмещающих породах, % или г/т.

Коэффициент изменения качества рудной массы при добыче

$$k_k = 1 - k_p. \quad (1.22)$$

Выход рудной массы при добыче

$$k_d = \left(\frac{1 - k_n}{1 - k_p} \right), \quad (1.23)$$

или

$$k_d = \frac{D}{B_{\delta_3}}. \quad (1.24)$$

Поскольку потери и разубоживание руды в процессе добычи между собой взаимосвязаны, допустимую величину тех или других для конкретных горно-геологических условий необходимо определять технико-экономическим расчетом.

1.12. Техничко-экономические показатели системы разработки

В себестоимости добычи руды половина затрат и более приходится на подготовительные и очистные работы. Поэтому эффективность систем разработки характеризуется прежде всего себестоимостью подготовки и очистной выемки, которая зависит главным образом от производительности труда.

Важнейшим показателем является также производительность блока и относительный объем подготовительно-нарезных работ, так как от этого зависит степень концентрации горных работ и максимально возможная интенсивность разработки месторождения, а, следовательно, максимально возможная производительность рудника.

Эффективность эксплуатации месторождения характеризуется показателями извлечения руды из недр, т.е. потерями и разубоживанием руды, которые зависят главным образом от системы разработки.

Себестоимость добычи существенно зависит от удельного расхода некоторых материалов.

Соответственно эффективность систем разработки характеризуется следующими численными показателями:

1) производительность труда забойного рабочего по системе разработки (в среднем на подготовительных и очистных работах), т/смену или $\text{м}^3/\text{смену}$;

2) производительность блока, т/смену или т/мес.;

3) удельный расход подготовительно-нарезных выработок в процентах по объему и запасу блока, % или в м на 1000 т выпускаемой руды;

4) потери руды, % ;

5) разубоживание, % ;

6) расход материала на отбойку и вторичное дробление кг/т или кг/м^3 , удельный расход цемента кг/т или кг/м^3 , удельный расход крепежного леса $\text{м}^3/\text{т}$ или $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Помимо численных показателей характеризуют эффективность систем разработки, ее особенности в части охраны труда.

Системы разработки должны применяться лишь в тех условиях и в том виде, в каком они отвечают требованиям охраны труда.

При более или менее одинаковой эффективности сравниваемых систем отдается предпочтение той из них, которая гарантирует лучшие условия охраны труда.

2. СИСТЕМЫ С ОТКРЫТЫМ ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Основным условием применения систем разработки с открытым очистным пространством является устойчивость рудного массива и вмещающих пород. Применяются эти системы для отработки рудных залежей разнообразных форм, размеров, углов падения. При этом максимальная мощность залежей, допустимая для этих систем разработки, ограничивается условиями безопасной работы, а также достаточной устойчивостью целиков при их умеренных поперечных размерах. В связи с этим, системы этого класса применяются, как правило, в залежах малой и средней мощности и лишь в виде исключения - в мощных рудных залежах.

Очистное пространство в процессе выемки остается открытым и поддержание его осуществляется рудными или породными целиками. В ряде вариантов систем этого класса в очистном пространстве устанавливают простую крепь для поддержания отдельных участков кровли

и сооружения настила для работающих. Иногда камера частично заполняется отбитой рудой, нахождение которой в очистном пространстве вызывается не требованием технологического процесса разработки, а организационными причинами (отсутствие транспорта, необходимость создания резерва запасов отбитой руды и др.).

Практика горных работ показывает, что разработку с открытым выработанным пространством можно вести до глубины порядка 800 м. При большей глубине усиливается опасность работ вследствие возможности горных ударов и взрывов, кроме того, в результате увеличения горного давления возникает необходимость в оставлении целиков больших размеров.

2.1. Сплошные системы разработки

Сущность сплошной системы разработки состоит в том, что разработка ведется без предварительной нарезки рудной залежи на выемочные поля, блоки или камеры, когда фронт очистных работ представлен сплошной линией забоя. Линия очистных работ может быть вытянута в любом направлении в зависимости от горно-геологических условий месторождения.

Сплошные системы преимущественно применяются при отработке залежей малой и средней мощности. Устойчивость пород кровли является главным условием применения этих систем. При разработке мощных рудных тел массив должен быть устойчив.

Вследствие значительных потерь в целиках применение этой системы целесообразно в рудах сравнительно невысокой ценности.

Сплошная система разработки отличается большой длиной забоя, что дает возможность использовать мобильное самоходное оборудование. Отбойка в зависимости от вынимаемой мощности может вестись безуступным забоем (мощность до 5-8 м) и уступным забоем (мощность рудного тела свыше 5-8 м).

Поддержание кровли в выработанном пространстве при небольшой мощности осуществляется простейшими видами крепи (стойки, костры), при средней и большой мощности - нерегулярно оставляемыми целиками, преимущественно на участках с пониженным содержанием металла, или регулярно оставляемыми целиками.

2.1.1. Сплошная система разработки горизонтальных и пологих залежей

Условия применения. Систему применяют при отработке горизонтальных и весьма пологих залежей ($6-10^\circ$) с устойчивой кровлей и со средним содержанием полезного компонента в руде (рис. 2.1).

Параметры системы. Параметры зависят от характеристики рудной залежи, но ее длина не должна превышать 250-300 м. Размеры целиков и расстояния между ними зависят от физико-механических свойств руд и вмещающих пород, а также площади месторождения и глубины разработки. Целики чаще всего оставляют на участках рудной залежи с пустым включением пород или на участках бедных руд. При круглой форме целиков диаметром 3-18 м, расстояние между ними от 3 до 30 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовительные выработки отсутствуют, нарезка состоит в проведении разрезной выработки непосредственно у околоствольного двора, с которой в дальнейшем развивают очистную выемку.

Очистная выемка. Очистные работы начинают сразу у околоствольного двора и по мере продвижения фронт их расширяется. Шпуры бурят колонковыми перфораторами (при мощности рудного тела до 3 м), а при большой - самоходными буровыми установками. Участки рудной залежи со значительной мощностью вынимают почвоуступным или потолкоуступным забоем. Доставляют отбитую руду погрузочно-доставочными машинами (ПДМ). После осмотра и обorkи кровли устанавливают штанговую крепь.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды - 15-30% и более; разубоживание - 5-6%; производительность труда забойного рабочего с использованием переносного оборудования - 15-25 т/смен, при вариантах с самоходным оборудованием - 80-120 т/смен; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды - 0,5-1,0 м; удельный расход ВВ - 0,350-0,500 кг/т.

Достоинства: высокая производительность труда забойных рабочих; незначительный объем подготовительно-нарезных работ; благоприятные условия для механизации очистных работ; вполне удовлетворительные условия проветривания; низкая себестоимость добычи.

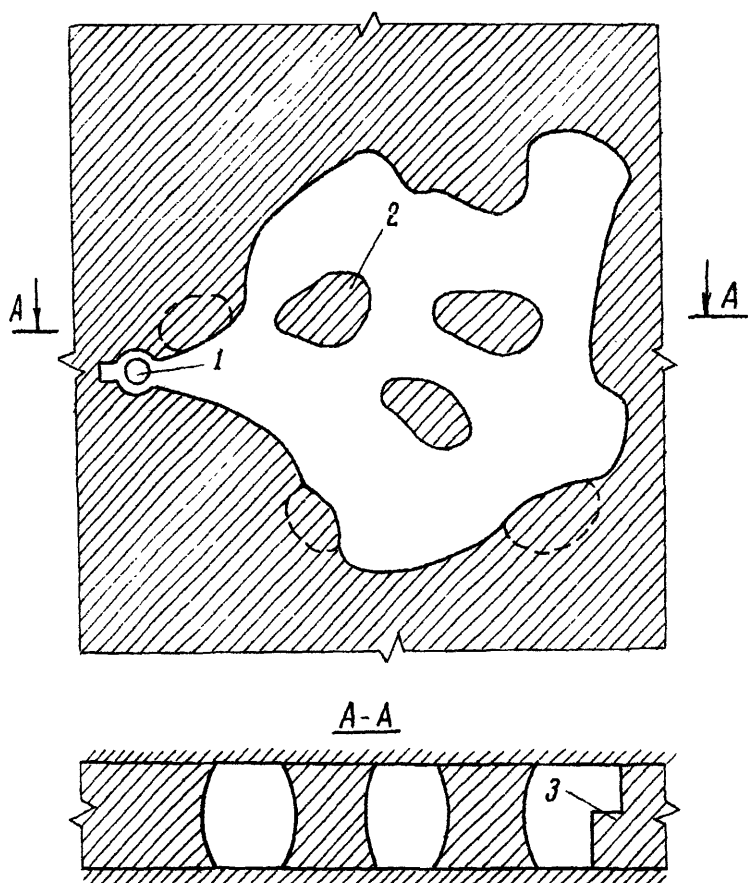


Рис. 2.1. Сплошная система разработки горизонтальных и пологих залежей: 1 - ствол шахты; 2 - опорные целики; 3 - почвоуступный забой

Недостатки: значительные потери руды в целиках; трудность проведения контроля за состоянием кровли при большой мощности рудной залежи.

Для рудных залежей более значительной протяженности применяют вариант этой системы, представленный на рис.2.2.

2.1 2. Сплошная система разработки наклонных залежей

Условия применения. Система целесообразна при отработке маломощных залежей (2,5–3,0 м) с углом залегания 18–35° с устойчивым рудным массивом и вмещающими породами (рис.2.3).

Параметры системы. Высота этажа колеблется в пределах 30–50 м. Наклонная длина выемки может быть значительной и зависит от высоты этажа. Размеры целиков определяются нагрузками со стороны вышележащих пород, а расстояние между ними выбирают в зависимости от устойчивости пролетов кровли.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение откаточного и вентиляционного штреков, нарезку отрезного восстающего.

Очистная выемка. Очистную выемку начинают с отрезного восстающего. Руду отбивают шпуровыми зарядами. Шпуры бурят вдоль линии очистного забоя и доставляют ее через сбойки в надштрековых целиках скреперными лебедками, установленными в нишах. Кровлю поддерживают рудными или породными целиками, кострами или стойками. Костры и стойки устанавливают для предотвращения отдельных отслоений и вывалов кровли. Их располагают с учетом местных условий для полного обеспечения безопасности работ.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды – 5–10%; разубоживание руды – 5–6%; производительность труда забойного рабочего – 10–12 т/смену; удельный расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды – 1–2 м; удельный расход ВВ – 0,450–0,600 кг/т.

Достоинства: малые потери и разубоживание руды; незначительный объем подготовительно-нарезных выработок.

Недостатки: ограниченные условия для механизации очистных работ; низкая производительность труда.

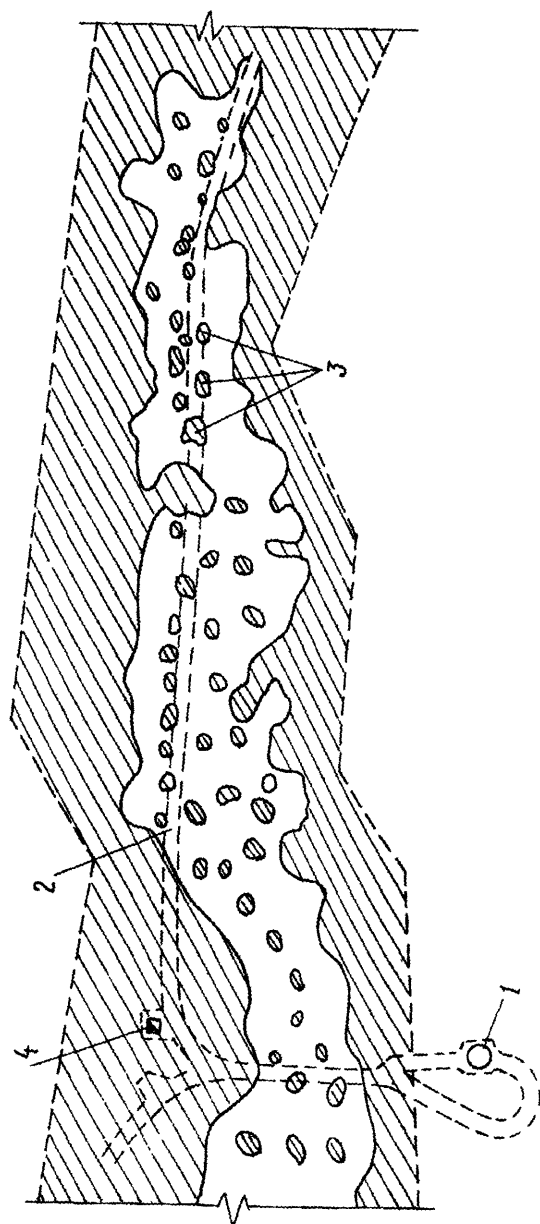


Рис.2.2. Сплошная система разработки горизонтальных и пологих залежей (для рудных залежей значительной протяженности): 1 - ствол шахты; 2 - откаточный штрек; 3 - опорные целики;

4 - рудоспуск

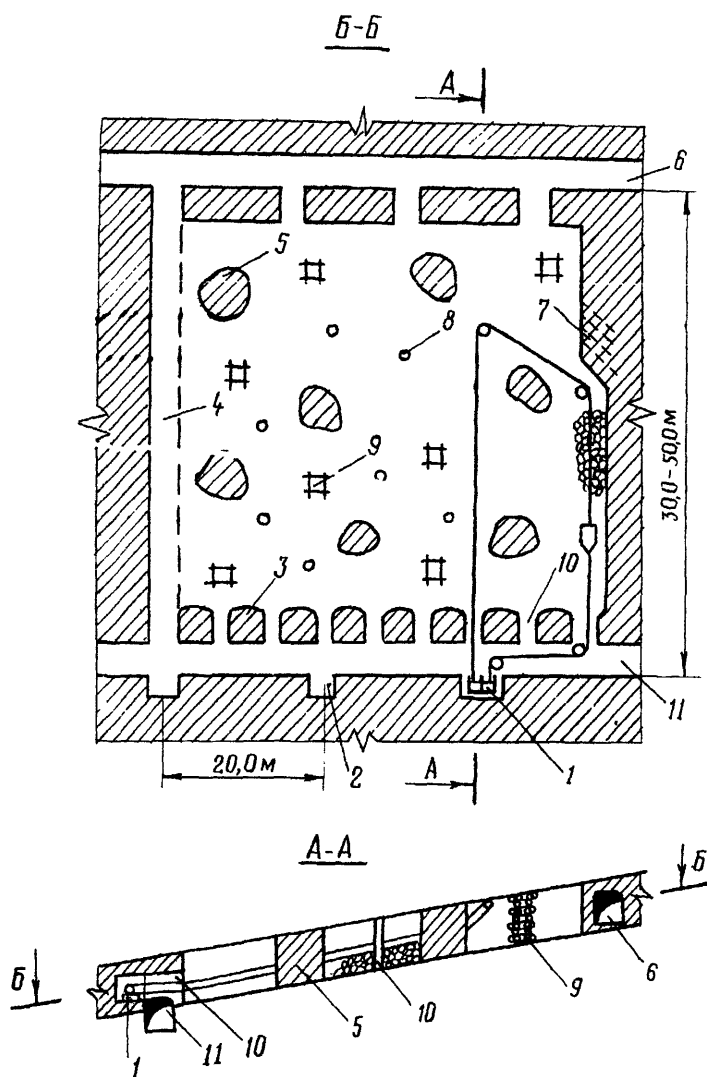


Рис.2.3. Сплошная система разработки наклонных залежей:
 I - скреперная лебедка; 2 - ниша для лебедок; 3 - надштрековый целик; 2 отрезной восстающий; 5 - целик; 6 - откаточный штрек верхнего горизонта; 7 - шпур; 8 - стойки; 9 - костровая крепь; 10 - сбойка; 11 - откаточный штрек

2.2. Камерно-столбовые системы разработки

Сущность камерно-столбовых систем сводится к тому, что рудную залежь, подготовленную панельным способом, отрабатывают камерами, между которыми регулярно оставляют сплошные ленточные или столбообразные целики разнообразной формы (круглые, квадратные, прямоугольные).

Рудный массив и налегающие породы должны быть устойчивыми. При благоприятных горно-геологических условиях (небольшая мощность рудных тел, устойчивые неудароопасные руды и породы) камерно-столбовые системы могут применяться на больших глубинах (до 800-1000 м). Мощность отрабатываемых залежей может колебаться в широких пределах от 1,8 до 30 м, а угол падения от 0 до 35°.

Варианты камерно-столбовой системы различают по способам отбойки руды и форме забоя, доставки руды и форме целиков. Выработки основного горизонта располагают либо в рудном массиве на уровне почвы залежи, либо в подстилающих породах на глубине 4-10 м от почвы залежи.

2.2.1. Камерно-столбовая система разработки горизонтальных и пологих залежей

Вариант камерно-столбовой системы разработки
с безуступной выемкой.

Условия применения. Системы применяют при отработке горизонтальных и весьма пологих залежей (0-12°) с мощностью рудного тела 3-8 м средней и нижесредней ценности руды. Рудный массив и породы кровли должны быть устойчивыми. (Рис.2.4) - вариант камерно-столбовой системы разработки для мощности рудного тела 3-6 м, рис.2.5 - вариант камерно-столбовой системы разработки для мощности рудного тела 6-8 м.

Параметры системы. Ширина панели составляет 100-150 м. Ширина камер 8-20 м. Длина камер зависит от устойчивости пород и способа доставки (от 100-150 до 300-400 м). Высота камеры также зависит от мощности отрабатываемой залежи (3-30 м). Размеры регулярно оставляемых целиков зависят от нагрузки вышележащих пород и в среднем составляют 5-8 м, расстояние между целиками 12-20 м.

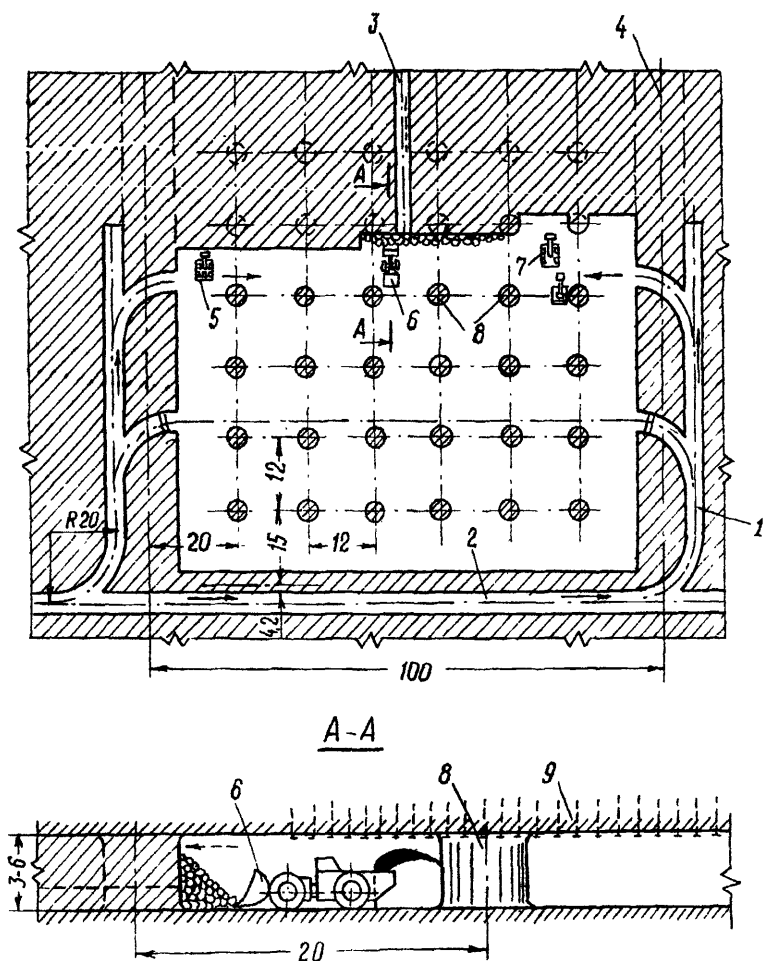


Рис.2.4. Камерно-столбовая система разработки горизонтальных и пологих залежей при мощности 3-6 м : 1 - намельный штрек; 4 - ось барьерного целика; 5 - самоходная буровая установка; 6 - погрузочно-доставочная машина; 7 - каретка для крепления кровли; 8 - опорные целики; 9 - штанговая крепь

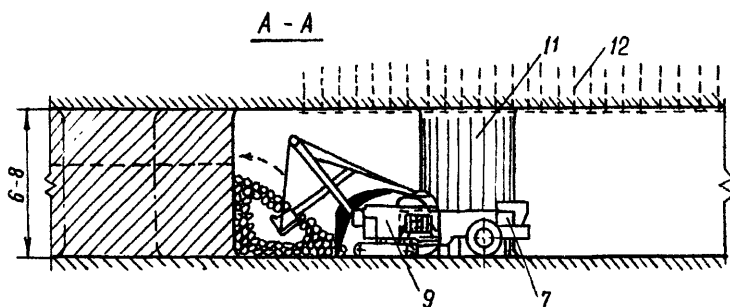
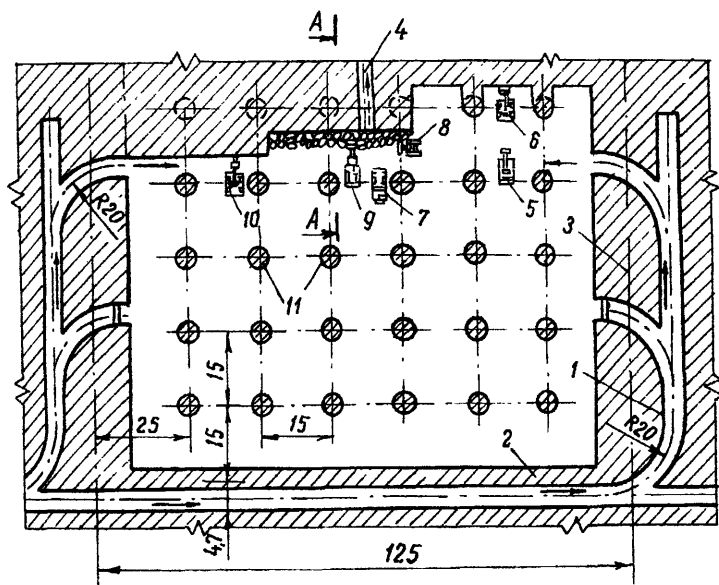


Рис.2.5. Вариант камерно-столбовой системы разработки горизонтальных и пологих залежей при мощности 6-8 м: I - панельный штрек; 2 - транспортный штрек; 3 - ось барьерного целика; 4 - вентиляционный штрек; 5-пол для оборки и крепления кровли; 6 - каретка для крепления кровли; 7 - автосамосвал; 8 - бульдозер; 9 - экскаватор; 10 - самоходная буровая установка; II - опорные целики; 12 - штанговая крепь

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение транспортного, вентиляционного и панельного штреков, нарезка состоит в проведении разрезного штрека.

Очистная выемка. Очистную выемку осуществляют безуступным (3-8 м), почвоуступным или потолкоуступным забоем (8-16 м и выше). При обурировании камерных запасов широко используют самоходные буровые установки. На погрузке и доставке руды в зависимости от мощности залежи применяются как скреперные лебедки, так и погрузочно-доставочные (ПДМ), погрузочные машины с нагребашими клапанами типа ПНБ в комплексе с автосамосвалами. Управление кровлей осуществляют междуканальными, барьерными, панельными и опорными целиками. Размеры панельных целиков зависят от физико-механических свойств и глубины разработки и могут колебаться в пределах от 8 до 15 м. Диаметр опорных целиков 3-9 м, расстояние между целиками 12-20 м. Кроме этого, камеры закрепляют железобетонной штанговой крепью, сталеполлимерной штанговой, набрызгбетонной, комбинированной (железобетонной штангой с набрызгбетонной). В зависимости от крепости пород непосредственной кровли сетка штанг колеблется от 1,0х1,0 до 1,5х1,5 глубиной от 1,8 до 2,5 м.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды 15-18% и выше, разубоживание руды 5-7%, производительность труда с использованием самоходного оборудования 80-100 т/смену, расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды - 6-8 м, удельный расход ВВ - 0,350-0,500 кг/т.

Достоинства: высокая производительность труда забойных рабочих; относительно небольшой объем подготовительно-нарезных работ; благоприятные условия для широкой механизации буровых и погрузочно-доставочных работ; низкая себестоимость добычи.

Недостатки: Значительные потери руды в опорных целиках; невозможность осуществления раздельной выемки и забойной сортировки рудной массы; трудность наблюдения за состоянием кровли выработанного пространства.

Вариант камерно столбовой системы разработки с уступной выемкой

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке горизонтальных и пологих залежей ($0-12^\circ$) с мощностью рудного тела 8-16 м и выше с устойчивым рудным массивом и кровлей (рис. 2.6).

Параметры системы. Основные параметры системы разработки аналогичны вариантам предыдущих, лишь увеличиваются размеры панельных и опорных целиков в соответствии с высотой камер и глубиной разработки.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка и нарезка панели заключается в проведении транспортного, панельных и разрезных штреков на уровне почвы верхней подсечки и разрезных штреков на уровне почвы верхней подсечки и на уровне почвы рудной залежи. Вентиляционный штрек проходят у кровли залежи.

Очистная выемка. Очистную выемку при этом варианте производят уступным забоем под кровлей верхней подсечки. Нижний уступ отрабатывается из заездов после продвижения верхней подсечки в среднем на 40-50 м. При такой схеме обеспечивается независимое ведение работ на верхней подсечке и при отработке уступами.

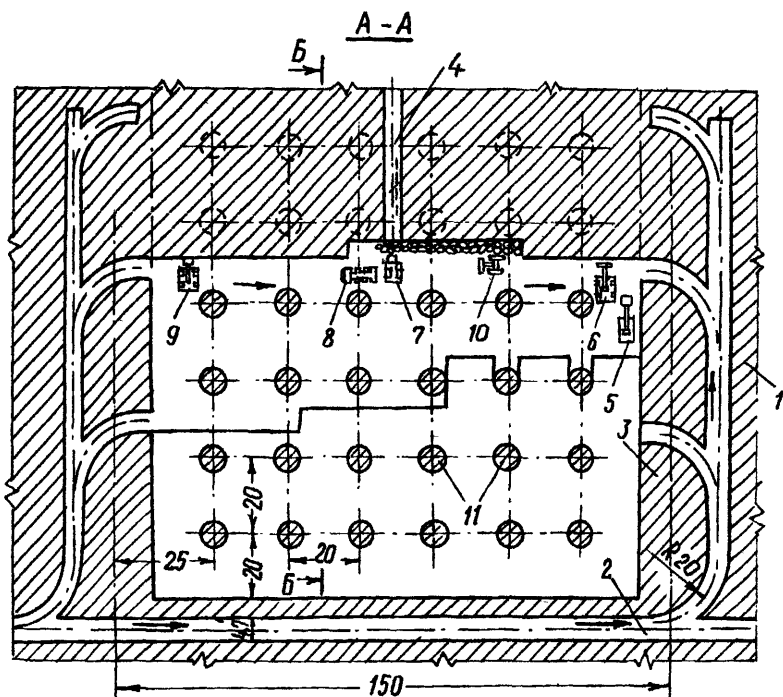
Технико-экономические показатели, достоинства и недостатки аналогичны предыдущим вариантам.

2.2.2. Камерно-столбовая система разработки наклонных рудных залежей

Условия применения. Систему применяют при разработке наклонных залежей (до 35°) с мощностью 3-6 м с устойчивой кровлей и со средним содержанием полезного компонента в руде (рис. 2.7).

Параметры системы. Расстояние между наклонными заездами составляет 100-150 м, ширина очистных камер при мощности рудной залежи 6 м равна 6-8 м, диаметр столбчатых целиков - 5-6 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка заключается в проведении откаточных и транспортных штреков. Верхний транспортный штрек выполняет роль вентиляционного штрека рудоспуска. Нарезка - проведение диагонального (наклонного) заезда, с которого



Б-Б

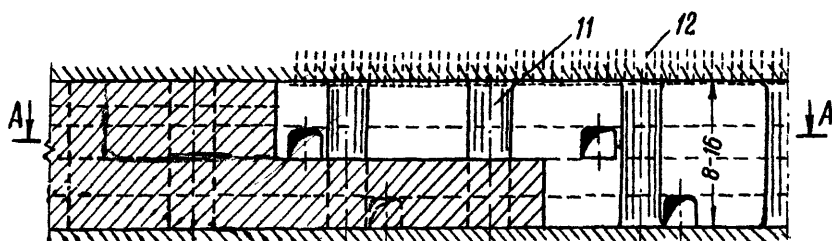


Рис.2.6. Вариант камерно-столбовой системы разработки горизонтальных и пологих залежей при мощности рудного тела 8-16 м:
 I - панельный целик; 2 - транспортный штрек; 3 - ось барьерного целика; 4 - вентиляционный штрек; 5 - полук для осмотра и обделки кровли; 6 - каретка для крепления кровли; 7 - экскаватор; 8 - автосамосвал; 9 - самоходная буровая установка; 10 - бульдозер; II - опорные целики; 12 - штанговая крепь.

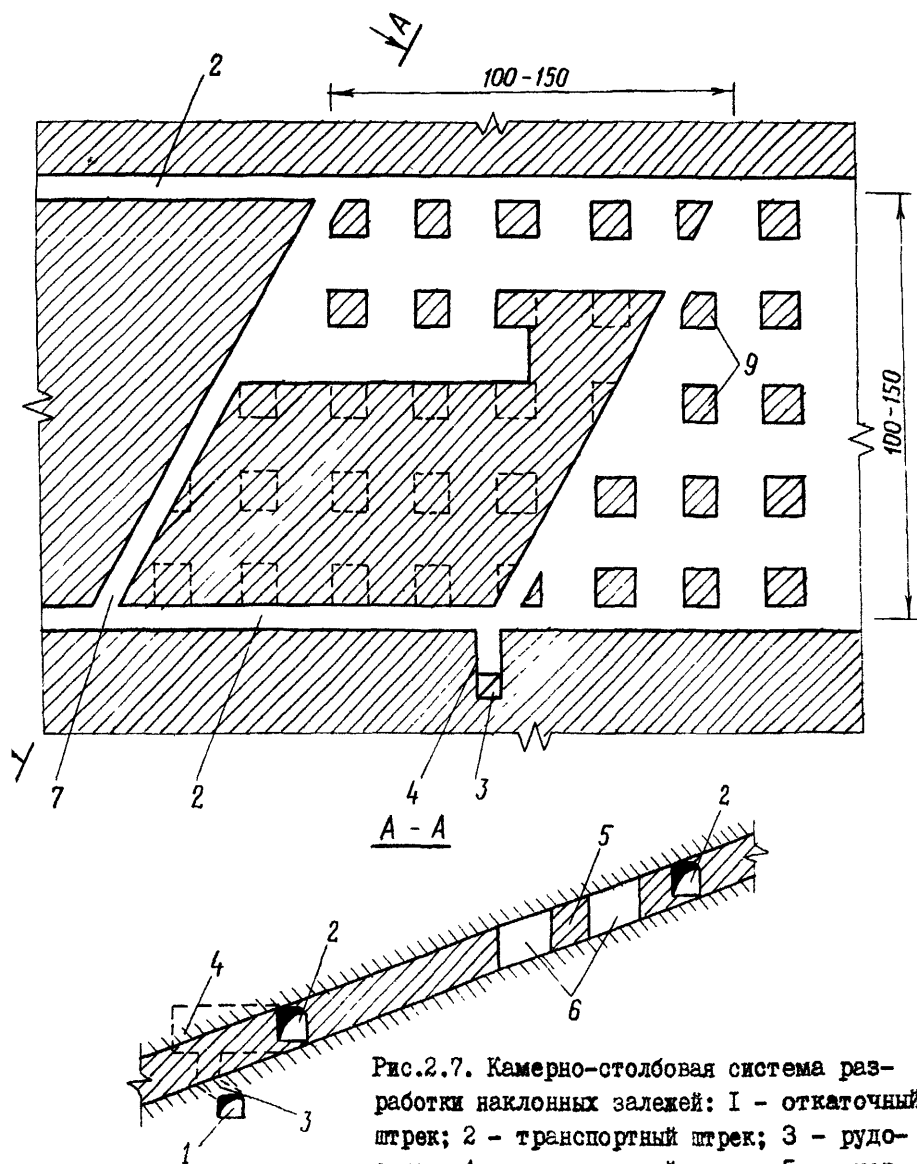


Рис.2.7. Камерно-столбовая система разработки наклонных залежей: 1 - отвальный штрек; 2 - транспортный штрек; 3 - рудо-спуск; 4 - разгрузочный заезд; 5 - опорный целик; 6 - отработанные камеры; 7 - диагональный заезд

в дальнейшем развивают очистную выемку.

Очистная выемка. Камеры высотой 5-6 м (зависит от мощности рудной залежи) отрабатывают в нисходящем порядке. Для увеличения фронта работ соседние камеры отрабатывают попарно. Для бурения горизонтальных шпуров глубиной 2,8-3,0 м используют самоходные буровые установки. Для доставки руды используют погрузочно-доставочные машины или комплексы (погрузочная машина с нагребными лапами и автосамосвал). Для поддержания выработанного пространства оставляют регулярные столбчатые целики. Кровлю крепят штангами. Отставание крепи от забоя не превышает 5-6 м.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды 20% и более; разубоживание 5-7%; производительность труда забойного рабочего - 50-80 т/смену; удельный расход ВВ - 0,350-0,500 кг/т; удельный объем подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды - 3-10 м.

Достоинства: высокая производительность труда забойных рабочих; благоприятные условия для широкой механизации, буровых и погрузочно-доставочных работ; вполне удовлетворительные условия для проветривания.

Недостатки: значительные потери руды в целиках; трудность наблюдения за состоянием кровли выработанного пространства, невозможность раздельной выемки и забойной сортировки рудной массы.

2.2.3. Система разработки с доставкой руды силой взрыва

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы в которых отрабатывают наклонными камерами по восстанию со взрыводоставкой руды до рудовыпускных воронок днища и управление кровлей осуществляют регулярно оставляемыми между камерными ленточными целиками (рис. 2.8).

Условие применения. Систему применяют при отработке наклонных залежей ($25-45^\circ$) с мощностью от 4-5 до 16-20 м с рудой средней или нижесредней ценности.

Параметры. Длина блока при скреперной доставке - 60-80 м, при применении погрузочно-доставочных машин - 120-140 м, при применении комплексов погрузочная машина типа ПНБ в комплексе с ав-

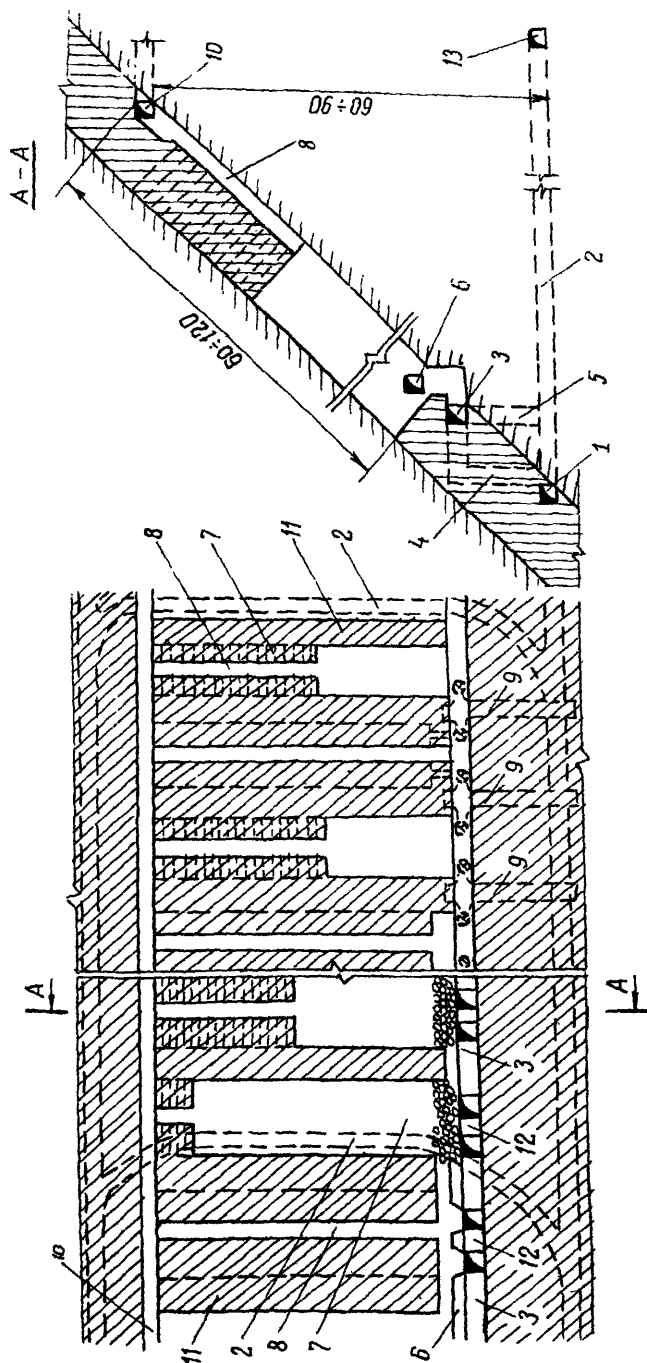


Рис. 2.8. Система разработки с доставкой руды силой взрыва: 1 - рудный штрек; 2 - соединительный штрек; 3 - скреперный штрек; 4 - материально-ходовой овосташный; 5 - рудоспуск; 6 - подсечной штрек; 7 - очистное пространство; 8 - буровой овосташный; 9 - скреперные орты; 10 - вентиляционный штрек; 11 - ленточный штрек; 12 - выпускные выработки (лучки, разворонки); 13 - полевой откаточный штрек

тосамосвалом -140-160 м и выше. Наклонная длина днища камер (длина взрыводоставки) при углах залегания рудного тела (α): $\alpha \geq 25^\circ$ - 40-50 м, $\alpha \geq 35^\circ$ -60-70 м, $\alpha \geq 45^\circ$ -90-100 м и выше. Ширина ленточного целика зависит от глубины разработки и составляет в среднем 5-6 м, ширина камер - 10-18 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовку и нарезку блока осуществляют при следующих способах: со скреперной доставкой руды по штрекам - погрузка через рудоспуск (рис.2.9,а); по ортам - безлюковая погрузка через полук (рис.2.9.б); при устройстве погрузочных камер (рис.2.9,в); Подготовка блока включает проведение откаточного и вентиляционного штреков блокового рудоспуска и материально-ходового восстающего. Нарезными выработками являются подсечной штрек, наклонные буровые восстающие, отрезной восстающий, выпускные выработки днища (дучки, разворонки дучек), доставочные выработки (скреперный штрек или скреперный орт).

Очистная выемка. Очистные работы начинают с расширения отрезного восстающего в отрезную щель на всю ширину камеры. Для отбойки руды бурят веерные комплекты скважин, которые последовательно взрывают с миллисекундным взрыванием. Для увеличения эффективности взрыводоставки руды до рудоприемных выработок днища блока удельный расход ВВ увеличивается на 30-50%. Руда силой взрыва доставляется к дучкам, откуда через рудоспуски или через полки ее грузят в вагонетки. Руду, оставшуюся после взрыва на почве наклонной камеры, доставляют к дучкам с помощью скреперных лебедок, электробульдозером (с дистанционным управлением) или гидросмывом. Погрузку и доставку руды также производят самоходными погрузочно-доставочными машинами и комплексами из заездов, пройденных к камерам (рис.2.9,в). Управление кровлей осуществляют междуканерными целиками, которые могут быть извлечены после выемки канерных запасов.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды 20-25% и более, разубоживание 8-10%, производительность труда забойного рабочего 25-30 т/смену при скреперной доставке и 50-60 т/смену при применении самоходного оборудования, удельный расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды - 12-14 м, удельный расход ВВ 0,400-0,600 кг/т.

Достоинства: исключает присутствие забойных рабочих в

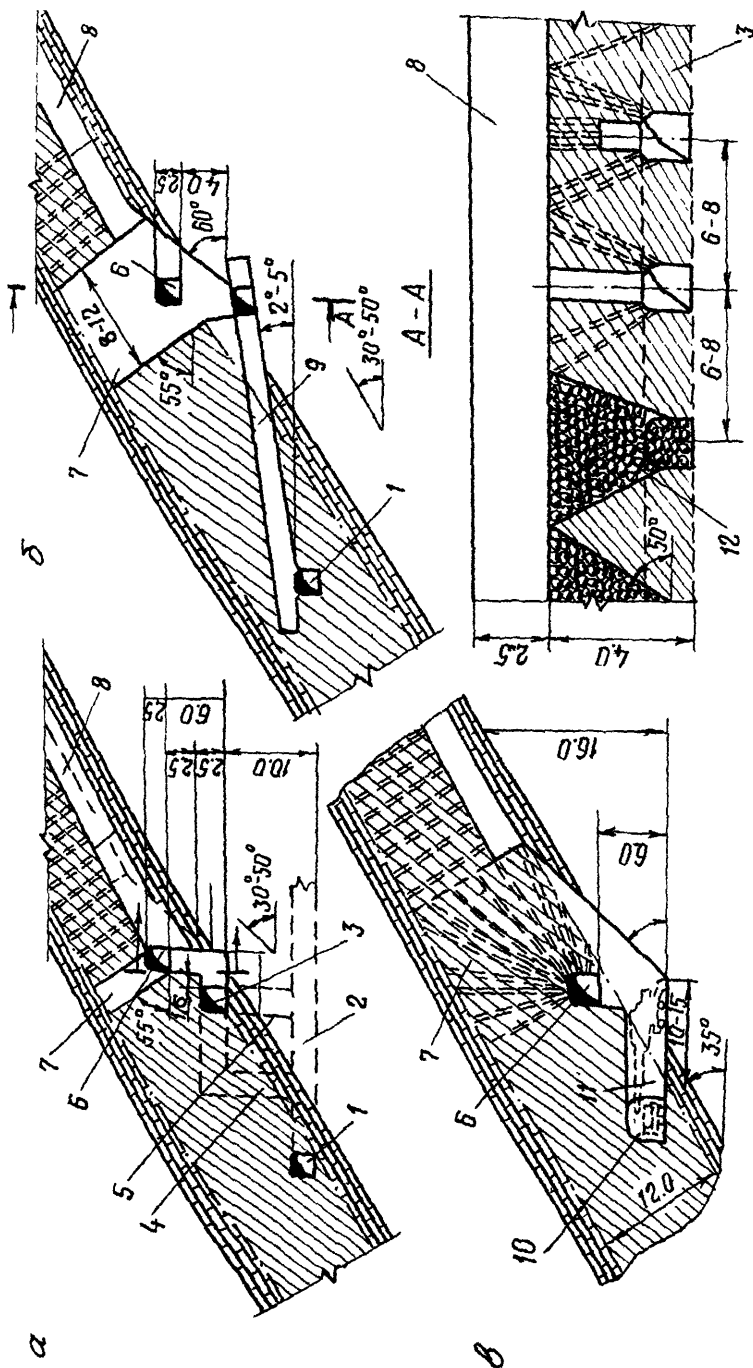


Рис.2.9. Способы подготовки дна блоков: а) со скреперным горизонтом доставки по штракам; б) - со скреперным горизонтом доставки по ортам; в) - с погрузочными камерами при применении самоходного оборудования.

очистном пространстве, что устраняет опасность травматизации при отслоении кусков руды с кровли камер; относительно высокая производительность труда при использовании самоходного оборудования.

Недостатки: повышенный объем буровых работ и удельный расход ВВ на взрыводоставку; необходимость периодической зачистки очистных камер при малых углах падения рудной залежи (25-30°).

2.2.4. Система разработки с отбойкой руды из подэтажных штреков

Сущность системы разработки состоит в том, что залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы в которых отрабатывают камерами с отбойкой руды веерным комплектом скважин из подэтажных штреков, руда до рудоприемных выработок доставляется под действием собственного веса, а управление кровлей осуществляют оставлением междукamerных целиков.

Вариант системы со скреперной доставкой руды

Условия применения. Систему применяют при отработке крутопадающих рудных залежей (более 55°) средней мощности (3-6 м) с устойчивыми вмещающими породами (рис. 2.10).

Параметры системы. Параметры в основном зависят от горно-геологических и горнотехнических условий. Высота блока (этажа) 50-60 м, длина блока 60-80 м, высота подэтажа 10-15 м, ширина междукamerных целиков 8-10 м, высота целиков днища (надштрековых) 8-10 м.

Подготовительно-нарезные работы. При скреперной доставке руды подготовительные работы включают проведение скреперного и вентиляционного штреков, блоковых восстающих и рудоспуска. Нарезка - проведение подэтажных штреков, выпускных выработок днища (дучек, разворонков дучек), отрезного восстающего.

Очистная выемка. Бурение веерных комплектов скважин производят станками ударно-вращательного действия. Отбитая руда под действием собственного веса поступает в выпускник выработки днища, затем скреперной лебедкой доставляют до блокового рудоспуска. Управление кровлей осуществляют регулярно оставляемыми междукamerными целиками.

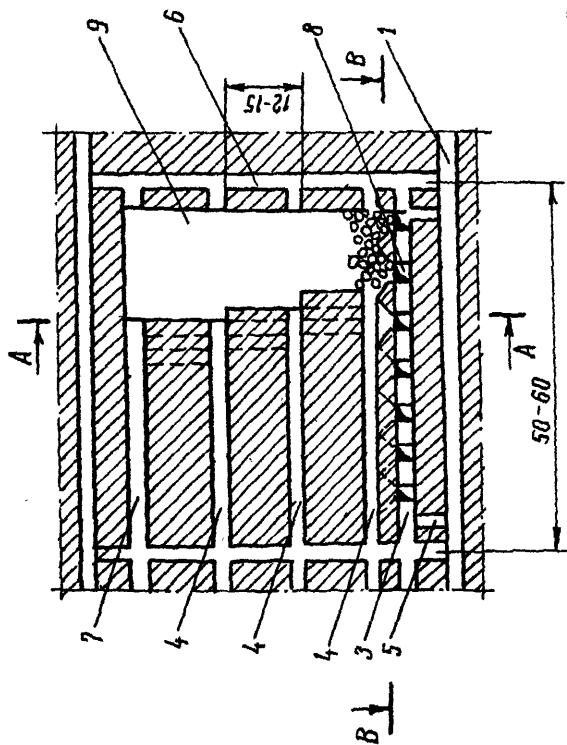
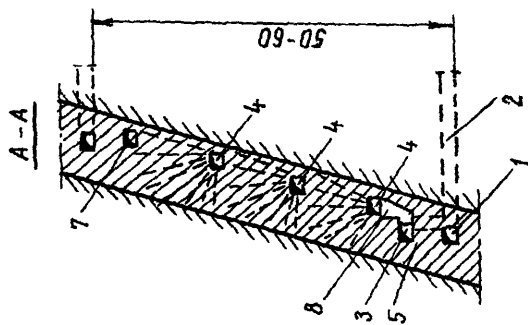
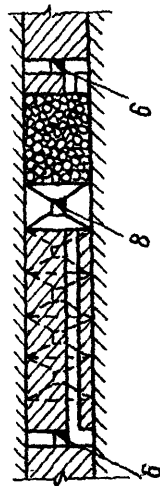


Рис.2.10. Вариант системы разработки с отбойкой руды из подэтажных штреков и со скреперной доставкой руды: 1 - откаточный штрек; 2 - орт; 3 - штрек скреперования; 4 - подэтажные штреки; 5 - рудоспуск; 6 - восстающий; 7 - вентиляционный штрек; 8 - дучки; 9 - очистная камера



Технико-экономические показатели : потери руды 16-18% и более, разубоживание 8-10%; производительность труда забойного рабочего 25-35 т/смену; объем подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды - 14-16 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,450-0,550 кг/т.

Достоинства: высокая безопасность работ; непрерывность очистных работ на подэтажах; высокая производительность бурильщика и забойного рабочего.

Недостатки: значительные потери и разубоживание руды; большой объем подготовительно-нарезных выработок; невозможность сортировки руды.

Вариант системы с применением самоходного оборудования.

Условия применения. Систему применяют при отработке крутопадающих рудных залежей (более 55°) средней мощностью до 15-20 м с устойчивыми вмещающими породами (рис. 2.11).

Параметры системы. Высота блока (этажа) 60-80 м, длина блока 120-140 м, высота подэтажа 15-20 м, ширина междукamerных целиков 10-20 м.

Подготовительно-нарезные работы. При применении самоходного оборудования подготовительные работы включают проведение доставочного и вентиляционного штреков, наклонного съезда для доставки самоходной техники на подэтажи, блоковых восстающих. Нарезка включает проходку из доставочного штрека ортов-заездов к рудному телу, подэтажных штреков, отрезного восстающего.

Очистная выемка. Очистные работы начинают с расширения отрезного восстающего в отрезную щель на границе камеры с междукamerным целиком. Бурение глубоких скважин осуществляют с помощью самоходных буровых машин из подэтажных штреков. Отбитая руда под действием собственного веса поступает на подошву погрузочного заезда, где самоходными погрузочно-доставочными машинами доставляют до блокового или капитального рудоспуска. Выработанное пространство поддерживают временными (на период отработки) или оставленными на длительный срок междукamerными целиками.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды 16-18% и более, разубоживание 8-10%; производительность труда забойного рабочего 60-80 т/смену; объем подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды - 12-14 м; удельный расход ВВ на отбойку

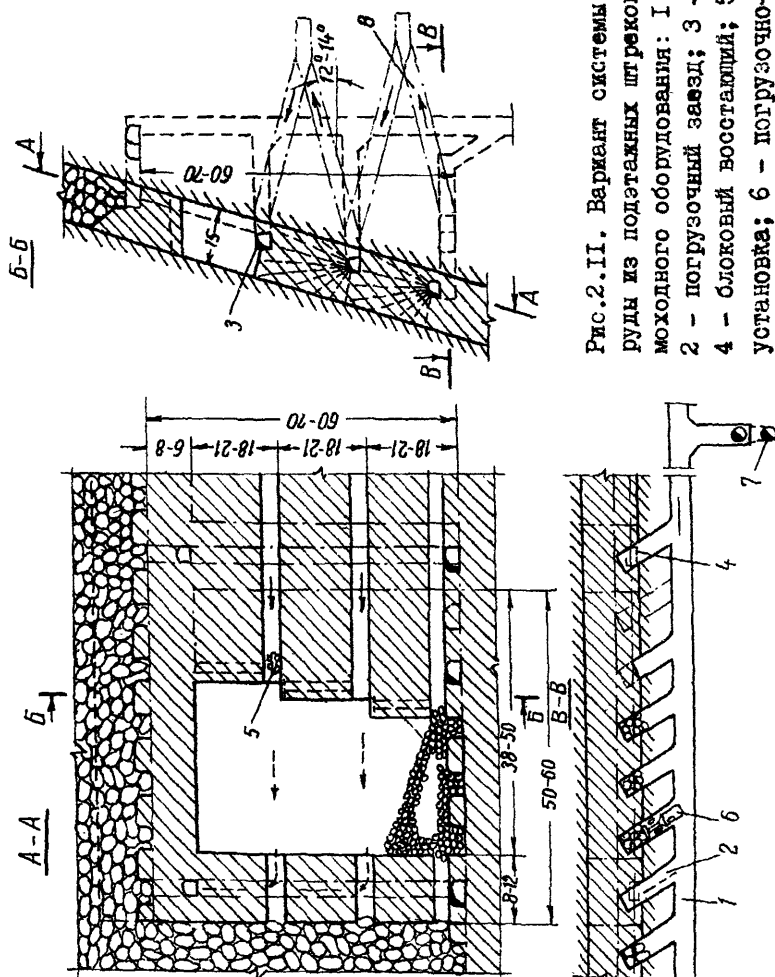


Рис. 2.11. Вариант системы разработки с отбойкой руды из подэтажных штреков и с применением самоходного оборудования: 1 - доставочный штрек; 2 - погрузочный заезд; 3 - покатный штрек; 4 - блоковый восстающий; 5 - самоходная буровая установка; 6 - погрузочно-доставочная машина; 7 - рудоспуск; 8 - наклонный ствол

0,350-0,450 кг/т.

Достоинства и недостатки аналогичны предыдущему варианту системы.

2.2.5. Этажно-камерная система разработки

Этажно-камерная система разработки является дальнейшим развитием системы подэтажных штреков и отличается от нее тем, что отбойку руды производят без разделения камеры на подэтажи на всю ее высоту вертикальными или горизонтальными комплектами скважин. При этом этаж разбивают на блоки, каждый из которых включает камеру, междукamerные и междуэтажные целики (рис.2.12).

Условия применения. Систему применяют для разработки крутопадающих (70-90°) мощных рудных тел с относительно невысоким содержанием полезного компонента в руде при устойчивом рудном массиве и вмещающих породах.

Параметры. Высота этажа (блока) 60-80 м. Ширина камер при разработке по простиранию составляет 30-60 м (размер определяется устойчивостью боковых пород). Ширина междукamerных целиков составляет 8-15 м, высота днищ - 10-14 м.

Подготовительно-нарезные работы: подготовка включает проведение полевого откаточного и вентиляционного штреков, а также полевого штрека для буровых работ и материально-ходового восстающего. Нарезка состоит в проходке верхнего и нижнего буровых ортов, скреперного орта, выпускных выработок днища и отрезного восстающего.

Очистная выемка. Очистные работы начинают с расширения отрезного восстающего в отрезную щель на всю ширину камеры. Руду в камере отбивают веерным комплектом восходящих и нисходящих скважин на отрезную щель. Отбитая руда под действием собственного веса через выпускные выработки падает на почву скреперного орта, откуда скреперной лебедкой доставляют к откаточному штреку и через полук грузят в вагонетки. Выработанное пространство поддерживается междукamerными и междуэтажными целиками.

Технико-экономические показатели (ТЭП): потери руды 15-20%; разубоживание руды 8-10%; производительность забойного рабочего 50-60 т/смену; удельный объем подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды составляет 10-12 м; удельный расход на от-

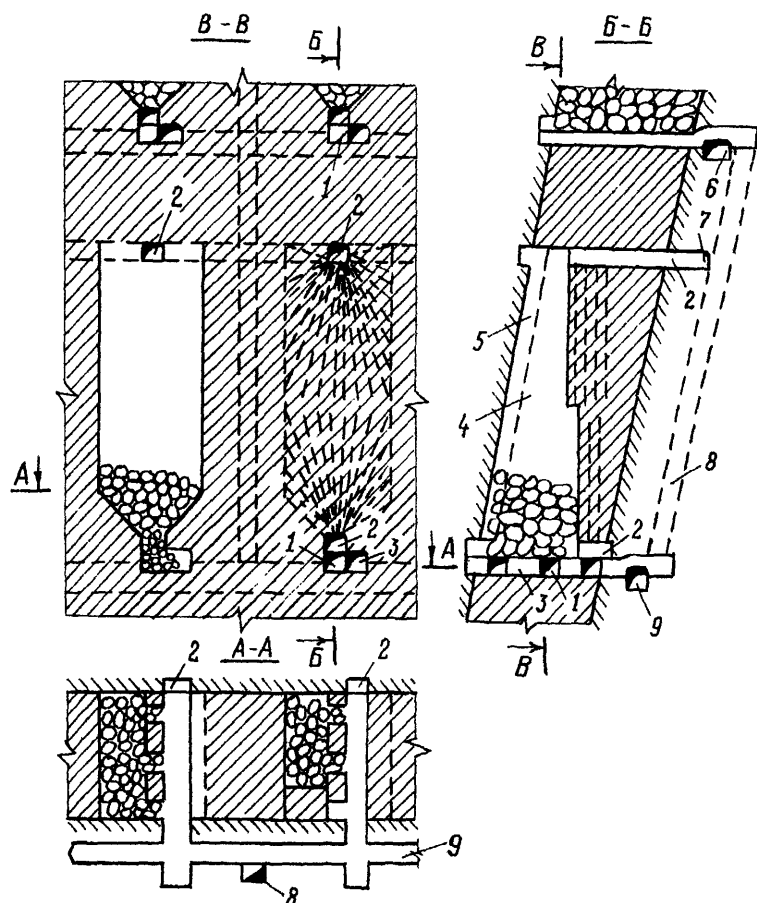


Рис.2.12. Этажно-камерная система разработки: 1 - выпускные выработки дна; 2 - буровой орт; 3 - скреперный орт; 4 - камера; 5 - стрезной восстающий; 6 - вентиляционный штрек; 7 - полевой штрек для буровых работ; 8 - материально-ходовой восстающий; 9 - полевой откаточный штрек.

бойку - 0,350-0,450 кг/т.

Достоинства: высокая производительность камеры; низкая себестоимость очистной выемки; повышение безопасности работ.

Недостатки: значительные потери и разубоживание руды; трудность соблюдения проектных размеров междукammerных целиков, так как скважины в результате искривления нередко входят в контур целика и при взрыве нарушаются; повышенный выход негабарита, также связанный с отклонением скважин от заданного направления.

3. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С МАГАЗИНИРОВАНИЕМ РУДЫ

При системах разработки с магазинированием руды в блоке отбивают послойно в восходящем порядке и оставляют на длительный срок в очистном пространстве. Ввиду того, что она занимает больший объем, чем в массиве, необходимо до 30% руды по мере отбойки выпускать, оставляя под кровлей свободное пространство высотой около 2 м. Отбитая руда препятствует отслаиванию вмещающих пород в процессе выемки блока и служит основанием (платформой) для рабочих очистного пространства.

После окончания полной отбойки в блоке производят общий выпуск руды, выработанное пространство остается открытым, его заполняют закладкой или подвергают обрушению.

Основным условием применения систем разработки является устойчивость рудного массива и вмещающих пород. Руда не должна слеживаться, окисляться и самовозгораться. Угол падения рудной залежи должен быть не менее 55°.

3.1. Система разработки с магазинированием руды блоками

Сущность системы разработки состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают в восходящем порядке с потолкоуступным забоем со шпуровой отбойкой, а управление кровлей осуществляют магазинированием руды (рис.3.1).

Условия применения. Систему применяют при отработке крутопадающих (не менее 55°) маломощных рудных залежей (0,6-3,0 м) с устойчивой рудой и весьма устойчивыми боковыми породами.

Параметры системы. Этаж высотой 50-60 м по простиранию

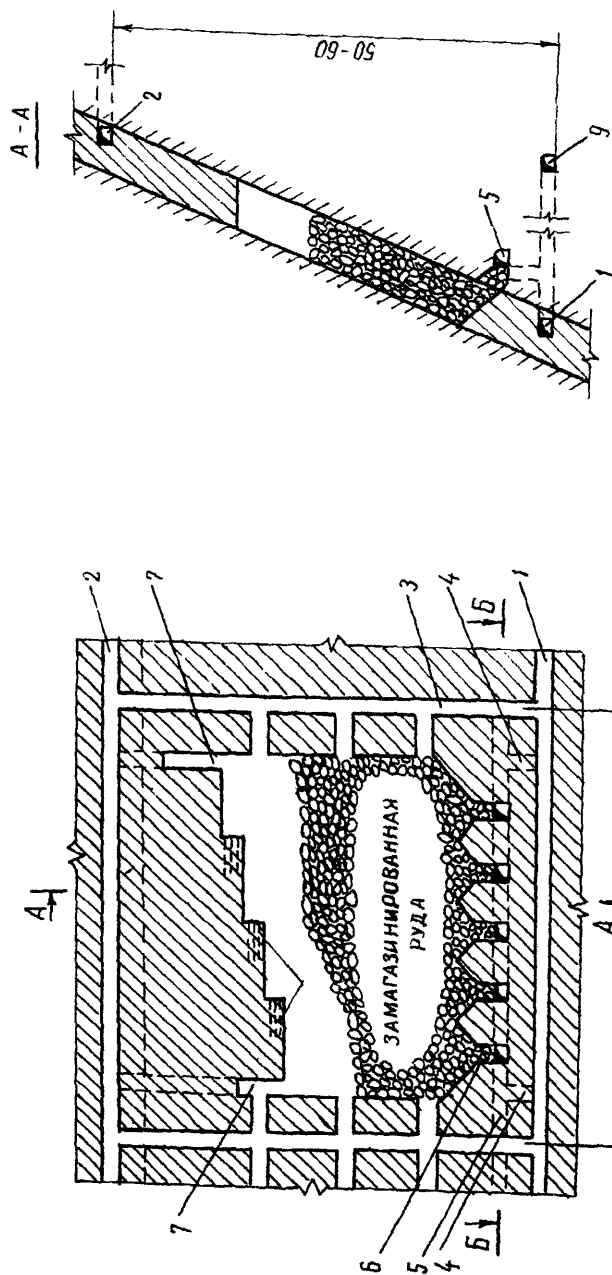


Рис.3.1. Система разработки магазинированием руды блоками: 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - материально-ходовые восстающие; 4 - руслоспуски; 5 - скреперный штрек; 6 - выпускные восстающие днища (лучки, разворонки); 7 - отрезные восстающие; 8 - потолкоуступный забой; 9 - замагазинированная руда

разделяют на выемочные блоки длиной 40–60 м. Восстающие через 4–6 м сбивают с очистными камерами ходками. Расстояние между выпускными выработками днища (дучками) не превышает 5–6 м, толщина потолочины составляет в среднем 3–4 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение откаточного и вентиляционного штреков, материально-ходовых встающих, блокового рудоспуска. Нарезка – проведение подсечного штрека, выпускных выработок днища (дучек, развонок дучек), стрезных встающих.

Очистная выемка. Очистную выемку ведут потолкоуступным забоем с длиной уступа 10–12 м и высотой 1,5–2,0 м или сплошным забоем по всей длине блока. Цикл очистной выемки включает обустройство с поверхности магазинированной руды горизонтальных и восходящих шпуров и их взрывание, проветривание, выпуск излишков руды и обorkу кровли. Количество выпускаемой руды зависит от ее разрыхления. При достижении очистной выемкой границы подштрекового целика (потолочины) начинают выпуск из блока всей замагазинированной руды. Выпущенную руду до блокового рудоспуска доставляют скреперными лебедками. Подштрековый целик (потолочину) отрабатывают перед окончательным выпуском руды из блока. При необходимости сохранения штрека потолочину не отрабатывают.

Технико-экономические показатели: потери руды 5–8%; разубоживание руды 5–10%; производительность труда забойного рабочего 8–12 т/смену; удельный расход подготовительно-нарезных работ на 1000 т руды 6–8 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,500–0,750 кг/т.

Достоинства: небольшой объем подготовительно-нарезных работ; благоприятные условия для работы забойных рабочих и высокая эффективность буровзрывных работ; минимальный объем работ по креплению очистного пространства; высокая интенсивность разработки месторождения.

Недостатки: довольно ограниченные условия применения (угол падения не менее 55°, отсутствие резких раздувов и пережимов, недопустимость слеживания, возгорания и окисления руды); невозможность выдачи руды из блока по сортам; значительное разубоживание руды отслаивающихся вмещающимися породами, в особенности при отработке тонких (до 1,0 м) рудных залежей.

3.2. Система разработки с магазинированием руды и скважинной отбойкой

Сущность системы разработки состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разбивают на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают в восходящем порядке комплектом глубоких скважин, а управление кровлей осуществляют магазинированием руды (рис. 3.2).

Условия применения. Систему применяют при отработке крутопадающих мощных и весьма мощных рудных залежей со средней ценностью руды. Рудный массив и вмещающие породы должны быть устойчивыми (допускается средняя устойчивость вмещающих пород).

Параметры системы. Высота этажа 60-80 м, длина блока 60-80 м, ширина блока равна мощности рудной залежи. Расстояние между скреперными ортами принимают 10-12 м, толщина потолчины (подштрекового целика) не менее 8-10 м; толщина отбиваемого слоя - 3-5 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение откаточных штреков, соединительных ортов на откаточном горизонте, блоковых восстающих. Нарезка состоит в проведении скреперных штреков, буровых камер и ходков из восстающих, выпускных выработок днища (дучек, разворонок дучек), подсечного штрека и отрезного восстающего.

Очистная выемка. Очистные работы в блоке начинают с расширения отрезного восстающего пройденного из подсечного штрека, в отрезную щель. Производят послонную отбойку руды горизонтальными или слабонаклонными веерами скважин. При этом, после отбойки первого слоя, руду из камеры выпускают полностью, а при отбойке второго - магазинируют, выпуская только излишки - 30-40%. Выпуск руды до выпускных воронок днища осуществляется под действием собственного веса. Выпущенную руду по скреперному орту доставляют до погрузочных полков, где осуществляют погрузку в откаточные сосуды (вагонетки).

Технико-экономические показатели: потери руды 15-16%; разубоживание руды 15-20%; производительность труда забойного рабочего - 60-80 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды 4-6 м; удельный расход ВВ на отбойку -

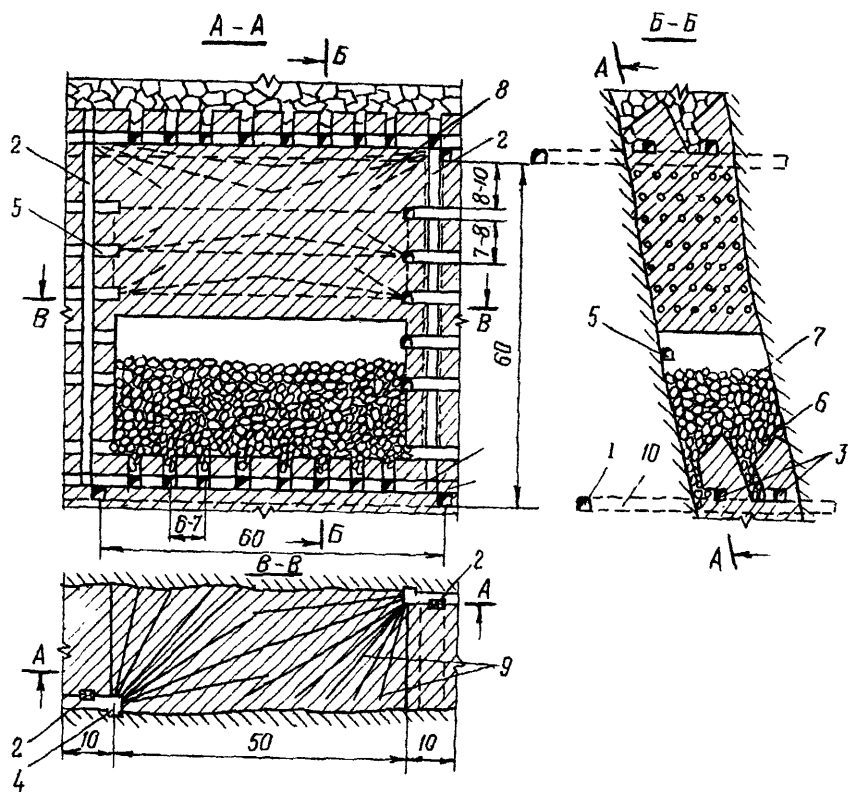


Рис.3.2. Система разработки с магазинированием руды и скважинной отбойкой: 1 - откаточные штреки; 2 - материально-ходовые восстающие; 3 - скреперные штреки; 4 - буровые камеры; 5 - ходки; 6 - выпускные выработки днаща (дучки, разворотки дучек); 7 - замагазинированная руда; 8 - потолочина; 9 - веерный комплект скважин; 10 - соединительные орты

0,350-0,450 кг/т.

Достоинства: возможность применения системы при меньшей устойчивости руды и вмещающих пород, чем с отбойкой руды блоками; значительная производительность забойных рабочих; небольшая стоимость очистных работ; незначительный объем подготовительно-нарезных выработок.

Недостатки: повышенные потери и разубоживание руды; невозможность выдачи руды по сортам; частые зависания руды в выпускных выработках днища.

4. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Особенностью систем разработки с закладкой является заполнение очистного пространства закладочным материалом в период выемки руды. Закладочный материал служит для поддержания боков очистного пространства, а также является платформой для людей, работающих в очистном пространстве. Крепь в виде распорок, стоек, костров и крепежных рам используют только как вспомогательное или временное средство для поддержания рудного массива и боков очистного забоя. Операция закладки входит в цикл очистной выемки блока и регулярно чередуется с отбойкой и уборкой руды.

Системы с закладкой являются сравнительно дорогими и трудоемкими, но они могут обеспечить минимальные потери и разубоживание, дают возможность вынимать руду без обрушения вмещающих пород.

Системы с закладкой позволяют также вести раздельную выемку разных сортов руды и отсортировать пустую породу, оставляя ее в выработанном пространстве; технически приемлемы в широком диапазоне горно-геологических условий.

Целесообразность же применения систем с закладкой имеется только при достаточно ценной руде в следующих случаях: при малоустойчивых боковых породах; при возгорающей среде; когда нельзя обрушать вмещающие породы; в залежах очень сложной морфологии, особенно при малой и средней их мощности.

4.1. Система разработки горизонтальными слоями с сухой закладкой

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают горизонтальными слоями снизу вверх со шпуровой отбойкой, а выработанное пространство заполняют сухой закладкой (рис 4.1).

Условия применения. Система применяется при отработке **крутопадающих** (более 55°) маломощных рудных залежей (2-4 м) с неустойчивыми боковыми породами, непостоянными элементами залегания и ценной руде.

Параметры. Рудную залежь разбивают на блоки с высотой этажа 50-60 м и длиной 50-60 м. Ширина блока зависит от мощности рудной залежи, ширину междублокового целика принимают равной 5-10 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение откаточного и вентиляционного штреков, материально-ходового и закладочного восстающих. Нарезка состоит в проходке подсечного штрека и отрезного восстающего.

Очистная выемка. Выемку руды в блоке ведут горизонтальными слоями высотой 2,0-2,5 м. Отбойку производят как вертикальными, так и горизонтальными шпурами. Отбитую руду до блокового рудоспуска доставляют скреперными лебедками. После отработки каждого слоя выработанное пространство заполняют сухой закладкой, подаваемой из закладочного восстающего. Во избежание потерь рудной мелочи поверхность закладки накрывают прочным деревянным или металлическим настилом. Применение таких настилов позволяет устранить проникновение рудной мелочи в закладку, улучшить проветривание блока. По мере выемки слоев периодически наращивают рудоспуски, закрепляя их деревом, бетоном, стальными трубами большого диаметра (500-1200 мм) или бетонными кольцами.

Технико-экономические показатели: потери руды 2-3%; разубоживание руды 2-3%; производительность труда забойного рабочего 12-15 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок составляет 10-12 м на 1000 т руды; удельный расход ВВ на отбойку 0,600-0,700 кг/т; расход лесоматериалов на 1 м³ руды 0,05-0,06 м³.

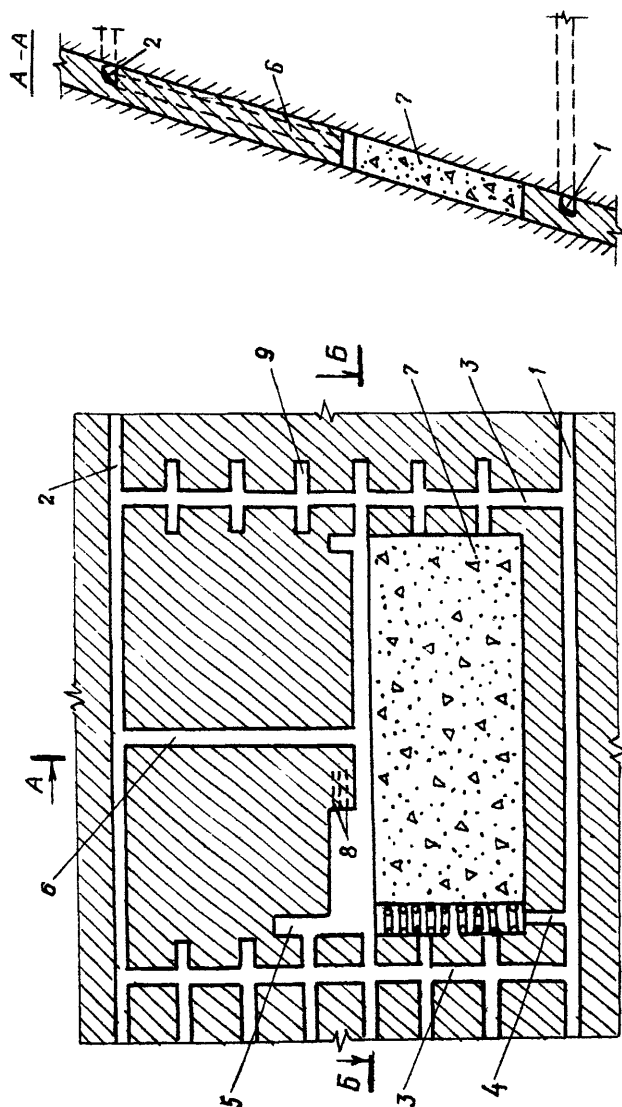


Рис. 4.1. Система разработки горизонтальными слоями с сухой закладкой: 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - материально-ходовой восстающий; 4 - наращиваемый рудоспуск; 5 - отрезной восстающий; 6 - закладочный восстающий; 7 - сухая закладка; 8 - горизонтальные шуры; 9 - холки

Достоинства: высокая степень извлечения и незначительное разубоживание; пожарная безопасность; возможность раздельной добычи руды по сортам и отсортровки пустой породы в забоях; благоприятные условия проветривания; поддержание боков и сохранение поверхности от обрушения.

Недостатки: невысокая производительность труда забойного рабочего; высокая стоимость добычи из-за расходов на закладку и сложность цикла операций при очистных работах; необходимость содержания плотного настила для устранения потерь рудной мелочи в закладочном материале.

4.2. Система разработки горизонтальными слоями с гидравлической закладкой

Сущность системы закладки заключается в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают снизу вверх с применением самоходного оборудования, а выработанное пространство заполняют гидравлической закладкой (рис. 4.2).

Условия применения. Системы применяют при отработке крутопадающих рудных залежей мощностью от 4 до 12 м при неустойчивых боковых породах и ценной руде.

Параметры системы. Высота блока до 75 м; длина блока до 150 м; ширина блока равна мощности рудной залежи; высота вынимаемого слоя 3,5–4,5 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение транспортного штрека, ортов, фланговых вентиляционных восстающих. Нарезка состоит в проходке наклонного заезда, пройденного по диагонали блока под углом 10–14°.

Очистная выемка. Очистную выемку производят с использованием самоходного оборудования. Руды вынимают горизонтальными слоями высотой 3,5–4,5 м, начиная от сбойки с наклонным съездом. При отбойке руды восходящими шпурами высота незаложенного пространства определяется размерами буровой каретки и составляет обычно 3 м. При отбойке руды горизонтальными шпурами она может быть сокращена до 2,2 м, что достаточно для ведения работ по устройству настила. Если покрытие поверхностного слоя закладки

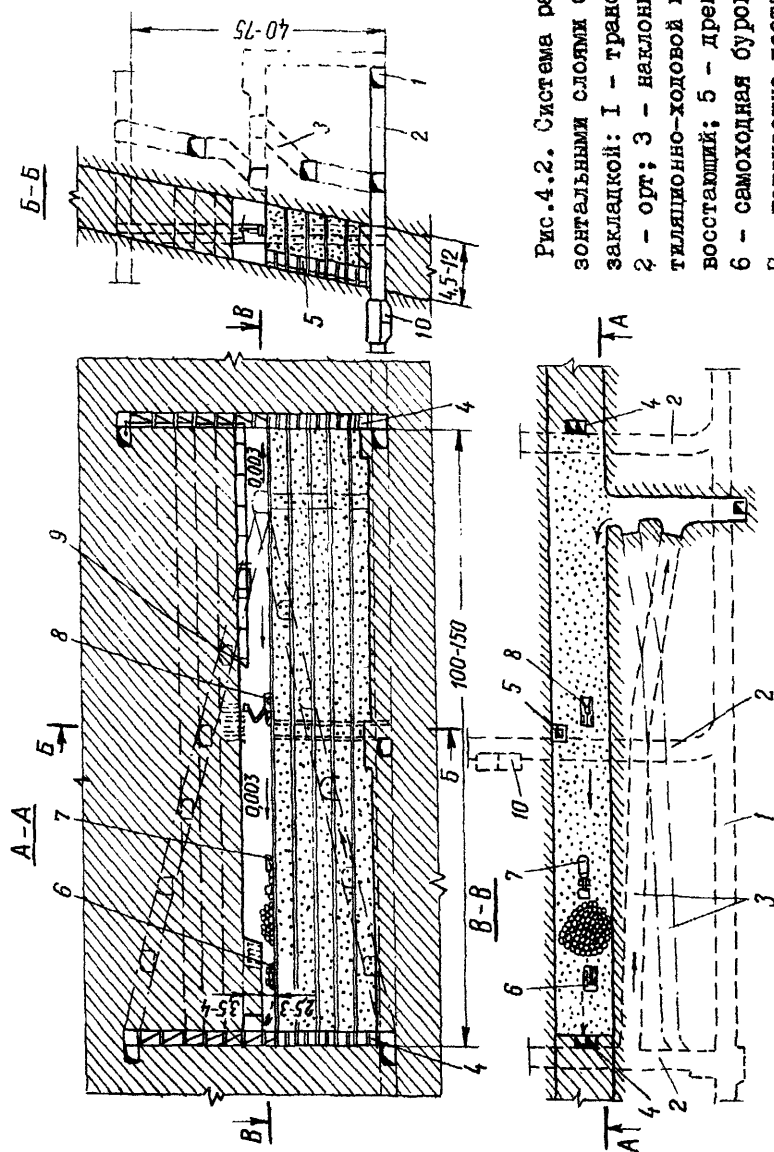


Рис. 4.2. Система разработки горных залежей с гидравлической закладкой: 1 - транспортный шпур; 2 - орт; 3 - наклонный съезд; 4 - вентиляционно-ходовой и рудоспускной выработкой; 5 - дренажный выработкой; 6 - самоходная буровая установка; 7 - погрузочно-разгрузочная машина; 8 - каретка для осмотра и крепления кровли; 9 - закладочный трубопровод; 10 - отстойник

не производится, высота недозакладки может быть уменьшена до 0,5-1,0 м. Отбитую руду до блокового рудоспуска доставляют погрузочно-доставочными машинами.

Технико-экономические показатели. Потери руды 3-5%; разубоживание руды 2-3%; производительность труда забойного рабочего 30-40 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды составляет 5-6 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,500-0,600 кг/т.

Достоинства: незначительные потери и разубоживание руды; возможность выдачи руды по сортам.

Недостатки: значительные расходы на производство закладочных работ.

4.3. Система разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают в нисходящем порядке, с применением самоходного оборудования, а выработанное пространство заполняют твердеющей закладкой (рис. 4.3).

Условия применения. Систему применяют при отработке крутопадающих мощных и весьма мощных рудных залежей с очень ценной рудой, а также в целях повышения безопасности горных работ, особенно на больших глубинах.

Параметры системы. Рудную залежь разбивают на блоки с высотой этажа 30-60 м, длиной до 75-100 м. Ширина блока равна мощности рудной залежи. Ширина заходки равна 4-6 м, высота 3-4 м, угол наклона заходки к горизонту 6-8°.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение транспортного штрека, наклонного съезда, вентиляционного и вентиляционно-закладочного восстающих, рудоспуска и ортов. Нарезка состоит в проведении слоевых штреков.

Очистная выемка. Оработку блока ведут заходками, располагаемыми под углом 45-60°. Для бурения горизонтальных шпуров применяют самоходные буровые установки. Отбитую руду из заходок до рудоспуска транспортируют погрузочно-доставочными машинами. После выемки руды в устье заходки возводят перемычку и выработанное

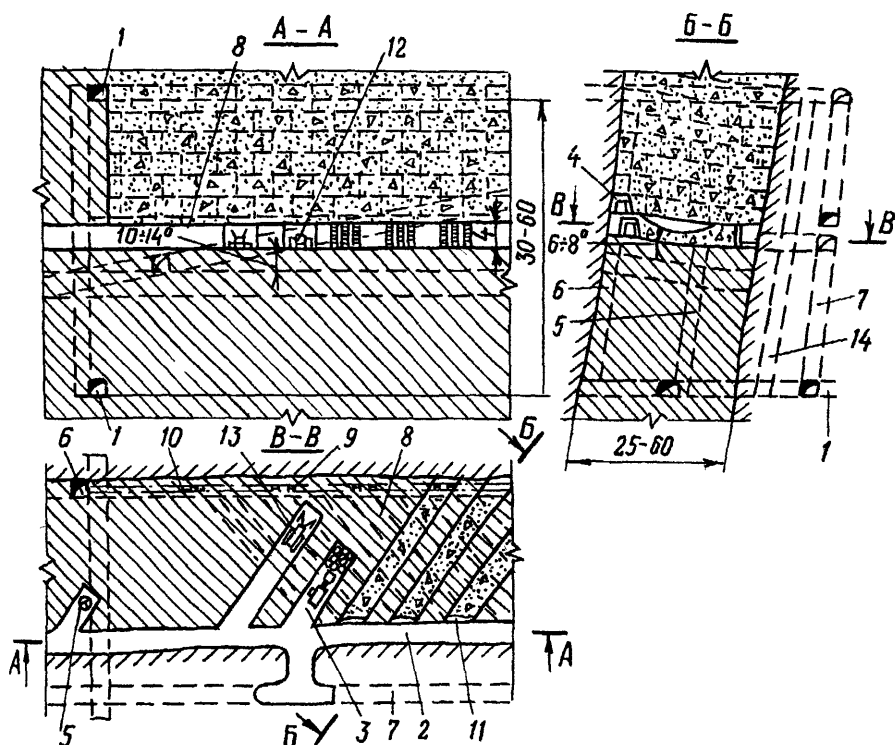


Рис.4.3. Система разработки горизонтальными нисходящими слоями с твердеющей закладкой: I - орт; 2 - слоевой штрек; 3 - очистная заходка; 4 - закладочный и вентиляционный штрек; 5 - рудоспуск; 6 - вентиляционно-закладочный восстающий; 7 - наклонный съезд; 8 - вентиляционный канал; 9 - вентиляционный трубопровод; 10 - закладочный трубопровод; II - бетонная перемычка; 12 - ПДМ; 13 - самоходная буровая установка; 14 - вентиляционный восстающий

пространство закладывается твердеющей смесью. В процессе закладки у почвы каждой третьей заходки оставляют незаложенными вентиляционный канал, обеспечивающий проветривание при отработке нижнего слоя. Для подачи закладочной смеси и проветривания выработок у всячего бока рудного тела выкрепляют вентиляционно-закладочный штрек. Самоходное оборудование доставляют по наклонному съезду, пройденному в породах лежащего бока залежи и соединенного со слоевым штреком заездом.

Технико-экономические показатели: потери руды 2-4%; разубоживание 2-4%; производительность труда забойного рабочего 25-30 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды составляет 4-5 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,450-0,550 кг/т.

Достоинства: высокое извлечение руды; незначительное разубоживание руды; безопасность работ в очистном пространстве; возможность одновременной разработки нескольких этажей, что обеспечивает значительную добычу при малой рудной площади.

Недостатки: значительные расходы по транспортированию и размещению закладочного материала в очистном пространстве; низкая производительность труда забойных рабочих.

4.4. Система разработки с раздельной выемкой и закладкой подрываемыми вмещающими породами

Сущность системы состоит в том, что тонкую залежь, подготовленную этажным способом, разбивают на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отработывают потолкоуступным забоем, а выработанное очистное пространство заполняют подрываемыми боковыми вмещающими породами (рис. 4.4).

Условия применения. Систему применяют при отработке крутопадающих тонких и весьма тонких жил (0,2-0,4 м) с устойчивыми боковыми породами и очень ценной рудой.

Параметры системы. Ширина подрываемой породной части (слоя) определяется из выражения

$$m_n = \frac{m_p \cdot k_y \cdot k_{зап}}{k_p - 1}, \text{ м.} \quad (3.1)$$

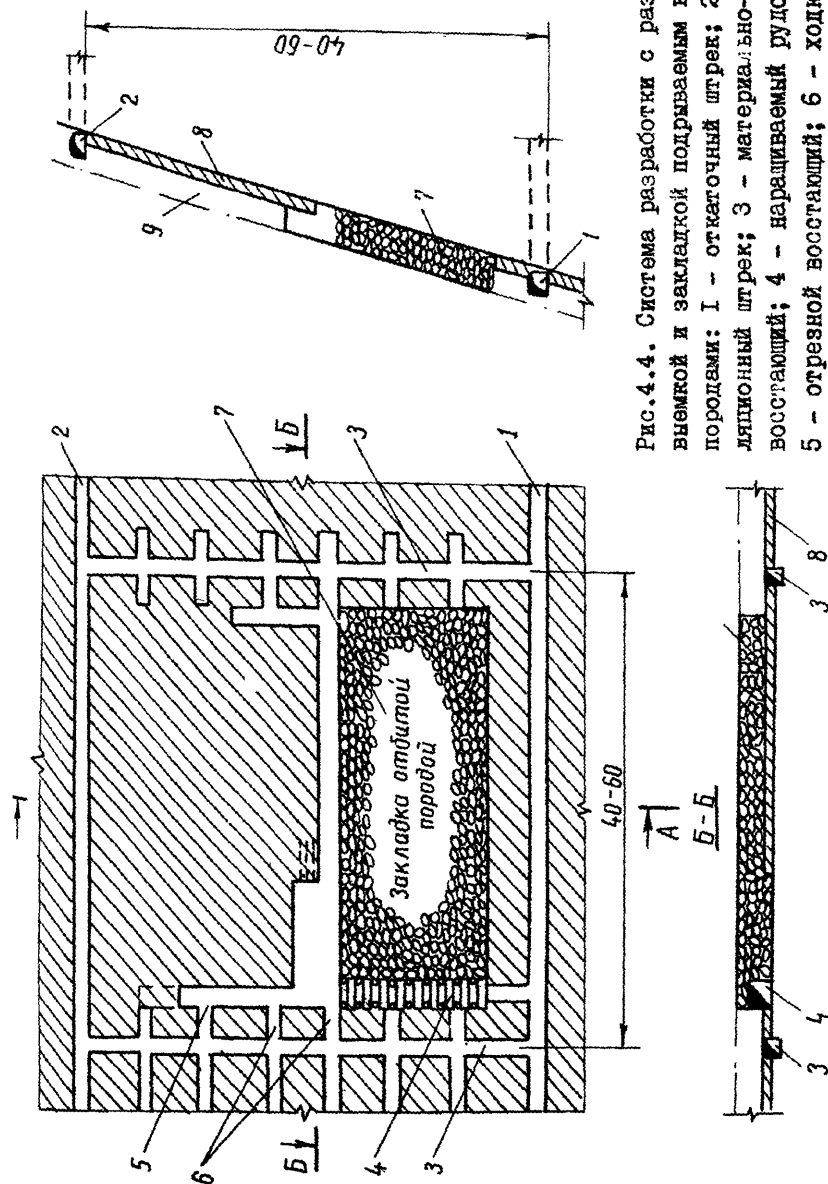


Рис. 4.4. Система разработки с раздельной выемкой и закладкой подрываемым вмещающими породами: 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - материально-ходовой восстающий; 4 - нарастающий рудоспуск; 5 - отрезной восстающий; 6 - ходки; 7 - породная закладка; 8 - рудная часть слоя; 9 - породная часть слоя

где m_p - мощность рудного слоя (жилы), м; k_y - коэффициент, учитывающий усадку размельченного породного прихвата, используемого в качестве закладочного материала; $k_{зап}$ - коэффициент заполнения выработанного пространства; k_p - коэффициент разрыхления породы. Высота этажа (блока) 50-60 м, длина блока также 50-60 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение откаточного и вентиляционного штреков, а также материально-ходового восстающего. Нарезка - проведение подсечного штрека и отрезного восстающего.

Очистная выемка. Существуют следующие варианты выемки: первоначальная отбойка рудного слоя вертикальными шпурами (рис. 4.5); первоначальная отбойка рудного слоя горизонтальными шпурами (рис. 4.6). При этом рудную часть слоя или заходки можно обуривать разряженной сеткой шпуров, заряженных рассредоточенными зарядами [9]. Рассредоточение шпуровых зарядов наряду с получением контурного взрывания и равномерно-дробленной крупнокусковой руды снижает выход рудной мелочи, которая по своему составу содержит на 40-60% больше полезных ископаемых, чем в массиве, и препятствует ее уходу в размельченную породную закладку. Таким образом, отбойку можно производить как на настил (деревянный или металлический), являющейся по существу границей раздела отбитая руда - закладка, так и на мелкораздробленную породу. Руду скреперуют до наращиваемого рудоспуска. Избыток породной закладки, не вмещающийся в выработанное пространство, выпускают из блока скреперной лебедкой.

Технико-экономические показатели: потери руды 3-4%; разубоживание 2-3%; производительность труда забойного рабочего 5-10 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды 25-30 м. Удельный расход ВВ при отбойке породного прихвата 0,400-0,450 кг/т, при отбойке рудного слоя 0,200-0,250 кг/т.

Достоинства: высокое качество выдаваемой руды по сравнению с системой с валовой выемкой, как следствие меньшего ее разубоживания; высокая степень извлечения руды; резкое сокращение количества рудной массы, выдаваемой на поверхность.

Недостатки: сложная организация работ; невысокая производительность труда забойного рабочего; повышенный расход ВВ при отбойке породного прихвата.

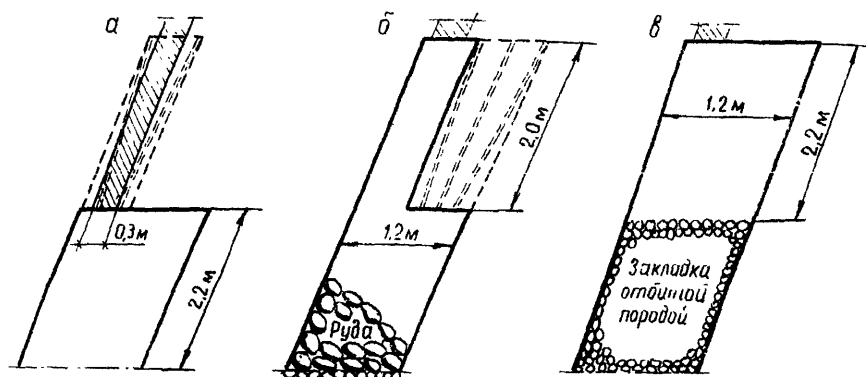


Рис. 4.5. Вариант раздельной выемки с первоначальной отбойкой рудной части слоя: а) – очистное пространство до отбойки слоя; б) – очистное пространство после отбойки рудной части слоя; в) – очистное пространство после отбойки породной части слоя

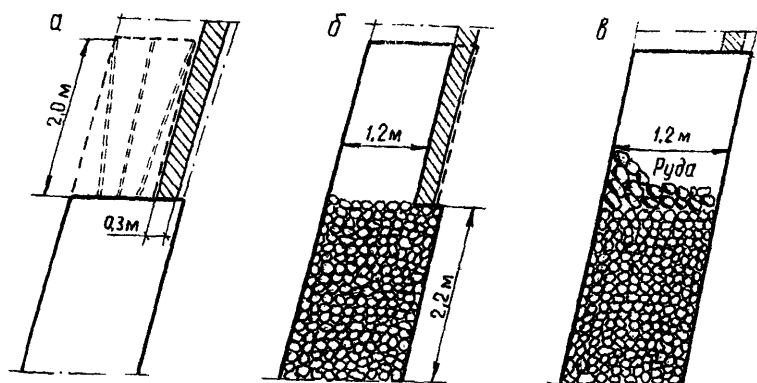


Рис. 4.6. Вариант раздельной выемки с первоначальной отбойкой породной части слоя: а) – очистное пространство до отбойки слоя; б) – очистное пространство после отбойки породной части слоя; в) – очистное пространство после отбойки рудной части слоя

5. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С КРЕПЛЕНИЕМ ОЧИСТНОГО ПРОСТРАНСТВА

Системы с креплением характеризуются регулярным возведением крепи для поддержания руды и вмещающих пород. Одновременно крепь является и основанием рабочей площадки.

Обычно системы этого класса применяются в самых неблагоприятных горно-геологических и горнотехнических условиях эксплуатации месторождений ценных руд с неустойчивыми вмещающими породами, когда необходимо высокое извлечение запасов с незначительным разубоживанием руды.

Очистную выемку с креплением, как правило, производят горизонтальными слоями или потолкоуступным забоем, с последующей выемкой слоев снизу вверх, а каждого слоя или уступа по простиранию рудной залежи.

Основным видом крепи является распорная крепь или усиленная распорная крепь. Станковую крепь применяют, в основном, при обработке мощных залежей в сочетании с закладкой.

5.1. Система разработки с распорной крепью

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают снизу вверх потолкоуступным забоем, а очистное пространство поддерживают распорной крепью (рис. 5.1).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих тонких и маломощных (от 0,8 до 2,5-3,0 м) залежей с ценной рудой и неустойчивыми вмещающими породами.

Параметры системы. Этаж высотой 30-50 м разбивают на блоки длиной 40-60 м. Высота этажа и длина блоков зависит от разведанности рудного тела, выдержанности элементов залегания и степени устойчивости вмещающих пород. Высоту уступов обычно принимают равной 1,8-2,0 м с длиной от 4 до 15 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение откаточного и вентиляционного штреков, а также блоковых восстающих. Нарезка состоит в проходке подсечного штрека, выпускных выработок днища (дучек, разворонок дучек), ходков, отрезного восстающего.

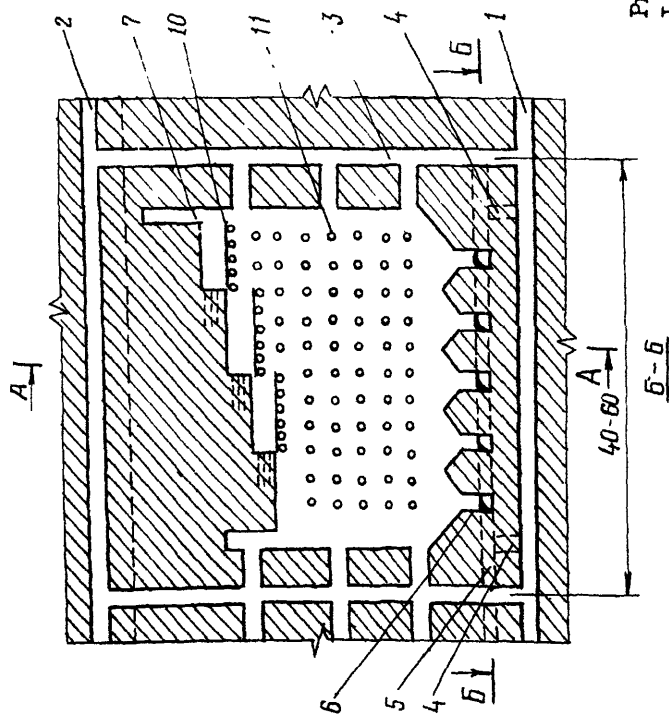
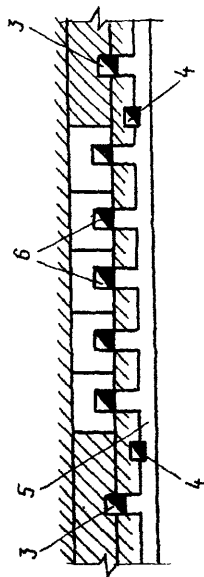


Рис. 5.1. Система разработки с распорной крепью:

1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - материално-ходовые выработки; 4 - рудоспуск; 5 - материально-ходовые выработки; 6 - скреперный штрек; 7 - выпускные выработки дна (лучки, разворотки лучек); 8 - отрезные выработки (лучки, разворотки лучек); 9 - полевой штрек; 10 - рабочие полки; 11 - распорная крепь



Очистная выемка. Очистную выемку начинают в одну или две стороны от восстающего. Руду отбивают шпуровыми зарядами глубиной 2-2,5 м. Выемку производят сплошным или потолкоуступным забоем. При потолкоуступной выемке – с опережением нижнего слоя над верхним, опережение нижнего слоя принимают в пределах от 5 до 10-12 м. Отбитая руда доставляется под действием силы собственного веса по очистному пространству. Для укладки полков и передвижения рабочих по выработанному пространству применяют распорную крепь. Распорная крепь поддерживается только в рабочих слоях или во всем выработанном пространстве блока. Расстояние между распорками в ряду по горизонтали составляет 1-2 м и между рядами по вертикали – 1,8-2,5 м, диаметр распорок в среднем 150-250 мм. Распорку у лежачего бока заводят в лунку глубиной 3-5 см и до 15-20 см в некрепкой породе. У висячего бока распорку упирают в обрезок доски.

При варианте этой системы с усиленной распорной крепью очистную выемку также осуществляют уступами по простиранию. Отбитая руда по крылчатым скатам поступает к рудоспускам, наращиванием через 8-10 м (рис. 5.2).

Технико-экономические показатели. Потери руды 3-5%; разубоживание руды 5-7% и выше; удельный объем подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды 4-5 м; расход леса составляет 0,15-0,20 м³ на 1 м³ руды; удельный расход ВВ 0,500-0,700 кг/т; производительность труда забойного рабочего 8-12 т/смену.

Достоинства: гибкость системы (в случае изменения горно-геологических условий можно переходить на системы с магазинированием руды или с закладкой); возможность оставления пустой породы (внутриблоковые целики); возможность сортировки руды в блоках; высокий коэффициент извлечения.

Недостатки: большой расход леса на крепление и устройство настилов; значительное разубоживание руды при разработке тонких рудных тел за счет подрывных вмещающих пород.

5.2. Система разработки со станковой крепью

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки,

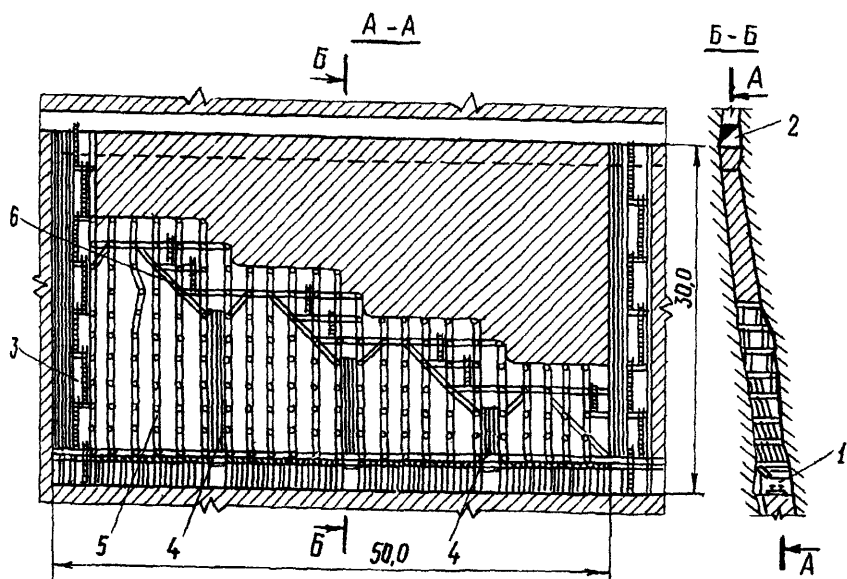


Рис.5.2. Система разработки с усиленной распорной крепью:
 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - материально-
 ходовой восстающий; 4 - наращиваемый рудоспуск; 5 - усиленная
 распорная крепь; 6 - крычатый скат

запасы руды в которых отрабатывают снизу вверх потолкоуступным забоем со шпуровой отбойкой, а очистное пространство поддерживают станковой крепью (рис.5.3).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих средней мощности и мощных залежей при небольшой устойчивости вмещающих пород, высокой ценности руды и необходимости сохранения поверхности от обрушения.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение этажных штреков и ортов, а также блоковых восстающих. Нарезка состоит в проходке в каждой прирезке разрезной выработки.

Параметры системы. Высота этажа равна 40-50 м, длина блока - 40-50 м, ширина блока равна мощности рудной залежи, ширина каждой прирезки - 8-10 м. Блок отрабатывают прирезками от середины к флангам.

Очистная выемка. Очистную выемку ведут с кровли этажного (откаточного) горизонта, что благоприятно для устойчивости откаточных выработок. Прирезки вынимают от висячего бока к лежащему боку потолкоуступным забоем со шпуровой отбойкой. Соседние прирезки вынимают с опережением по вертикали в 4-6 рядов станков. По мере отработки рудной залежи устанавливают станковую крепь. Нарращивают рудоспуски, которые расположены с интервалом 10-2,5 м. Отбитая руда до рудоспусков доставляется по крылатым скатам самоотeklom. Станковая крепь состоит из прямоугольных параллелепипедов, связанных из круглых бревен и брусев. Размеры станка не должны превышать 1,8 x 1,8 м., в плане между осями стоек 42,4 м в высоту. На распорках станков устраивают рабочие полки. В случае очень большого горного давления станковую крепь усиливают дополнительными элементами (вспомогательными стойками, диагональными распорками и др.)

Технико-экономические показатели: потери руды 2-3%; разубоживание руды 3-5%; производительность труда забойного рабочего 6-8 т/смену; удельный объем подготовительно-нарезных выработок 3-5 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,450-0,550 кг/т; расход лесоматериалов на 1 м³ - 0,17-0,20.

Достоинства системы: высокое извлечение руды и небольшое разубоживание; возможность применения системы в различных горно-геологических условиях; возможность последующей отработки параллельных рудных тел, обнаруженных в процессе эксплуатации место-

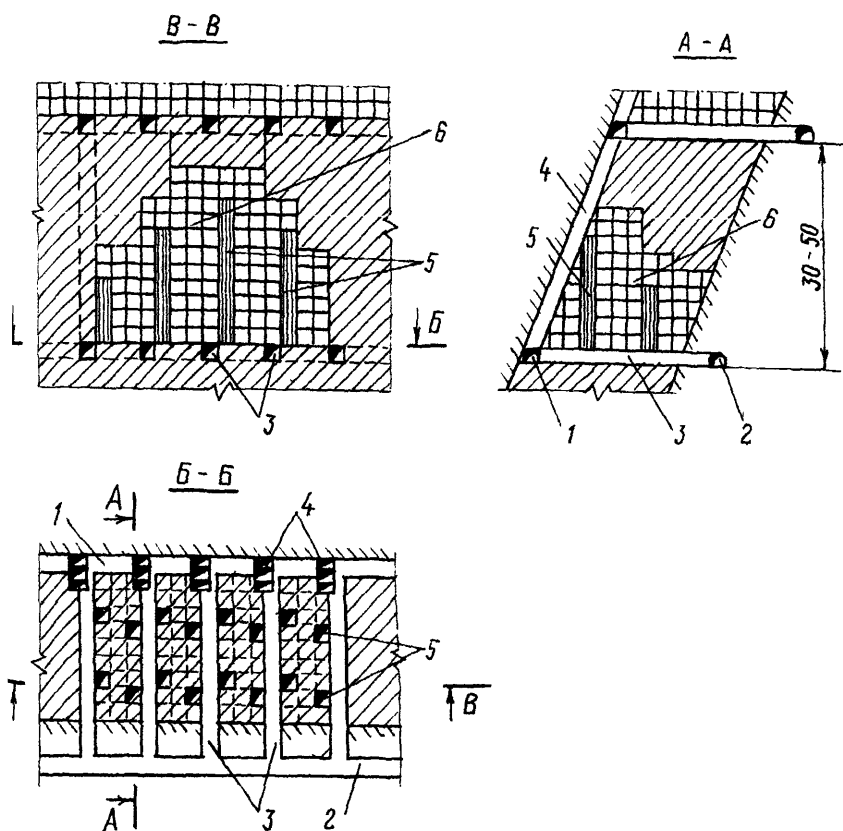


Рис.5.3. Система разработки со станковой крепью:

1 - рудный штрек; 2 - полевой штрек; 3 -орт; 4 - восстающий;
5 - рудоспуск; 6 - станковая крепь

рождения.

Недостатки: очень пожароопасная система; небольшая производительность труда на одного рабочего в связи с трудностью работ по креплению, высокая стоимость очистной выемки.

5.3. Система разработки с креплением и закладкой очистного пространства

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают горизонтальными слоями по простиранию, а выработанное пространство поддерживают станковой крепью и закладкой (рис. 5.4).

Условия применения. Систему применяют при слабом неустойчивом рудном массиве и вмещающих породах, непостоянной форме, мощности и углах падения, при наличии крупных включений и прослоек пустых пород в руде, высокой ее ценности и необходимости сохранения поверхности от обрушения.

Параметры системы. Высоту этажа принимают до 40-50 м, длину блока до 40-50 м, ширина блока равна мощности рудной залежи.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока состоит в проведении откаточного штрека, восстающего в центре блока. Откаточный штрек крепят крепежными рамами, а восстающий - срубовой крепью. Два других отделения восстающего используют как вентиляционно-ходовые и для доставки крепи. Откаточный штрек вышележащего горизонта используют в качестве вентиляционного штрека.

Очистная выемка. Очистную выемку начинают от восстающего на уровне кровли или почвы откаточного штрека. Почву первого отработанного слоя покрывают плотным массивом. Руду отбивают неглубокими горизонтальными шпурами с небольшими зарядами. При небольшом числе длинных уступов (8-12 м) закладочный материал скреперуют; если же устойчивость руды позволяет вести отработку короткими уступами, создается возможность наклонного расположения закладки **под действием силы тяжести**. Через каждые 2-4 станка устраивают рудоспуски путем обшивки станков изнутри досками. Поверхность закладки покрывают настилом. Наличие крепи в забое позволяет совмещать закладку с другими операциями: бурением, креплением.

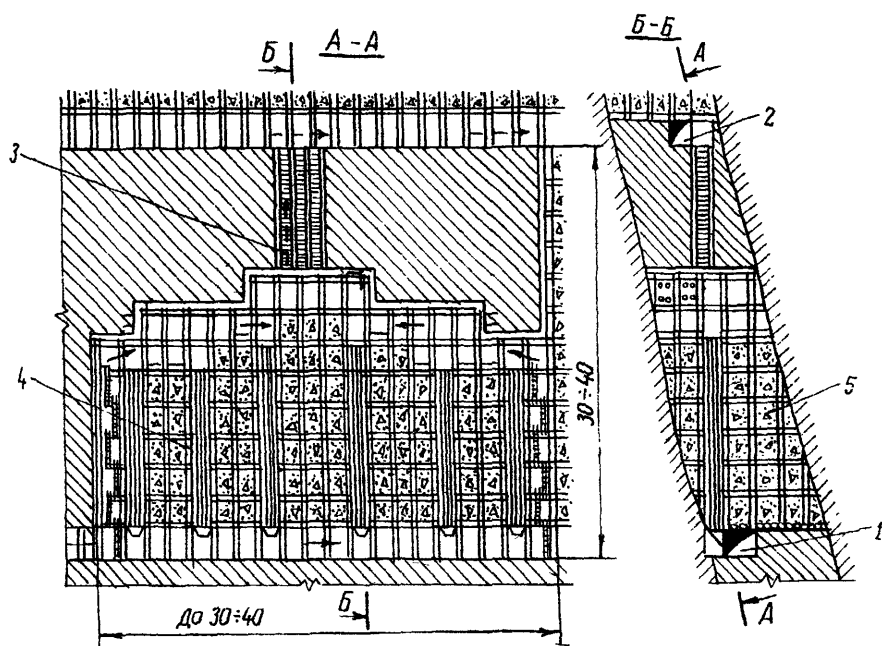


Рис.5.4. Система разработки с креплением и закладкой очистного пространства: 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - восстающий; 4 - станковая крепь; 5 - закладочный материал

Технико-экономические показатели: потери руды 2-3%; разубоживание руды 3-5%; производительность труда забойного рабочего 5-6 т/смену; удельный объем подготовительно-нарезных выработок 2-3 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,450-0,550 кг/т; расход лесоматериалов на 1 м³ руды 0,15-0,17 м³.

Достоинства: возможность отработки месторождения при весьма неблагоприятных условиях залегания, возможность раздельной выемки и удобство сортировки руды в забоях с размещением пустой породы в выработанном пространстве: простота устройства рудоспусков и людских ходков; гибкость системы - возможность вести очистную выемку в любом направлении.

Недостатки: очень высокая стоимость добычи; опасность в пожарном отношении из-за большого расхода леса в выработанном пространстве; небольшая производительность труда забойного рабочего в связи с трудоемкостью работ по креплению и закладке; необходимость сооружения плотного настила для устранения потерь рудной мелочи в закладке.

6. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С ОБРУШЕНИЕМ

Отличительной особенностью систем этого класса является обрушение вмещающих пород вслед за очистной выемкой. Системы разработки этого класса условно можно разделить на две группы:

- системы разработки с обрушением вмещающих пород;
- системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород.

В системах разработки с обрушением вмещающих пород при отработке наклонных и крутопадающих месторождений между отработываемым слоем руды и обрушаемыми породами устраивают настил из дерева, металла и других материалов, препятствующий проникновению пустых пород в очистное пространство. Отработку горизонтальных и пологих маломощных залежей ведут одним слоем без защитной толщи.

В системах разработки с обрушением руды и вмещающих пород, подвешенный снизу или сбоку, рудный массив обрушают на высоту подэтажа или этажа. Затем по мере выпуска руды покрывающие ее пустые породы самообрушаются или обрушаются принудительно. При этом обрушенные породы находятся на отбитой руде и по мере понижения ее поверхности заполняют выработанное пространство.

6.1. Система разработки слоевого обрушения

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих мощных и весьма мощных рудных залежей с очень ценной рудой и неустойчивыми вмещающими породами.

Параметры системы. Рудную залежь разбивают на выемочные блоки высотой (этажа) 50-60 м и длиной 40-60 м. Ширина блока равна мощности рудной залежи (рис. 6.1).

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение откаточного штрека, восстающих. Восстающий состоит из трех отделений: для прохода (ходовое), для подъема леса и инструментов (вспомогательное), для перепуска руды (рудоспускное).

Очистная выемка. Выемку производят отдельными ортами-заходками от границ блока к восстающему. Заходки шириной 2,5-3,0 м и высотой 2,5-3,0 м проходят от слоевого штрека до границ блока со шпуровой отбойкой и закреплением ее рамами. Руду скреперуют дважды - сначала вдоль заходки до слоевого штрека, затем по слоевому штреку до рудоспускного отделения восстающего. К выемке нижележащего слоя приступают после полной отработки верхнего, укладки на почву отработанного слоя плотного древесного настила (мата) и обрушения на него покрывающих пород. Таким образом, перед началом отработки каждого слоя между поверхностью руды и обрушенными породами находится перекрытие, под защитой которого и ведут отработку нижележащего слоя.

Технико-экономические показатели: потери руды 4-6%; разубоживание руды 6-8%; производительность труда забойного рабочего 15-18 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды 4-6 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,450-0,550 кг/т; расход лесоматериалов 0,1-0,12 м³/т;

Достоинства: возможность применения при сложных условиях разработки (разрушенная руда, весьма неустойчивые вмещающие породы); малые потери и разубоживание руды при хорошем настиле; небольшой объем подготовительно-нарезных выработок.

Недостатки: пожароопасность системы при использовании деревянной крепи и мата; обрушение поверхности и вмещающих пород; затруднительные условия проветривания; возможность полного развития очистных работ только в одном слое.

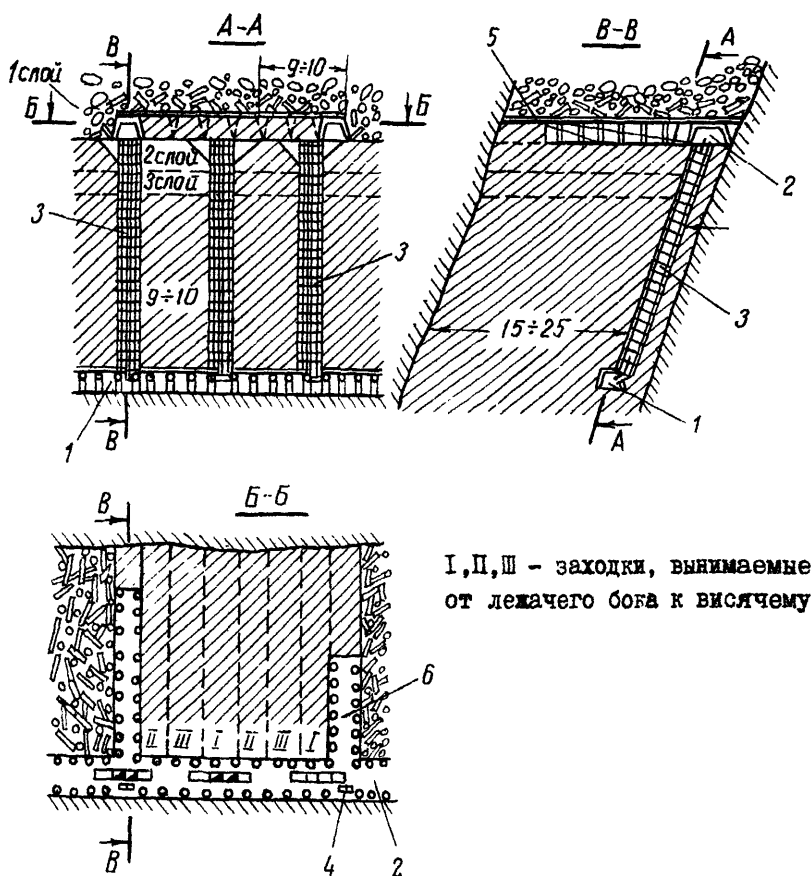


Рис.6.І. Система разработки со слоевым обрушением:

І - откаточный штрек; 2 - слоевой штрек; 3 - восстающий;
4 - скреперная лебедка; 5 - магмовый настил; 6 - заходки

6.2. Система разработки этажного самообрушения

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разбивают на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают самообрушением на всю высоту этажа с выпуском руды под действием собственного веса, а управление кровлей осуществляется самообрушением вмещающих пород (рис. 6.2).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке мощных и весьма мощных рудных залежей при невысокой ценности руды и с неустойчивыми вмещающими породами. Руда не должна слеживаться, окисляться и самовозгораться.

Параметры системы. Рудную залежь разбивают на выемочные блоки высотой 50-60 м и длиной 50-60 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка состоит в проведении откаточных и вентиляционных штреков, соединительных ортов на откаточном горизонте, материально-ходового и вентиляционного восстающих. Нарезка состоит в проведении из откаточных ортов до уровня горизонта скреперования рудоспусков, штреков под скреперную доставку, вентиляционного орта, выпускных выработок днища (дучек, разворонок дучек), буровых камер (ниш) из восстающих, а также подсечных выработок. Впоследствии из подсечных выработок образуют компенсационное пространство.

Очистная выемка. Под действием силы тяжести и давления налегающих пород подсеченная снизу руда начинает самообрушаться, постепенно заполняя подсечное пространство. По мере заполнения этого пространства рудой обрушение начинает замедляться. Обрушение руды идет интенсивно до тех пор, пока не образуется устойчивый свод естественного равновесия. Поэтому периодически необходимо разрушать основание этого свода путем отрезки основания блока. Отрезка блока осуществляется взрыванием скважин, пробуренных из буровых нис. Обрушенную руду выпускают через выпускные выработки днища (дучки, разворонки дучек), соединяющие подсечное пространство с горизонтом скреперования, затем лебедками доставляют до блоковых рудоспусков.

Технико-экономические показатели: потери руды 20-25%; ра-
зубоживание руды 25-30%; производительность труда забойного ра-

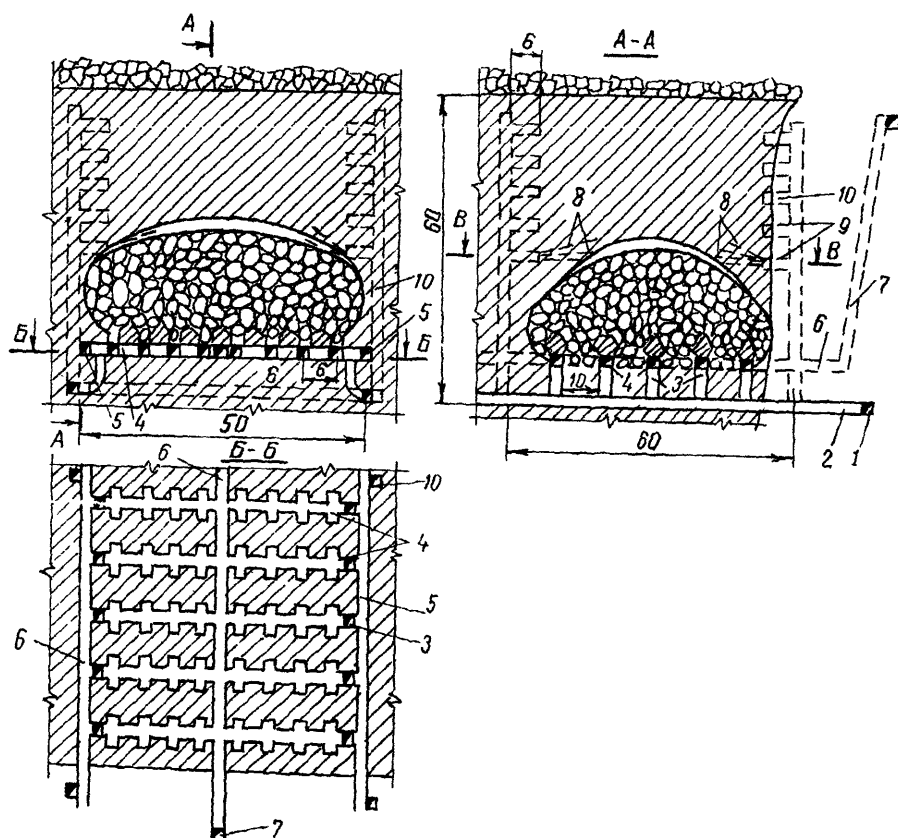


Рис.6.2. Система разработки этажного самообрушения: I - полевой штрек; 2 - соединительный орт; 3 - рудоспуск; 4 - скреперные штреки; 5 - орт; 6 - вентиляционный орт; 7 - вентиляционный восстающий; 8 - скважины; 9 - буровые камеры; 10 - восстающий

бочего 30-50 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды составляет 8-10 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,050-0,100 кг/т.

Достоинства: высокая интенсивность разработки и возможность развития большой производительности; безопасность при нормальной организации работ по подсечке и правильном ведении выпуска; незначительный расход ВВ, крепежных материалов и механической энергии.

Недостатки: ограниченные условия применения; сложность и негибкость системы; высокие потери и разубоживание руды; большой объем подготовительно-нарезных выработок.

6.3. Система разработки этажного принудительного обрушения

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разбивают на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают принудительным обрушением на всю высоту этажа, а управление кровлей производят обрушением вмещающих пород (рис.6.3).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих мощных и весьма мощных рудных залежей с неустойчивыми вмещающими породами. Руда не должна быть склонной к слеживанию, окислению и самовозгоранию.

Параметры системы. Рудную залежь разбивают на блоки высотой 50-60 м и длиной 100-120 м. Расстояние между погрузочными заездами принимают равным 10-12 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение транспортного штрека, восстающего, погрузочных заездов. Нарезка - проведение бурового штрека, выпускных выработок днища, траншейных штреков.

Очистная выемка. Руду отбивают веерным комплектом скважин на ранее обрушенную породу. При этом восходящие скважины бурят из траншейных и бурового штреков станками ударно-вращательного действия. Отбитая руда под действием собственного веса поступает на почву погрузочного заезда. Погрузку и доставку руды с почвы заезда осуществляют погрузочно-доставочными машинами.

Технико-экономические показатели: потери руды 15-20%; разубоживание руды 20-25%; производительность труда забойного ра-

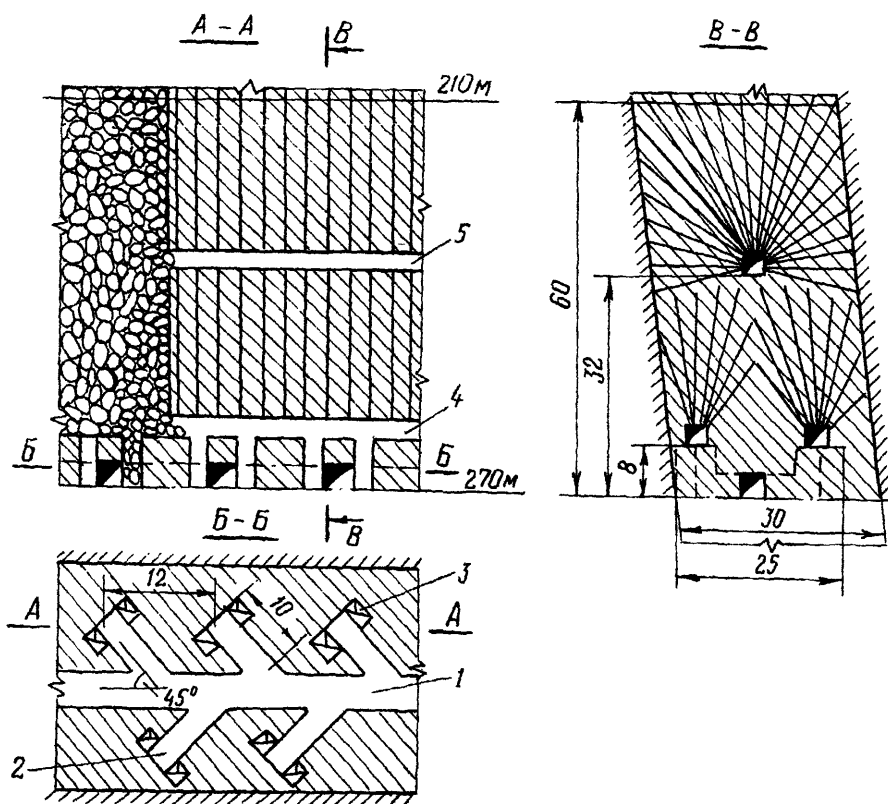


Рис.6.3. Система разработки этажного принудительного обрушения:
 1 - транспортный штрек; 2 - погрузочный заезд; 3 - выпускная выработка; 4 - траншейный штрек; 5 - буровой штрек; 6 - веерный комплект скважин

бочего 80-100 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды составляет 5-6 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,400-0,450 кг/т.

Достоинства: высокая интенсивность отработки рудной залежи; высокая производительность труда забойного рабочего; малый расход материалов; удобные и безопасные работы бурильщика.

Недостатки: высокие потери и разубоживание руды; значительный выход некондиционных кусков руды.

6.4. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разбивают на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых отрабатывают с отбойкой руды из подэтажных выработок с торцовым выпуском руды, а управление кровлей осуществляют обрушением вмещающих пород (рис.6.4).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих мощных и весьма мощных рудных залежей с неустойчивыми вмещающими породами.

Параметры системы. Рудную залежь разбивают на выемочные блоки высотой (этажа) 45-50 м и длиной до 100-120 м. Расстояние между подэтажами принимают 5-9 м, а между буро-доставочными ортами 6-8 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка включает проведение транспортного и вентиляционного штреков, материально-холодового восстающего, блокового рудоспуска. Нарезка состоит в проведении подэтажных штреков, буро-доставочных выработок.

Очистная выемка. Руду отбивают комплектом глубоких штанговых шпуров или скважинами малого диаметра. Отбитая руда под действием собственного веса поступает непосредственно на почву буро-доставочной выработки, откуда погрузочно-доставочными машинами ее доставляют до блокового рудоспуска.

Технико-экономические показатели: потери руды 12-15%; разубоживание руды 25-30%; производительность труда забойного рабочего 80-100 т/смену; расход подготовительно-нарезных выработок на 1000 т руды составляет 6-9 м; удельный расход ВВ на отбойку руды 0,450-0,600 кг/т.

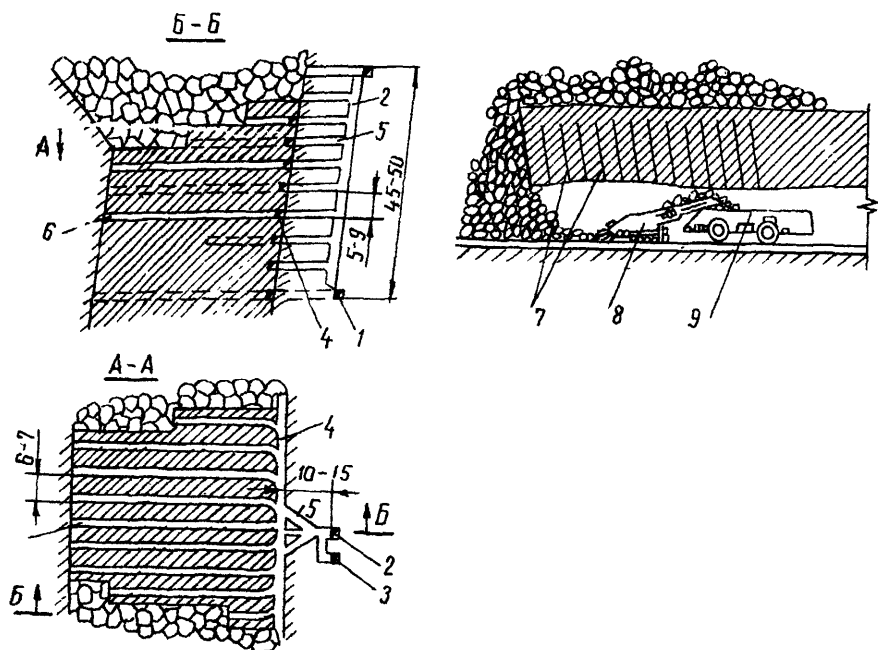


Рис.6.4. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды: 1 - полевой штрек; 2 - рудоспуск; 3 - материально-ходовой восстающий; 4 - подэтажные штреки; 5 - сбойки; 6 - буродоставочные орты; 7 - скважины; 8 - погрузочная машина; 9 - автосамосвал

Достоинства: интенсивность очистной выемки; высокая производительность труда забойного рабочего; низкая себестоимость очистной выемки.

Недостатки: повышенные потери и разубоживание руды.

7. КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Особенностью комбинированных систем разработки является разделение этажа на регулярно чередующиеся и относительно близкие по размеру камеры и междукamerные целики, отрабатываемые последовательно в две стадии разными системами. Камеры отрабатывают в первую, а целики во вторую очередь по окончании выемки двух-трех (редко более) смежных камер.

Применение почти в равном объеме двух систем разработки - для выемки камер и целиков - отличает комбинированные системы от обычных систем, где целики также чередуются с камерами, но имеют относительно небольшой запас руды.

Камеры и целики располагают, как правило, длинной стороной вкрест простирания рудного тела. Ширина камер от 8 до 30 м, целиков - от 6 до 20 м. Соотношение запасов руды в камерах и целиках колеблется в среднем от 1:1 до 2:1.

7.1. Комбинированная система разработки с магазинированием и обрушением

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, в которых камеры первой очереди отрабатывают с магазинированием руды, а камеры второй очереди (целики) - принудительным этажным обрушением (рис. 7.1).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих мощных рудных залежей при бедной и средней ценности руд.

Параметры системы. Высота этажа (блока) составляет 60-80 м, полевой и рудный штрек через 10 м соединяют ортами. Рудную залежь разбивают на камеры и целики равной ширины - 5 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка блока включает проведение откаточных штреков, вентиляционного и материально-хо-

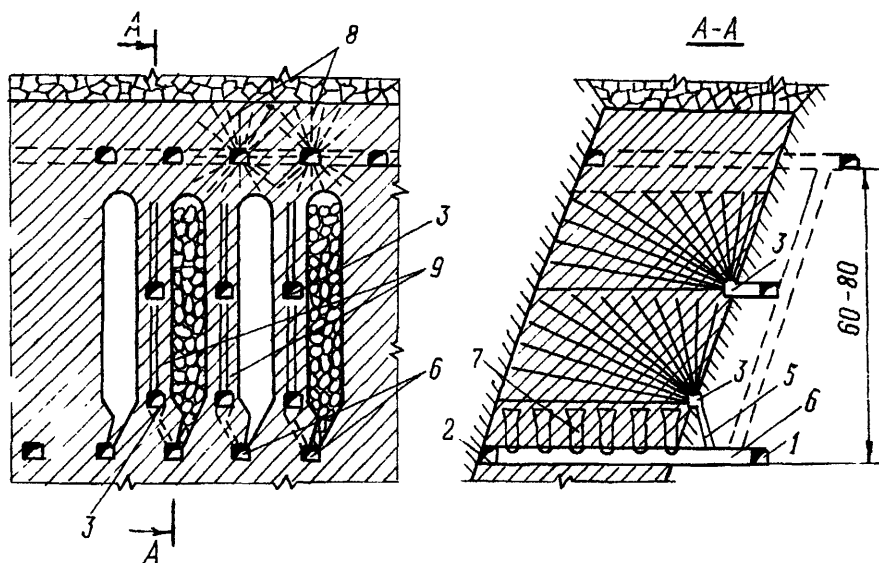


Рис.7.1. Комбинированная система разработки с магазинированием и этажным обрушением: 1 – полевой откаточный штрек; 2 – рудный откаточный штрек; 3 – буровая камера; 4 – вентиляционный восстающий; 5 – материально-ходовой восстающий; 6 – погрузочный орт; 7 – выпускные выработки дна (короткие рудоспуски); 8 – скважины для обрушения потолочины; 9 – междукammerные целики

дового восстающих, погрузочных ортов. Нарезка - проведение буровых камер, отрезного восстающего, выпускных выработок днища.

Очистная выемка. Камерные запасы обруивают веерным комплектом глубоких скважин диаметром 0,05 м. После выемки нескольких камер с магазинированием руды приступают к отработке камер второй очереди (выемка целиков). Для обрушения целиков и выпуска руды применяют две основные схемы. По первой схеме перед обрушением целиков руду из нескольких камер (обычно через одну) выпускают и одновременно взрывают скважинные заряды в междукamerных целиках и потолочине. После этого производят выпуск руды под обрушенными породами. По второй схеме отработку целиков ведут в две стадии. Сначала выпускают руду из камер и обрушают междукamerные целики, оставляя часть целиков для поддержания потолочины до полного выпуска из камеры обрушенной руды. Потолочину и оставшиеся междукamerные целики обрушают во вторую стадию. Отбитую руду выпускают через выпускные отверстия с использованием мощных люковых затворов.

Технико-экономические показатели: потери руды 3-5%; разубоживание руды 12-14%; производительность труда забойного рабочего 50-60 т/смену; удельный расход ВВ на отбойку 0,350-0,400 кг/т.

Достоинства: меньшие потери по сравнению с этажным обрушением; сравнительно небольшая стоимость добычных работ; значительная производительность труда забойных рабочих.

Недостатки: значительное разубоживание руды; невозможность выемки с разделением руды по сортам; необходимость тщательного контроля за выпуском.

7.2. Комбинированная система с одновременной закладкой

Сущность системы разработки состоит в том, что рудную залежь разбивают на отдельные блоки, в которых камеры первой очереди отработывают горизонтальными восходящими слоями с закладкой, а камеры второй - с этажной выемкой, со скважинной отбойкой руды (рис.7.2).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих мощных рудных залежей с богатым содержанием

полезного компонента в руде.

Параметры. Параметры блока выбирают с учетом горно- геологических условий и применяемого оборудования. Ширину первичных камер принимают минимально необходимой для обеспечения устойчивости целиков (8-10 м). Ширина камер второй очереди составляет 10-12 м. Высота этажа - 50-60 м, расстояние между поэтажными буровыми ортами 15-20 м, между погрузочными заездами - 10 м.

Подготовительно-нарезные работы. Подготовка камер первой и второй очереди включает проведение транспортного штрека, бурового штрека, доставочных ортов, наклонного заезда, погрузочных камер, материально-ходовых восстающих. Нарезка - проведение буровых ортов, выпускных траншей, отрезных восстающих, просечек.

Очистная выемка. Очистную выемку в камерах первой очереди осуществляют в восходящем порядке со шпуровой отбойкой. При этом отбойку ведут в двух или более камерах одновременно, совмещая очистные и закладочные работы. Камеры между собой соединяют просечкой обычно по наиболее слабому (висячему и лежащему) боку рудной залежи. Отбойку руды в камерах второй очереди ведут путем взрывания веерных комплектов скважин на отрезную щель в направлении к висячему или лежащему боку. Для снижения разубоживания руды закладкой скважины недобуривают до границы рудного массива, а боковые стенки камер при выемке слоев крепят штангами или металлической сеткой. Днища отработанных камер закладывают бетоном, а камеры - обычной гидравлической или породной закладкой.

Технико-экономические показатели: потери руды 3-5%; разубоживание руды 5-8%; производительность труда забойного рабочего 40-50 т/смену; удельный расход ВВ при отбойке камер первой очереди 0,450-0,500 кг/т, при второй - 0,350-0,400 кг/т; расход цемента 160-200 кг/т.

Достоинства: малые потери и разубоживание руды; значительная производительность труда забойного рабочего.

Недостатки: большая себестоимость очистной выемки; загрязненность подготовительно-нарезных выработок, связанная с закладочными работами.

7.3. Комбинированная система разработки с последующей закладкой камер

Сущность системы состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, в которых камеры первой очереди обрабатывают с этажной или подэтажной выемкой с последующим заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой, а целики (камеры второй очереди) обрабатывают в ее окружении (рис. 7.3).

Условия применения. Систему разработки применяют при обработке крутопадающих мощных и весьма мощных рудных залежей с очень богатой рудой.

Параметры системы. Высоту этажа принимают равной 45–60 м, длину блока 100–120 м, ширину целика – 15 м, расстояние между погрузочными ортами составляет 6–8 м.

Подготовка и нарезка блока. Подготовка блока включает проведение доставочного и вентиляционного штреков, наклонного съезда, блоковых восстающих и рудоспуска. Нарезка – проходка из доставочного штрека ортов-заездов к рудоспуску, подэтажных штреков, отрезных восстающих.

Очистная выемка. Очистные работы в камерах первой очереди начинаются с расширения отрезного восстающего в отрезную щель со скважинной отбойкой руды. После полной отработки эти камеры заполняют твердеющей закладкой. Последующие – вторичные камеры (целики) обрабатывают в окружении твердеющей закладки, выполняющей роль целика. Для уменьшения разрушающего действия взрыва на закладку скважины недобуривают до границы камеры на 1,5–2,0 м, оставшиеся слои самообрушаются при последующих взрывах. Крепость монолитной закладки, как правило, ниже крепости рудного массива, поэтому при отработке вторичных камер принимают дополнительные меры, способствующие сохранению закладочного материала: магазинирование руды в камере, отбойка небольшими объемами. Отбитую руду погрузочно-доставочными машинами доставляют до блокового рудоспуска. Камеры обрабатывают без оставления рудной потолчины.

Технико-экономические показатели: потери руды 2,5–3,0%; разубоживание руды 5–6%; производительность труда забойного рабочего 40–50 т/смену; удельный расход ВВ на отбойку 0,350–0,400 кг/т.

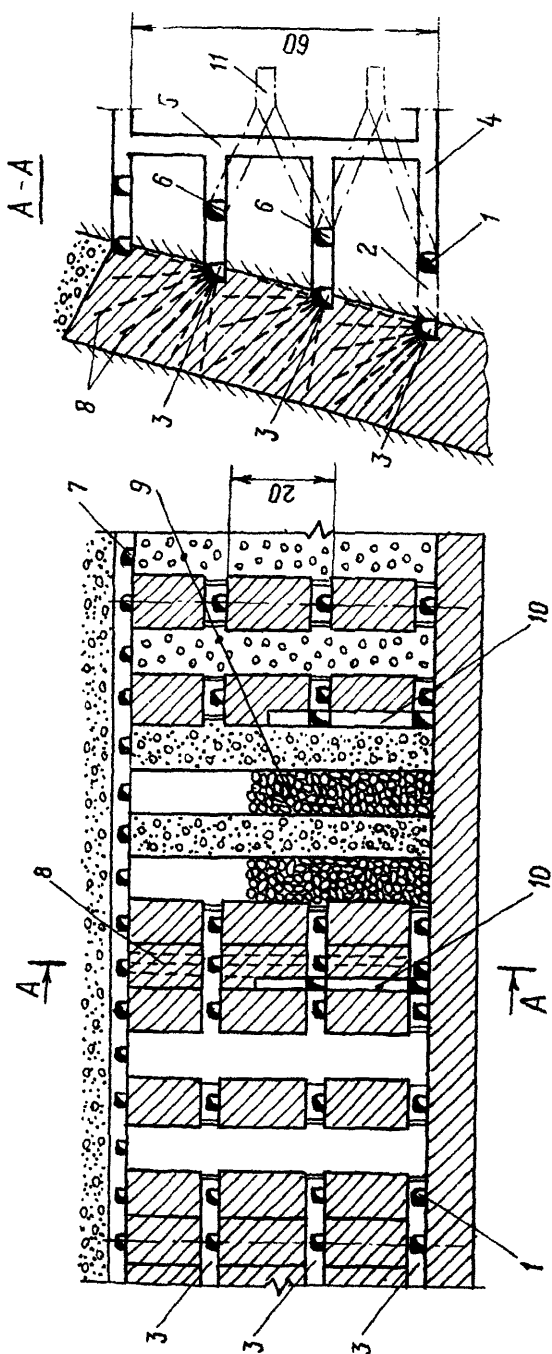


Рис. 7.3. Комбинированная система разработки последующей закладной камер: 1 - транспортный штек; 2 - погрузочный заезд; 3 - подэтажные штек; 4 - сбойка материально-ходового восстановления с погрузочным штреком; 5 - восстающий; 6 - доставочные выработки; 7 - вентиляционные сбойки 8 - веерный комплект скважин; 9 - отбитая руда; 10 - отрезной восстающий

Достоинства: малые потери и разубоживание руды; безопасность работ в очистном забое; возможность одновременной отработки нескольких этажей или подэтажей.

Недостатки: высокая стоимость закладочного материала, что резко увеличивает себестоимость очистной выемки.

7.4. Комбинированная система разработки с слоевой выемкой и подэтажным обрушением

Сущность системы разработки состоит в том, что рудную залежь, подготовленную этажным способом, обрабатывают комбинацией слоевой нисходящей выемки с подэтажным обрушением (рис. 7.4).

Условия применения. Систему разработки применяют при отработке крутопадающих весьма мощных залежей ценных руд (штокверковых и линзообразных залежей).

Параметры. Высота подэтажа 10-15 м; расстояние между буро-доставочными ортами 10-12 м, ширина опорных целиков 8-10 м. Толщина плиты зависит от размеров обрабатываемого участка, степени армирования и марки бетона. Она должна быть достаточной для выдерживания нагрузки от налегающих пород и не разрушаться при образовании пустот под ней в процессе выпуска руды.

Подготовка и нарезка блока. Подготовка включает проведение подэтажных штреков, восстающих, наклонных заездов на подэтажи, нарезка - проведение буро-доставочных выработок, отрезных восстающих.

Очистная выемка. Отработанный участок рудного тела, который образуется при слоевой нисходящей выемке руды, перекрывают железобетонной плитой. Из буро-доставочных выработок (ортов) рудный массив разбуривают веерным комплектом скважин, а затем производят послонную отбойку, торцовый выпуск. Выпущенную руду на почву орта до блоковых рудоспусков доставляют не полностью (20-30%), создавая тем самым промежуточный (между блок-щитом и рудным массивом) слой из отбитой руды, который при последующей отработке сохраняется за счет дозированного выпуска (объем выпущенной руды принимают равным объему отбитой). Толщина промежуточного слоя из отбитой руды должна быть достаточной для осуществления послонного торцового выпуска руды и защиты подэтаж-

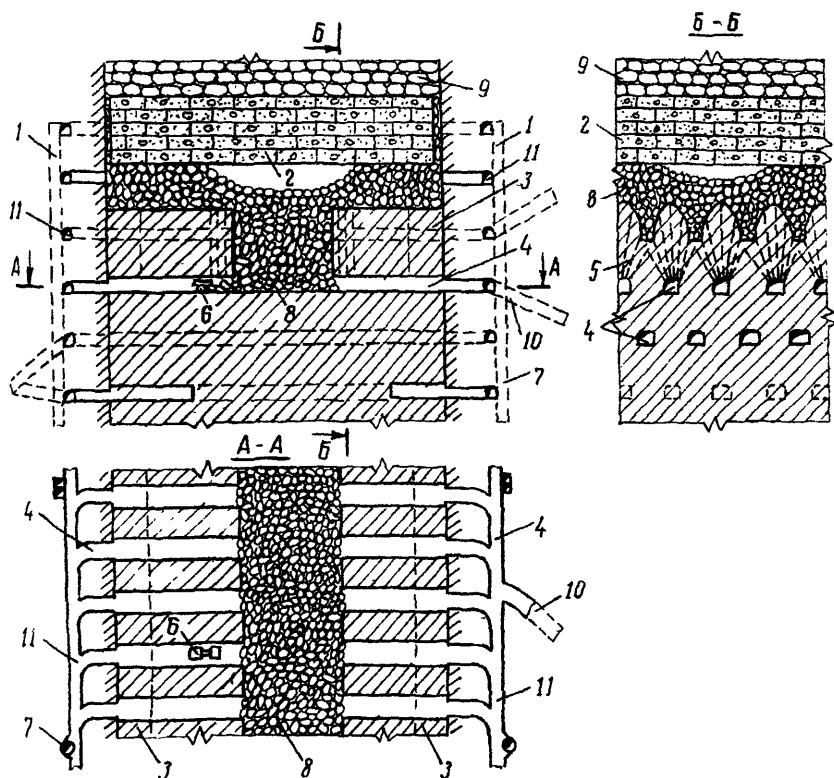


Рис.7.4. Комбинированная система разработки с слоевой выемкой и подэтажным обрушением: I - восстающий; 2 - железобетонная плита; 3 - опорные ленточные целики; 4 - подэтажные буро-доставочные выработки; 5 - верхний комплект скважин; 6 - погрузочно-доставочная машина; 7 - рудоспуск; 8 - отбитая руда; 9 - обрушенная порода; 10 - наклонный съезд; 11 - подэтажный штрек

ных выработок (буро-доставочных) от нагрузок, возникающих при опускании блок-шита.

В процессе отработки подэтажа руда промежуточного слоя опускается и заполняет выработанное пространство, создавая тем самым необходимые условия (экран) для послыйной отбойки и торцового выпуска руды. При отработке подэтажа до границ опорных целиков их взрывают и осуществляют посадку блок-шита на промежуточный слой из отбитой руды, выполняющий роль предохранительной подушки, после чего очистные работы начинают вести в нижележащем подэтаже.

Технико-экономические показатели: потери руды 3%, разубоживание 5%; производительность труда забойного рабочего 40-50 т/смену; удельный объем подготовительных выработок 16-24 м³ на 1000 т руды, нарезных – 20-36 м³ на 1000 т руды; удельный расход ВВ на отбойку 0,400 – 0,500 кг/т.

Достоинства: повышенная безопасность забойных рабочих; большое извлечение руды; малые разубоживания руды.

Недостатки: высокая себестоимость очистной выемки; большой объем подготовительно-нарезных выработок.

8. ВЫБОР СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

8.1. Факторы, влияющие на выбор системы разработки

Применительно к условиям подземной разработки рудных месторождений горно-геологические и горнотехнические факторы могут быть дифференцированы следующим образом.

А. Постоянные факторы:

- форма рудного тела;
- мощность рудного тела;
- угол залегания рудного тела;
- характер контакта рудного тела с вмещающими породами.

Б. Переменные факторы:

- нарушение залегания рудного тела;
- устойчивость руды;
- устойчивость вмещающих пород;
- ценность полезного ископаемого;

- минеральный состав вмещающих пород;
- контакт рудного тела с вмещающими породами;
- склонность руды к самовозгоранию, окислению и слеживанию;
- гидрогеологические условия разработки;
- глубина разработки рудного тела;
- возможность нарушения земной поверхности и вмещающих пород.

Форма рудного тела и глубина его распространения. Правильная форма рудного тела благоприятно сказывается при любой системе разработки. Напротив, некоторые системы, например, с креплением и закладкой, горизонтальными слоями с закладкой позволяют вести без затруднения очистную выемку в рудных телах самой причудливой формы.

Мощность рудного тела и угол залегания. Одни системы могут применяться лишь в тонких рудных телах, другие, наоборот, — только в очень мощных, третьи характерны преимущественно для рудных тел средней мощности. Не менее отчетливы границы применения различных систем по углу падения рудных тел. Например, системы с магазинированием руды применяют, как правило, при крутом падении. Напротив, камерно-столбовые системы характерны для горизонтальных и пологих рудных тел.

Нарушение залегания рудного тела. Этот фактор усложняет процессы разработки. Отрицательное влияние этого фактора устраняется выбором соответствующей системы. В этих условиях должно быть ограничено применение камерных систем с открытым выработанным пространством.

Устойчивость руд и вмещающих пород. Довольно отчетлива граница применения каждой системы разработки по устойчивости руд и вмещающих пород. Системы с естественным поддержанием очистного пространства приемлемы при устойчивом рудном массиве и вмещающих пород. Системы с обрушением руд и вмещающих пород применяются, в основном, при неустойчивом рудном массиве.

Ценность руды. Этот фактор присутствует в любом случае и является одним из неперенных условий выбора системы разработки. При разработке руд невысокой ценности часто отдадут предпочтение системе с меньшим коэффициентом извлечения, если она обеспечивает значительное снижение затрат на добычу руды. Напротив, для

высокоценных руд решающим фактором в выборе системы часто бывает наибольшая полнота извлечения.

Минеральный состав вмещающих пород и характер контакта их с рудным телом. Наличие оруденения вмещающих пород может оказать существенное влияние на выбор системы разработки. При системах с массовым обрушением положительные результаты по извлечению и разубоживанию получаются при наличии оруденения вмещающих пород. При выборе между системами с закладкой и магазинированием руды для разработки жил с непостоянной и малой мощностью, когда неизбежна подрывка боков, система с магазинированием может оказаться более рациональной, если вмещающие породы рудоносны. Контакт рудного тела с вмещающими породами также оказывает существенное влияние на выбор системы разработки. При наличии отчетливого контакта весьма тонкие жилы могут разрабатываться с отдельной выемкой и закладкой выработанного пространства подрываемыми вмещающими породами. Правильный контакт особенно благоприятен для систем разработки с магазинированием и отбойкой руды глубокими скважинами.

Склонность руды к окислению, самовозгоранию и слеживанию. При разработке полезных ископаемых, склонных к окислению, самовозгоранию и слеживанию, исключается применение систем с оставлением постоянных целиков, систем с магазинированием отбитой руды и систем с обрушением кровли. Ограничивается использование систем, допускающих большие потери руды, так как значительное количество оставляемых руд может оказаться очагом самовозгорания и возникновения пожара. Слеживаемость затрудняет выпуск, погрузку, доставку и транспортировку руды.

Гидрогеологические условия месторождения. Сильная водоносность покрывающих пород нередко вынуждает отказаться от эффективных систем разработки. При разработке месторождений в сложных гидрогеологических условиях должно быть ограничено применение систем с открытым выработанным пространством, а также систем с обрушением вмещающих пород.

Глубина разработки. Увеличение глубины разработки часто сопровождается значительным увеличением горного давления и затрудняет применение некоторых систем. Так, отказ от применения системы с открытым выработанным пространством и замена ее системой с закладкой бывает вызвана ростом горного давления.

Возможность нарушения земной поверхности и вмещающих пород. При наличии на поверхности крупных сооружений, а также водоемов нарушение земной поверхности недопустимо. Сохранение поверхности и вмещающих пород от нарушения достигается тщательной закладкой, креплением и закладкой, оставлением охранных цепиков. В этих условиях неприемлемы системы с обрушением.

8.2. Выбор системы подземной разработки

От принятой системы разработки зависят такие важнейшие показатели работы рудника, как производительность труда забойного рабочего, себестоимость добычи руды, величина потерь и разубоживания при добыче, затраты и величины потерь при переработке, количество и себестоимость конечной продукции горного предприятия (концентрата, металла) и, наконец, размер получаемой прибыли. Поэтому выбор системы разработки и ее конструктивных элементов представляет одну из самых ответственных задач как для проектируемого, так и для действующего рудника.

Выбор рациональной системы для разработки конкретного месторождения осуществляется в два этапа:

I этап. Предварительный отбор систем, по горно-геологическим и горнотехническим условиям месторождения.

II этап. Сравнительная оценка отобранных систем и выбор наиболее рациональной.

По методике К. М. Чарквиани окончательная экономическая оценка производится сравнением извлекаемой ценности и себестоимости 1 т руды по формуле

$$P_p \alpha_{\text{н}} \left(\frac{P_2}{100} (1 - 0,01 R_2) - \frac{P_1}{100} (1 - 0,01 R_1) \right) > \frac{P_2}{100} C_1 - \frac{P_1}{100} C_2, \text{ тг/т.} \quad (8.1)$$

где P_p - оптово-отпускная цена за 1 тонно-процент, тг/т, $\alpha_{\text{н}}$ - содержание полезного ископаемого в месторождении, %; P_1, P_2, R_1, R_2 - потери и разубоживание соответственно при первой и второй системах, %; C_1, C_2 - себестоимость добычи 1 т товарной руды соответственно при первой и второй системах, тг/т.

По методике П. И. Городецкого выбор системы производится по показателю рентабельности промышленного использования руды по формуле

$$\eta_p = \frac{Ц - \sum_1 C_1}{\sum_1 C_1} 100, \% \quad (8.2)$$

где $Ц$ - ценность 1 т руды, тг/т; $\sum_1 C_1$ - суммарные расходы по добы-

че, транспортировке и переработке 1 т добытой руды, тг/т.

Методика М.И.Агошкова для окончательного выбора системы разработки учитывает участковую себестоимость 1 т руды (C_p), экономический ущерб от потерь (Y_n) и разубоживания (Y_p).

Задача по выбору системы сводится к решению следующей модели:

$$C_p + Y_p + Y_n \rightarrow \min. \quad (8.3)$$

По методике С.Я.Рачковского экономическая эффективность системы разработки определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) - ((Y_n - Y_n) + (Y_p - Y_p)), \text{ тг/т}, \quad (8.4)$$

где C_1, C_2 - себестоимость добычи 1 т руды по вариантам систем, тг/т; Y_n, Y_n - ущерб от потерь по вариантам системы разработ-

ки, тг/т; Y_p, Y_p - ущерб от разубоживания руды, тг/т.

Степень эффективности систем разработки по методике Р.П.Каплунова оценивается с использованием коэффициента эффективности

$$\eta_3 = \frac{Ц_d}{Q} = \frac{Ц_d}{Q_c + Q_p + Q_n}, \quad (8.5)$$

где Q - обобщенный показатель эффективности систем (в тенге на 1 т добычи) характеризует в комплексе сумму зависящих от систем разработки производственных расходов по добыче (Q_c) и производственных затрат, т.е. экономический ущерб от разубоживания (Q_p), а также от потерь руды (Q_n) при разработке месторождений полезных ископаемых.

По методике О.А.Байконурова сравнительная оценка отобран-

ных систем и выбор среди них наиболее рациональной производится по многим критериям. При этом в качестве критериев могут использоваться [2]:

- 1) производительность забойного рабочего;
- 2) удельный расход подготовительно-нарезных выработок по системе;
- 3) полная себестоимость добычи;
- 4) коэффициент извлечения руды при добыче;
- 5) коэффициент изменения качества руды при добыче;
- 6) извлекаемая ценность конечного продукта из 1 т рудной массы;
- 7) суммарные технологические затраты на получение конечного продукта из 1 т рудной массы;
- 8) ожидаемая прибыль из 1 т руды;
- 9) относительная рентабельность.

Сущность метода заключается в следующем.

Пусть выбраны несколько равноценных критериев $K_1, K_2, \dots, K_N$, по которым будем оценивать m конкурентоспособных систем разработки. Значения технико-экономических показателей любой j -ой системы разработки ($j = 1, 2, \dots, m$) обозначаются через $K_1^j, K_2^j, \dots, K_N^j$. Вычисляются значения этих показателей для всех рассматриваемых систем и результаты записываются по столбцам. Получается матрица значений технико-экономических показателей по всем сравниваемым системам разработки:

$$K_1^j = \begin{vmatrix} K_1^1 & K_1^2 & \dots & K_1^j & \dots & K_1^m \\ K_2^1 & K_2^2 & \dots & K_2^j & \dots & K_2^m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_N^1 & K_N^2 & \dots & K_N^j & \dots & K_N^m \end{vmatrix}. \quad (8.6)$$

Каждый столбец этой матрицы характеризует определенную систему разработки и образует вектор-столбец K^j . Сравнивая между собой полученные векторы $K^1, K^2, \dots, K^m$, необходимо в этой матрице найти такой вектор K^j , который соответствовал бы максимальному эффекту по совокупности всех критериев от применения

системы.

Алгоритм выбора такого вектора K^{j^0} состоит из следующих шагов:

1. Выбираются критерии $K_1, K_2, \dots, K_M$.
2. По каждой из сравниваемых систем разработки вычисляются значения всех критериев K_1^j и составляется матрица (3.6).
3. Из всех значений каждого критерия K_1 по всем системам разработки выбираются значения наибольшего $K_1^{\max}$ и наименьшего $K_1^{\min}$.

В зависимости от смысла критерия лучшее его значение обозначается через $K_1^{\text{опт}} = K_1^{j^0}$.

4. По каждой i -ой строке матрицы (3.6) вычисляются абсолютные отклонения значений критерия K_1^j от лучшего значения это критерия по всем системам, $K_1^j - K_1^{\text{опт}}$.

О.А.Байконуров и В.И.Горбенко рекомендуют определять его по формуле

$$\delta_{1j} = \frac{K_1^j - K_1^{j^0}}{K_1^{j^0}}, \quad (8.7)$$

а С.В.Цой - по формуле [10]:

$$\delta_{1j} = \frac{K_1^j - K_1^{j^0}}{K_1^{\max} - K_1^{\min}}. \quad (8.8)$$

Из полученных значений составляется матрица относительных отклонений

$$\Delta = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{1m} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \delta_{nm} \end{vmatrix}. \quad (8.9)$$

Для каждого столбца матрицы (3.8), соответствующего определенной системе разработки, вычисляется норма вектора отклонения по формуле

$$R_j = \sqrt{\delta_{1j}^2 + \delta_{2j}^2 + \delta_{nj}^2}. \quad (8.10)$$

Та система разработки, для которой норма вектора окажется наименьшей, и будет соответствовать лучшему варианту решения

поставленной задачи.

8.3. Определение критериев системы разработки

В основном критериями по системе являются ее технико-экономические показатели.

1. Производительность труда забойного рабочего по каждой конкретной системе принимается по данным практики ($P_{сн.з}$).

2. Удельный расход подготовительно-нарезных работ определяется по формуле (1.3).

3. Полная рудничная себестоимость добычи руды

$$C_d = 1/\eta \cdot (C_{пнв} + C_{оч}), \text{ тг/т}. \quad (8.11)$$

Стоимость проведения подготовительно-нарезных выработок в блоке, отнесенная к извлекаемым запасам блока:

$$C_{пнв} = C_{пнр} \cdot S_{пнв} \cdot P_{пнв}, \text{ тг/т}. \quad (8.12)$$

где $C_{пнв}$ - затраты на проведение 1 м³ подготовительно-нарезных выработок в блоке, м³/тг; $S_{пнв}$ - среднее сечение выработок в блоке, м².

Себестоимость очистной выемки по каждой системе разработки

$$C_{оч} = C_{отб} + C_{вып} + C_{пд} + C_{пвп}, \text{ тг/т}, \quad (8.13)$$

где $C_{отб}$ - себестоимость отбойки руды, тг/т; $C_{вып}$ - себестоимость выпуска руды, тг/т; $C_{пд}$ - себестоимость погрузки и доставки руды, тг/т; $C_{пвп}$ - себестоимость поддержания (закладки или крепления) выработанного пространства, тг/т.

Коэффициент соотношения полной и участковой себестоимости добычи 1 т руды (η):

- для систем разработки с панельной подготовкой $\eta=0,34-0,36$;
- для систем разработки с этажной подготовкой со шпуровой отбойкой $\eta=0,38-0,4$;
- для систем разработки с этажной подготовкой со скважинной отбойкой $\eta=0,28-0,30$;
- для систем разработки с креплением очистного пространства

$\eta=0,44-0,46$;

– для систем разработки с закладкой выработанного пространства $\eta=0,46-0,48$;

– для систем подготовки с массовым обрушением $\eta=0,28-0,30$.

4. Коэффициент извлечения руды при добыче определяется по формуле (1.12).

5. Коэффициент изменения качества рудной массы (K_k) при добыче определяется по формуле (1.22).

6. Извлекаемая ценность конечного продукта из 1 т рудной массы

$$\Pi = 0,01 \cdot C_y \cdot K_k \cdot \Pi_0 \cdot I_0 \cdot I_m, \text{ тг/т}, \quad (8.14)$$

где C_y – содержание полезных компонентов в балансовых запасах, %; Π_0 – оптовая цена конечного продукта, тг/т; I_0 – коэффициент извлечения при переработке; I_m – коэффициент извлечения при металлургическом переделе.

Содержание полезных компонентов в балансовых запасах в переводе на условный металл

$$C_y = C_0 + C_1 k_1 + C_2 k_2 + \dots + C_n k_n, \quad (8.15)$$

где C_0 – содержание основного компонента в балансовых запасах, %; $C_1, C_2, \dots, C_n$ – содержание сопутствующих компонентов, %; $k_1, k_2, \dots, k_n$ – переводные коэффициенты на сопутствующие компоненты

$$k_1 = \frac{\Pi_1}{\Pi_0}, \quad (8.16)$$

где Π_1 – отпускная цена сопутствующего компонента, тг/т.

Извлечение полезного компонента при переработке (обогащении) рассчитывается по корреляционному уравнению [11]:

$$I_0' = 91,5 - \frac{14,2}{C_y}, \% ; \quad (8.17)$$

коэффициент извлечения при переработке

$$I_0 = \frac{I_0'}{100}. \quad (8.18)$$

7. Суммарные технологические затраты на получение конечного продукта из 1 т руды:

$$C_{дтп} = (C_{д} + C_{т} + C_{п}) + \frac{0,01C_{р.м}(1-\kappa\rho)}{100\beta} (C_{тк} + C_{пк}), \text{ тг/т.} \quad (8.19)$$

где $C_{п}$ - себестоимость обогащения руды, тг/т; $C_{т}$ - себестоимость транспорта руды до обогатительной фабрики, тг/т; $C_{тк}$ - себестоимость транспорта 1 т концентрата до обогатительной фабрики, тг; $C_{пк}$ - себестоимость металлургического передела 1 т концентрата, тг; ρ - содержание полезного компонента в концентрате, %.

8. Ожидаемая прибыль из 1 т руды

$$P_p = C_{и} - C_{дтп}, \text{ тг/т.} \quad (8.20)$$

9. Относительная рентабельность равна

$$d = \frac{C_{и} - C_{дтп}}{C_{дтп}} \cdot 100, \% \quad (8.21)$$

8.4. Оптимизация параметров системы подземной разработки рудных месторождений

8.4.1. Общие положения выбора рациональных параметров системы разработки

Технология добычи руды определяется выбором оптимальных конструктивных и технологических параметров процессов системы разработки, от которых в значительной степени зависят показатели отбойки, выпуска, погрузки и доставки горной массы, а также объем подготовительно-нарезных работ.

Оптимизация параметров технологических процессов включает математическое описание системы разработки в комплексной увязке всех процессов очистной выемки с учетом данного прошлого опыта, физического моделирования процессов, соблюдения требований к безопасности работ, обеспечения качества при минимальных затратах на добычу руды.

При составлении математической модели системы разработки горно-геологические условия выступают в качестве основных входных параметров, заключенных в определенном интервале.

Разработка и реализация экономико-математической модели оптимизации системы разработки состоит из следующих этапов:

1. Постановка задачи. Выбор и анализ в общем виде вариантов системы разработки, способов подготовки и нарезки, средств механизации и порядка ведения горных работ без детализации.

2. Анализ системы разработки и ее технологических процессов, выбранных на первом этапе, при котором устанавливаются определяющие факторы и варьируемые параметры, наиболее существенные ограничения. При анализе технологических процессов выделяются и анализируются все факторы и параметры, выясняются их пределы изменения и влияние на технико-экономические показатели разработки. Этот этап наиболее важен, так как исходные данные и выявленные зависимости влияют на точность и реальность расчета экономико-математической модели.

3. Выбор критерия оценки решения – критерия оптимальности.

4. Математическое описание задачи – составление экономико-математических моделей каждого технологического процесса в отдельности и общей модели в целом.

При этом целевая функция, система ограничений и промежуточные зависимости записываются как функции от определяющих параметров, участвующих в решении задачи.

5. Разработка (выбор) алгоритма оптимизации математической модели. Составление программы и получение решения на ЭВМ.

6. Обработка результатов и выдача рекомендаций.

Согласно разработанной методике, для каждого технологического процесса устанавливаются зависимости между варьируемыми параметрами, затратами и технологическими факторами. При этом определяются:

- объем и затраты на подготовительно-нарезные работы в зависимости от размеров камеры, высоты этажа, способов оформления днищ блоков, схем расположения скважин (шпуров) и др.;

- расход материалов на отбойку, дробление, погрузку и доставку в зависимости от способов отбойки, конструкции днищ блока, средств механизации;

- производительность буровых работ, погрузочно-доставочных

средств, заряжения скважин (шпуров) в зависимости от вариантов системы разработки и варьируемых параметров;

- производительность блока в зависимости от способов отбойки, выпуска и доставки руды;

- величина потерь и разубоживания в зависимости от горно-геологических условий и способов ведения очистных работ.

8.4.2. Методика оптимизации параметров системы разработки

В качестве критерия оптимальности при выборе технологических параметров системы разработки наиболее целесообразно принять прибыль, отнесенную на 1 т балансовых запасов. Тогда целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$P_{p.j} = \left(0.01 C_y K_k U_o U_o - (C_{доб.j} + C_{пост} + \Delta C_d + C_p) \right) \frac{1 - P_6}{1 - R} \rightarrow \max, \quad (8.22)$$

где P_p - прибыль на 1 т балансовых запасов, тг/т; C_y - содержание полезного компонента в балансовых запасах, %; U_o - коэффициент извлечения полезного компонента в процессе переработки; U_o - оптовая цена конечного продукта, тг/т; K_k - коэффициент изменения качества руды при добыче; $C_{доб}$ - участковая себестоимость 1 т руды, тг/т; $C_{пост}$ - постоянные общешахтные затраты на добычу 1 т руды (одинаковые для всех способов подготовки и нарезки блоков), тг/т; ΔC_d - изменение себестоимости 1 т руды по вариантам системы, тг/т; C_p - стоимость переработки руды, тг/т; P_6, R - эксплуатационные потери и разубоживание руды; j - способ подготовки и нарезки блока.

Себестоимость добычи ($C_{доб}$) по системе разработки определяется суммой затрат на подготовительно-нарезные работы ($C_{пнр}$), отбойку ($C_{отб}$), выпуск ($C_{вып}$) и погрузочно-доставочные работы ($C_{пд}$), поддержания выработанного пространства ($C_{пп}$), т.е.

$$C_{доб}(X) = C_{пнр} + C_{отб} + C_{вып} + C_{пд} + C_{пп}, \quad \text{тг/т}, \quad (8.23)$$

где X - оптимизируемые параметры системы.

Функцию стоимости затрат на подготовительно-нарезные работы $C_{пнр}(l_b, S_b, L_6, B_6, m, \alpha, H_p)$ можно представить в зависимости от длины и сечения выработки (l_b, S_b), длины, ширины

и высоты блока (L_6, B_6, h_6), мощности рудного тела (m), угла падения залежи (α), глубины разработки (H_p), конструктивных и технологических особенностей системы разработки, ограничений по условиям горного давления.

В общем виде математическую модель подготовительно-нарезных работ можно представить в следующем виде:

$$C_{\text{пнр. } j} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{пн. } i} (L_6, B_6, h_6, m, \alpha, H_p)}{Z_{\text{изв. } 6} (L_6, B_6, m, \gamma_p)} - \frac{C_d V_{\text{пнр. } i} V_{\text{пн. } i}}{100 Z_{\text{изв. } 6} (L_6, B_6, m, \gamma_p)}, \text{ тг/т.} \quad (8.23)$$

где $C_{\text{пн. } i}$ - стоимость проведения i -й - подготовительной или нарезной выработки; $V_{\text{пнр. } i}$ - объем подготовительно-нарезных выработок, пройденных по руде, %; $V_{\text{пн. } i}$ - объем подготовительно-нарезных выработок, т; C_d - стоимость добычи и 1 т руды; $Z_{\text{изв. } 6}$ - извлекаемые запасы блока, т; j - способ подготовки и нарезки блока.

Стоимость отбойки можно представить как функцию, зависящую от сетки расположения шпура или скважины ($a \times w$), крепости (f), мощности рудного тела (m), угла падения рудной залежи (α), диаметра скважин или шпуров (d), плотности руды и BV (γ_p, Δ) длины шпура или скважины (l), производительности оборудования, применяемого при бурении и зарядании шпура или скважины ($P_{\text{ст.}}$, $P_{\text{зар}}$) и выхода некондиционной руды (K_n).

Математическая модель процессов отбойки в общем виде представляется суммой затрат на бурение (C_6), зарядание и взрывание ($C_{\text{зв}}$), стоимости ВМ на первичное и вторичное дробление ($C_{\text{вм. } 1}$, $C_{\text{вм. } 2}$):

$$C_{\text{отб}} = C_6 (a, w, m, B_6, d, P_{\text{ст.}}, \gamma_p, f) + C_{\text{зв}} (a, w, m, B_k, \Delta, d, P_{\text{зар}}) + \\ + C_{\text{вм. } 1} (a, w, m, B_k, d, f, \gamma_p, \Delta) + C_{\text{вм. } 2} (K_n), \text{ тг/т.} \quad (8.25)$$

Производительность погрузочно-доставочных средств во многом зависит от качества дробления руды и правильного выбора расстояний от места выпуска до рудоспусков или транспортных откаточных сосудов на откаточном горизонте и параметров выпускных отверстий.

Затраты на погрузку и доставку в расчете на 1 т выданной руды определяются в зависимости от эксплуатационных расходов, зависящих от длины доставки (L_d) и сменной производительности погрузочно-доставочных средств ($P_{см}$):

$$C_{пд} = \frac{C_{вып} (K_n, S_{вд}) + C_{д. j} (L_d, K_n)}{P_{см. j} (L_d, K_n, S_{вд})}, \text{ тг/т,} \quad (8.26)$$

где $C_{вып} (K_n, S_{вд}) + C_{д. j} (L_d, K_n)$ — эксплуатационные расходы на выпуск и погрузочно-доставочные работы, которые включают в себя затраты на амортизационные отчисления, техническое обслуживание и текущий ремонт, заработную плату обслуживающего персонала, электроэнергию и топливо, основные и вспомогательные материалы; $P_{см. j}$ — сменная производительность погрузочно-доставочных средств, зависящая от расстояния доставки (L_d), выхода некондиционной руды (K_n), сечения выпускных выработок ($S_{вд}$).

Затраты на поддержание выработанного пространства при производстве закладочных работ

$$C_{ппп} = \frac{C_3^м (L_6, B_6, h_6, H_p) V_{з.р}}{Z_{изв.б} (L_6, B_6, m, \gamma_p)}, \text{ тг/т,} \quad (8.27)$$

где C — стоимость 1 m^3 закладочного материала, тг/ m^3 ; V — объем закладочных работ, m^3 .

Таким образом, для определения оптимальных параметров систем разработки требуется найти экстремум целевой функции (8.22), которая включает затраты на участковую добычу $C_{доб}(X)$, имеющую векторный вход $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x — оптимизируемые параметры разработки: длина блока (L_6), высота этажа (H_3), длина взрыводоставки ($L_{дк}$), длина доставки (L_d), расстояния между рудоспусками (L_p), выпускными дучками (l_d), сетка расположения шпуров или скважин ($a \times w$), диаметр шпура или скважин (d), количество камер на блок (N_k), лучек на камеру ($n_{дк}$) и т.д. и скалярный выход. На параметры функции $C_{доб}(X)$ накладываются линейные ограничения типа

$$a_i < x_i < b_i, \quad i = 1, n, \quad (8.28)$$

(n — количество оптимизируемых параметров) и функциональные

вида

$$G_j(x) \geq 0, \quad j = 1, k, \quad (8.29)$$

которые соответствуют технологическим требованиям.

Ограничения (8.28) и (8.29) определяются в зависимости от применяемой системы разработки, с обеспечением безопасности работ (соблюдение условий по горному давлению), т.е. размеров це-ликов, максимальной длине скважин, количеству ВВ на один взрыв, выходу некондиционной руды и т.д.

Определение оптимальных параметров в n -мерной области D , удовлетворяющей заданным технологическим и физическим ограниче-ниям, сводится к нахождению точки $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, для которой [8]

$$P_{p,j}(X^*) = P_p(X^*) \leq P_p(X), \quad (8.30)$$

$$X^* \in D \quad (8.31)$$

$$G_j(X^*) \geq 0 \quad (8.32)$$

Используемый алгоритм [2] основывается на статистических мето-дах поиска, предусматривает самообучение, изменение масштаба шага, ввод дополнительных ограничений, не допускающих вторично-го попадания в найденный локальный минимум. глобальность поиска обеспечивается синтезом алгоритма локального поиска с методом Монте-Карло, который определяет начальные точки поиска, равно-мерно распределенные в области задания оптимизируемых парамет-ров системы:

$$x_i = a_i + (b_i - a_i) r_i, \quad (8.33)$$

где r_i - случайные числа, равномерно распределенные на $(0,1)$, для найденных x_i вычисляется первоначальное значение целевой функции. А затем используется метод определения наилучшего направления спуска, который заключается в следующем.

Из исходного состояния X_k делается m равномерно распреде-ляемых проб $X_k + AE_j$ ($j = 1, \dots, m$), где $A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ - диагональная матрица с элементами a_i (a_i - модуль шага по i -ой координате), $E_j = (e_1, e_2, \dots, e_m)$ - случайный вектор, e_i - случайные числа, равномерно распределенные на отрезке $[-1,1]$, из которых выбирается наилучшая точка $X_{k+1} = X_k + AE^*$, дающая целевой функции наибольший максимум. После нахождения наилучше-го направления система поиска переходит к самообучению.

В предлагаемом варианте алгоритма применен непрерывный тип самообучения, суть его в следующем.

Относительно вектора $X_{k+2} = X_{k+1} + 2AE^*$ делается m_1 проб $X_{k+2} + AE^N$, где $E^N = (e_1^N, e_2^N, \dots, e_m^N)$ - случайный век-

тор, e_1^N - случайные числа, нормально распределенные с дисперсией b_1 относительно нуля. Из этих m_1 проб выбирается наилучшая, система смещается в новое положение $X_{k+3} = X_{k+2} + AE^N$ и вновь делаются нормально распределенные испытания.

Простые ограничения, имеющие вид (8.28), учитываются следующим образом:

$$x_1 = \begin{cases} x_1, & \text{если } a_1 < x_1 < b_1 \\ a_1 (1+k) - kx_1, & \text{если } a_1 < x_1 \\ b_1 (1+k) - kx_1, & \text{если } x_1 > b_1 \end{cases} \quad (8.34)$$

где k - коэффициент отражения от границ. При нарушении функциональных ограничений система возвращается в предыдущее состояние и производится выбор нового направления поиска. Если направление спуска, не нарушающее ограничений, найти не удастся, то модуль шага уменьшается вдвое и осуществляется подход к границе.

Для того, чтобы исключить повторное попадание в найденные максимумы и тем самым сократить время на отыскание максимума целевой функции, рассматриваемый алгоритм предусматривает введение "запретных зон".

После нахождения l -го локального максимума подпространство

$$\sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^n [(x_i - x_i^j)^2 - R_j^2] < 0 \quad (8.35)$$

считается "запретной зоной". Здесь x_i - координаты текущей точки, x_i^j - координаты j -го локального максимума, R_j - радиус j -ой "запретной зоны"

$$R_j = k_n \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i^{j_0} - x_i^{j_{лм}})^2},$$

где k_n - коэффициент полноты перекрытия бассейна локального максимума; $0 < k_n < 1$, $x_i^{j_0}$ - координата начальной точки, из которой был найден локальный максимум, $x_i^{j_{лм}}$ - координаты j -го локального максимума.

Если функция попадает в "запретную зону", то поиск локального максимума прекращается, "зона" расширяется, отсекая неперс-

пективные части области D, вычисляется радиус расширенной зоны и по формуле (8.12) определяется новая начальная точка

Глобальный поиск заканчивается, если выполнено заданное число выборок исходных точек, или попаданий функции в "запретную зону", или выбрано определенное количество локальных максимумов. Все эти параметры задаются для каждой задачи и могут варьироваться в процессе счета. Ограничение на количество исходных выбираемых точек предотвращает заикливание. Проверка на количество локальных максимумов полезна в тех случаях, когда можно аналитически оценить их число для оптимизируемой функции.

Если при попадании в область локального экстремума точка оказывается неперспективной, то для исключения повторного просмотра она объявляется псевдолокальным максимумом и вокруг нее создается "запретная зона". Этот прием оказывается наиболее эффективным, если ввести варьируемый коэффициент полноты перекрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А. Разработка рудных и нерудных месторождений М.: "Недра", 1983, С. 424.
2. Байконуров О.А. Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений Алма-Ата: "Наука", 1969, С.606.
3. Попов Г.Н. Технология и комплексная механизация разработки рудных месторождений М.: "Недра", 1970, С.455.
4. Скорняков Ю.Т. Системы разработки и комплексы самоходных машин при подземной добыче руд М.: "Недра", 1979, С.350.
5. Справочник по горнорудному делу. Том 3, М., С.803.
6. Совершенствование технологии разработки Миргалымсайского месторождения. Часть I. /Битимбаев М.Ж., Никифоров И.М., Раскильдинов Б.У. и др. Алматы, 1994. 150с.
7. Совершенствование технологии разработки Миргалымсайского месторождения. Часть II. /Битимбаев М.Ж., Никифоров И.М., Раскильдинов Б.У. и др. Алматы, 1994. 210с.
8. Методика проектирования системы подземной разработки рудных месторождений /Галаев Н.З., Раскильдинов Б.У., Альзамарова Э.И., Юсупов Х.А. //Оптимизация подземных горных работ на рудниках. Новосибирск, 1989. С.52-59.
9. Патент N 3036 РК E2137/00. Способ отбойки крутопадающих жил

/Раскильдинов Б.У., Юсупов Х.А. и др. Оpubл. в Б.И.
N 2, 10. 06. 96.

10. Цой С.В., Брызгалов В.Т. Математические приемы в САПР-рудник
Алма-Ата, С.184.
11. Никифоров И.М., Глыжина Т.И., Сорокина Т.И. Изменение эффек-
тивности камерно-столбовой системы разработки с увеличением
глубины работ. //Горное дело. Алма-Ата.1975. С. 114-123.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие.....	3
1. Классификация, основные определения и показатели систем разработки рудных месторождений.....	4
1.1. Основные понятия и термины	4
1.2. Определение системы разработки	5
1.3. Классификационные признаки системы разработки	6
1.4. Классификация И.И. Агошкова	7
1.5. Классификация систем разработки В.Р. Именитова	10
1.6. Бинарная классификация систем разработки твердых полезных ископаемых О.А. Байконурова.....	11
1.7. Единая классификация систем разработки рудных месторождений.....	12
1.8. Подготовительные и нарезные выработки систем разработки.....	14
1.9. Объем подготовительно-нарезных работ	19
1.10. Потери и разубоживание руды при системах разработки	21
1.11. Определение показателей извлечения	23
1.12. Техничко-экономические показатели системы разработки.....	25
2. Системы с открытым выработанным пространством	26

2.1. Сплошные системы разработки	27
2.1.1. Сплошная система разработки горизонтальных и пологих залежей	28
2.1.2. Сплошная система разработки наклонных залежей	30
2.2. Камерно-столбовые системы разработки.....	33
2.2.1. Камерно-столбовая система разработки горизонтальных и пологих залежей	33
2.2.2. Камерно-столбовая система разработки наклонных рудных залежей	38
2.2.3. Система разработки с доставкой руды силой взрыва	40
2.2.4. Система разработки с отбойкой руды из подэтажных штреков	44
2.2.5. Этажно-камерная система разработки	48
3. Системы разработки с магазинированием руды.....	50
3.1. Система разработки с магазинированием руды блоками	50
3.2. Система разработки с магазинированием руды и скважинной отбойкой.....	53
4. Системы разработки с закладкой выработанного пространства	55
4.1. Система разработки горизонтальными слоями с сухой закладкой	56
4.2. Система разработки горизонтальными слоями с гидравлической закладкой.....	58
4.3. Система разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой.....	60
4.4. Система разработки с раздельной выемкой и закладкой подрываемыми вмещающими породами	62
5. Системы разработки с креплением очистного пространства.....	66
5.1. Система разработки с распорной крепью	66

5.2. Система разработки со станковой крепью	68
5.3. Система разработки с креплением и закладкой очистного пространства	72
6. Системы разработки с обрушением.....	74
6.1. Система разработки слоевого обрушения	75
6.2. Система разработки этажного самообрушения	77
6.3. Система разработки этажного принудительного обрушения	79
6.4. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды	81
7. Комбинированные системы разработки.....	83
7.1. Комбинированная система разработки с магазинированием и обрушением	83
7.2. Комбинированная система с одновременной закладкой	85
7.3. Комбинированная система разработки с последующей закладкой камер	88
7.4. Комбинированная система разработки со слоевой выемкой и подэтажным обрушением	90
8. Выбор системы подземной разработки рудных месторождений и оптимизация ее параметров.....	92
8.1. Факторы, влияющие на выбор системы разработки.....	92
8.2. Выбор системы подземной разработки	95
8.3. Определение критериев системы разработки	99
8.4. Оптимизация параметров системы подземной разработки рудных месторождений	101
8.4.1. Общие положения выбора рациональных параметров системы разработки	101
8.4.2. Методика оптимизации параметров системы разработки	103
Библиографический список.....	108

Раскильдинов Бакчан Утевеевич

**СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор М.К.Сагимбаева

Техн. редактор С.П.Полтавец

Подписано в печать 9.10.1997 г.

Тираж 500 экз. Формат 60 x 84 1/16
Бумага типографская №1. Объем 7,0 усл. п.л.
Заказ № Цена договорная

Отпечатано в печатно-множительном участке Казахского
национального технического университета, Алматы, Сапбаева, 22