

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные работы»

ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Пособие
для студентов специальности 1-51 02 01
«Разработка месторождений полезных ископаемых»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2022

УДК 622.272(075.8)
ББК 33.21я7
Г58

А в т о р ы:

А. К. Гец, С. Г. Оника, А. А. Кологривко, А. Н. Шодиев

Р е ц е н з е н т ы:

заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» БГУ,
д-р физ.-мат. наук, профессор *М. А. Журавков*;
заместитель главного инженера ОАО «Белгорхимпром» *А. М. Чижик*

Г58

Подземные горные работы : пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / А. К. Гец [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – 50 с.
ISBN 978-985-583-776-4.

Пособие предназначено для ознакомления студентов с терминологией и основными понятиями разработки месторождений полезных ископаемых. Рассмотрены вопросы вскрытия, подготовки и очистной выемки полезного ископаемого для различных условий их залегания и размеров шахтных полей месторождений. Определены условия применимости различных способов и схем разработки, представлена методика расчета места заложения стволов в шахтном поле, дана классификация систем разработки.

УДК 622.272(075.8)
ББК 33.21я7

ISBN 978-985-583-776-4

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
2. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	8
3. ВСКРЫТИЕ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ.....	10
3.1. Общие вопросы вскрытия месторождений	10
3.2. Вскрытие вертикальными стволами. Расположение стволов в шахтном поле и выбор места их заложения.....	12
3.3. Вскрытие наклонными стволами.....	19
3.4. Вскрытие свиты пластов	20
3.5. Вскрытие штольнями.....	21
3.6. Комбинированное вскрытие	23
4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	24
4.1. Требования, предъявляемые к системам разработки ..	24
4.2. Способы подготовки шахтных полей и предъявляемые к ним требования	26
4.3. Деление шахтных полей на части.....	27
4.4. Порядок отработки частей шахтного поля	31
4.5. Классификация систем разработки	35
4.6. Факторы, влияющие на выбор системы разработки, их элементы и параметры	38
4.7. Сплошные системы разработки.....	42
4.8. Столбовые системы разработки	43
4.8.1. Система разработки длинными столбами по простиранию при панельной подготовке шахтного поля.....	43
4.9. Камерные системы разработки.....	45
4.9.1. Камерная система разработки с оставлением жестких целиков.....	47
4.9.2. Камерная система разработки с оставлением податливых целиков	48
4.10. Комбинированная система разработки.....	49
ЛИТЕРАТУРА.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Ключевым специалистом в горной промышленности является горный инженер-технолог, от квалификации которого зависят качество проектов, безопасность ведения подземных горных работ, конкурентоспособность горных предприятий и перспективы их развития. Уровень квалификации горного инженера определяется его умением принимать рациональные технические и организационные решения с учетом увязанных во времени и пространстве процессов вскрытия, подготовительных и очистных работ, проветривания, транспортирования, управления состоянием горного массива, дегазации пластов и выработанного пространства.

Целью пособия «Подземные горные работы» является обучение студентов правильным, научно обоснованным методам разработки месторождений, т. е. наиболее полному извлечению полезных ископаемых с минимальными затратами живого и овеществленного труда при безусловной безопасности ведения горных работ, охране недр и окружающей среды.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Полезное ископаемое – минералы и горные породы, которые на уровне развития техники и технологии могут быть использованы непосредственно в народном хозяйстве или после соответствующей переработки.

В условиях Старобинского месторождения, в зависимости от разрабатываемого горизонта, к полезному ископаемому относятся сильвинитовые или каменно-солевые слои, вошедшие в подсчет запасов, т. е. балансовые запасы в натуральном выражении. Под термином *полезное ископаемое* подразумеваются калийная (сильвинит) и каменная (галит) соли.

Сильвинит – соляная горная порода осадочного химического происхождения, состоящая в основном из кристаллической смеси минералов галита и сильвина, в которой преобладает первый. *Галит* – осадочная порода, сложенная в основном галитом (до 99 %).

Глина – осадочная порода, отличающаяся тонкодисперсностью (преобладание фракций менее 0,01 мм), своеобразием состава (обязательно присутствие глинистых минералов) и обладающая пластичностью в природном состоянии или при увлажнении водой.

Качество полезных ископаемых – свойство или совокупность свойств минеральных образований (добытой руды), идущих на нужды общества. К числу свойств относятся вещественный (минеральный) состав, физико-механические и химические характеристики минерального сырья.

Полезный компонент – составная часть полезного ископаемого, имеющая промышленное значение и используемая в народном хозяйстве.

Содержание KCl – количество полезного компонента KCl, заключенного в весовой или объемной единице полезного ископаемого или рудной массы, выраженное в процентах.

Содержание н.о. – количество нерастворимого в воде остатка (глинистых пород и т. п.), заключенного в весовой или

объемной единице полезного ископаемого или рудной массы, выраженное в процентах.

Полезное ископаемое отбитое – полезное ископаемое, отделенное от горного массива.

Порода – минеральное образование, не являющееся объектом извлечения полезных компонентов при разработке месторождений подземным способом («пустая» порода).

Добытая рудная масса – объем выданного на поверхность полезного ископаемого вместе с разубоживающими породами.

Горная масса – полезное ископаемое и порода, получаемые в результате разработки месторождения как в смешанном виде, так и раздельно.

Полезное ископаемое добытое – полезное ископаемое, выданное из рудника на поверхность (без учета разубоживающих пород или некондиционных руд).

Разубоживание – потери качества полезного ископаемого в процессе добычи. Выражается в снижении содержания полезного компонента в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием его в массиве (балансовых запасах) вследствие примешивания к нему пустых пород или некондиционного полезного ископаемого.

Разубоживающие породы – вмещающие породы (налегающие, подстилающие – каменная соль, глина и т. п.) или включения пород, не содержащие полезного компонента в залежах полезного ископаемого или содержащие его в незначительном количестве и не включенные в подсчет балансовых запасов.

Балансовые запасы – запасы, состоящие на балансе недропользователя. Как правило, балансовые запасы удовлетворяют условиям, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах, и их использование экономически целесообразно.

Промышленные запасы – та часть балансовых запасов, которая может быть выдана на поверхность при разработке месторождения. Они равны балансовым за вычетом потерь.

Кондиции на минеральное сырье – совокупность экономически обоснованных требований к качеству и количеству по-

лезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям разработки месторождения. *Кондиции* разрабатываются для определения промышленной ценности месторождений и подсчета в них запасов полезных ископаемых.

Забалансовые запасы – запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно, вследствие малого количества, малой мощности залежей, низкого содержания полезного компонента, особой сложности условий эксплуатации, необходимости применения очень сложных процессов переработки, но которые в дальнейшем могут явиться объектом промышленного освоения.

Потери полезного ископаемого – часть балансовых запасов, оставшаяся при отработке месторождения неизвлеченной из недр, а также оставленная в местах складирования, погрузки и на транспортных путях горного производства.

Потери эксплуатационные – потери, происходящие непосредственно в процессе ведения очистных работ (за вычетом потерь в общешахтных целиках).

Очистные работы – это комплекс процессов и операций, производимых в очистных выработках с целью извлечения полезного ископаемого.

Валовая выемка пласта – способ добычи полезного ископаемого без разделения на слои.

Селективная выемка пласта – способ раздельной добычи слоев полезного ископаемого и пустых пород.

2. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Общие вопросы разработки месторождений

Стадии разработки месторождений

Полезные ископаемые залегают глубоко под землей и поэтому, чтобы приступить к их добыче, необходимо осуществить комплекс работ, который осуществляется в следующие 3 этапа:

I. Вскрытие шахтного поля – обеспечение доступа к месторождению с поверхности с целью создания условия для подготовки и отработки его запасов. Оно осуществляется путем проведения вскрывающих выработок, которые делятся на *главные* и *вспомогательные*. К *главным* относят выработки, имеющие непосредственный выход на земную поверхность (стволы, скважины, штольни), *вспомогательные* выработки такого выхода не имеют (квершлагги, гезенки, скаты и др.).

II. Подготовка шахтного поля – определенный порядок проведения подготовительных выработок, после вскрытия шахтного поля, обеспечивающий ведение очистных работ.

III. Очистная выемка – комплекс работ по извлечению (добыче) полезного ископаемого из очистных забоев.

Совокупность работ по вскрытию, подготовке и очистной выемке называется *разработкой месторождений полезных ископаемых*. При разработке месторождений должны быть обеспечены требования, предусмотренные законодательством Республики Беларусь.

Часть месторождения, отведенная для разработки одной шахтой, называется *шахтным полем*.

Шахтное поле имеет границы по падению (нижняя), восстанию (верхняя) и простиранию (боковые границы).

Размеры шахтных полей колеблются в больших пределах: по простиранию – 3–10 км, а на крупных строящихся шахтах – до 20 км, по падению – 4–5 км, для условий пологого падения пластов, и до 1,5–2 км, для крутого.

На чертежах и маркшейдерских планах шахтные поля со всеми расположенными в них выработками изображаются при пологом и наклонном залегании пластов как проекции на горизонтальную плоскость, а при крутом – на вертикальную плоскость. Из этого следует, что длина наклонных выработок на планах оказывается уменьшенной, а горизонтальные выработки имеют неискаженную длину. Дается также разрез шахтных полей вкрест простирания пород, где пласты изображаются с соблюдением истинного угла падения.

Часть недр, предоставляемая шахте для промышленной разработки содержащихся в ней угольных залежей, называется *горным отводом*. На планах горный отвод изображается в виде *проекции границ шахтного поля на земную поверхность*.

На маркшейдерские планы наносят также *изогипсы* пласта – линии равных высотных отметок. Они представляют собой линии пересечения почвы или кровли пласта с мысленно проводимыми горизонтальными плоскостями на одинаковом расстоянии одна от другой. Расстояние между плоскостями, а, следовательно, и между изогипсами, по вертикали зависит от угла падения, сложности форм залегания пласта и принятого масштаба. По изогипсам обычно проводят нижнюю и верхнюю технические границы шахтного поля.

3. ВСКРЫТИЕ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

3.1. Общие вопросы вскрытия месторождений

Способ вскрытия – это качественная характеристика шахты, отражающая особенности вида и взаимного расположения главных и вспомогательных вскрывающих выработок, проводимых в период эксплуатации горного предприятия для создания доступа к месторождению или его части с поверхности земли.

Схема вскрытия – это графическое изображение способа вскрытия. Она представляется в виде проекции горных выработок на вертикальную, горизонтальную (или наклонную) плоскости.

К способам вскрытия месторождений предъявляются следующие требования:

- наличие не менее двух отдельных выходов на поверхность, приспособленных для передвижения (перевозки) людей;
- планомерная разработка шахтного поля в течение всего срока службы шахты и обеспечение стабильной проектной мощности;
- высокая производительность труда при минимальной себестоимости;
- минимальный объем вскрывающих горных выработок;
- минимальные первоначальные капитальные затраты на вскрытие и строительство шахты;
- возможно больший срок существования горизонта или этажа (10–15 лет при разработке пологих и наклонных пластов и не менее 10 лет при разработке крутых пластов);
- надежное проветривание шахты и выемочных полей;
- максимальное извлечение полезного ископаемого.

К числу основных *геологических факторов*, оказывающих влияние на выбор способа вскрытия, относятся:

- мощность и угол падения пластов;
- число рабочих пластов в шахтном поле и расстояние между ними;

- глубина залегания пластов от поверхности и ее рельеф;
- мощность наносов и их водонасыщенность;
- нарушенность месторождения и газоносность пластов;
- физико-механические свойства вмещающих пород.

К числу основных *горнотехнических* и *экономических факторов*, оказывающих влияние на выбор способа вскрытия, относятся:

- форма и размеры шахтного поля;
- производственная мощность и срок службы шахты;
- способ подготовки, система разработки и схема вентиляции;
- уровень развития горнодобывающей техники.

Учет влияния перечисленных факторов должен быть комплексным.

К *главным вскрывающим* выработкам относятся те из них, которые имеют выход на земную поверхность (вертикальные и наклонные стволы, штольни), к *вспомогательным вскрывающим* – выработки, не имеющие выхода на поверхность: квершлагги, гезенки, скаты, слепые стволы или сочетания из различных выработок.

В зависимости от того, какую часть шахтного поля обслуживают вспомогательные вскрывающие выработки, они подразделяются на капитальные, панельные, погоризонтные и этажные. Если гезенк или квершлагг обслуживает все шахтное поле и, следовательно, срок его службы равен сроку службы шахты, его называют *капитальным*, независимо от способа подготовки шахтного поля. Если квершлагг обслуживает одну или две смежные панели, он называется *панельным*. Аналогично *погоризонтными* и *этажными* будут называться квершлагги или другие выработки, обслуживающие, соответственно, горизонт и этаж.

По виду применяемых для вскрытия главных вскрывающих выработок различают следующие *способы вскрытия*:

- стволами (вертикальными или наклонными);
- штольнями;
- комбинированные способы вскрытия, при которых применяют разнотипные главные вскрывающие выработки, например, вертикальные и наклонные стволы, стволы и штольни.

По количеству транспортных (подъемных) горизонтов способы вскрытия шахтных полей делятся на одногоризонтные и многогоризонтные. При *одногогоризонтных способах* запасы шахтного поля отрабатываются на один транспортный горизонт, время службы которого соответствует сроку службы шахты. *Многогоризонтные способы* вскрытия предусматривают наличие двух и более транспортных горизонтов.

По количеству вскрываемых пластов различают вскрытие пласта и свиты пластов, а по углу падения – вскрытие горизонтальных, пологих и крутых пластов. Наклонные пласты занимают промежуточное положение между пологими и крутыми. При угле падения до 35° их вскрывают как пологие, а при углах падения более 35° – как крутые.

Наиболее универсальным и распространенным является вскрытие вертикальными стволами, которое применяют независимо от числа рабочих пластов в шахтном поле, мощности и угла падения этих пластов, мощности наносов и глубины залегания пластов, производственной мощности шахты и других факторов.

3.2. Вскрытие вертикальными стволами.

Расположение стволов в шахтном поле и выбор места их заложения

Переходу на вскрытие вертикальными стволами способствовали следующие прогрессивные технические решения, используемые при проектировании новых и реконструкции действующих шахт:

- индустриальный метод крепления вертикальных стволов монолитным бетоном, при котором резко снижается трудоемкость работ и стоимость поддержания стволов;

- сооружение многоканатных подъемных установок, способных выдавать уголь с больших глубин (1500 м и более);

- деление шахтных полей, представленных газоносными пластами, на блоки с независимым (секционным) их проветриванием.

Наиболее рационально в экономическом и техническом отношении *расположение главного ствола* (рис. 3.1) приблизительно в центре шахтного поля, при котором оно делится по падению на два примерно равных горизонта, т. е. размеры бремсбергового и уклонного полей примерно равны и имеют длину 1000–1200 м. Если же шахтное поле по падению делят на три и более горизонтов, то стволы первоначально проходят до первого горизонта.

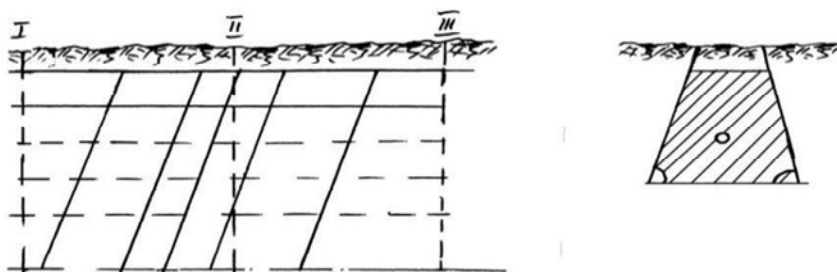


Рис. 3.1. Возможные варианты расположения главного ствола:
 I – в висячем боку свиты; II – внутри свиты;
 III – в лежащем боку свиты

Проходить главный ствол у нижней границы шахтного поля нецелесообразно по следующим причинам:

- максимальная глубина стволов, а, следовательно, и наибольшие первоначальные капитальные затраты при строительстве шахты;
- более длительные сроки строительства предприятия;
- дополнительные расходы на подъем и водоотлив по вертикальному стволу.

Проходить главный ствол у верхней границы шахтного поля нецелесообразно по следующим причинам:

- при размерах шахтного поля по падению более 1200 м ходки, оборудованные подъемом для вспомогательного транспорта и для спуска-подъема людей, придется проводить ступенчатыми;

– необходимо будет иметь более двух подъемных установок и передавать груз с одного ходка на другой, что еще более усложнит работу подземного транспорта и сделает его более дорогим;

– увеличатся затраты на поддержание уклонов и ходков;

– ухудшаются условия проветривания очистных и подготовительных забоев вследствие большой длины выработок, по которым должен пройти воздух до выхода на поверхность, а также в результате его утечек через сбойки и другие выработки.

По отношению к простиранию главный ствол должен располагаться на линии, делящей шахтное поле по простиранию на две примерно равные части. Проведение главного ствола с отклонением от средней линии на 5–8 % существенно не повлияет на суммарные расходы на транспорт грузов и поддержание выработок.

Располагать *главный ствол у одной из границ шахтного поля по простиранию* нецелесообразно потому, что оно будет однокрылым. При этом значительно снизится концентрация горных работ, увеличится объем работ на подземном транспорте и возрастут расходы на поддержание горизонтальных выработок.

Рациональным местом заложения главного ствола является область в виде прямоугольника со сторонами $0,1S$ и $0,15H$, где S – размер шахтного поля по простиранию, а H – по падению.

На выбор места заложения *главного ствола вкрест простирания пород* оказывают влияние следующие основные факторы:

– затраты на транспортирование полезного ископаемого к стволу и на проветривание горных выработок;

– потери полезного ископаемого в охранных целиках;

– рельеф и застроенность земной поверхности и т. д.

Главный ствол нецелесообразно закладывать в висячем боку свиты потому, что даже при отработке запасов первых этажей и оставления охранных целиков больших размеров стволы при этом попадут в зону влияния очистных работ и получат опасные деформации.

При расположении стволов в лежащем боку свиты требуется проводить более длинные этажные квершлагги, в резуль-

тате чего затраты на их проведение и на транспортирование угля по ним больше, чем при расположении стволов внутри свиты. Однако при этом отсутствуют потери полезного ископаемого в целиках, оставляемых для охраны стволов и квершлаггов, а сами стволы не подвергаются деформации под влиянием очистных работ.

При вскрытии мощных крутых пластов стволы закладываются в лежачем боку свиты потому, что потери полезного ископаемого в охранных целиках достигают при этом весьма значительных размеров, а влияние подработки сказывается исключительно сильно.

Сущность выбора наиболее выгодного места заложения главного ствола *вкрест простирания пород* методом Л. Д. Шевякова – Р. А. Селецкого заключается в определении такого места его заложения, в котором суммарная работа транспорта по квершлаггам является наименьшей. Метод сводится к решению 2-х неравенств (неравенства Л. Д. Шевякова – Р. А. Селецкого), представленных на рис. 3.2.

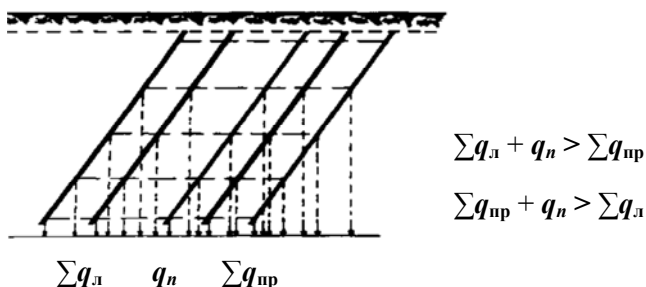


Рис. 3.2. Схема к определению места заложения главного ствола, где:
 $\sum q_{\text{пр}}$ – сумма грузов, расположенных правее пункта своза всех грузов;
 q_n – груз в точке n, которая является пунктом своза грузов;
 $\sum q_{\text{л}}$ – сумма грузов, расположенных левее пункта своза всех грузов

Правило выбора наиболее выгодного места заложения главного ствола по неравенствам Л. Д. Шевякова – Р. А. Селецкого формулируется следующим образом: если существует

груз q_n , расположенный в точке n , который, будучи прибавлен к грузам, расположенным от него слева, дает сумму, большую суммы правых грузов, а будучи прибавлен к сумме грузов, дает сумму, большую суммы левых грузов, то оптимальный пункт своза грузов совпадает с точкой n .

Сущность графического метода определения выгоднейшего места заложения главного ствола вкрест простирания (рис. 3.3) заключается в том, что все грузы выражаются соответствующими векторами в масштабе, которые затем суммируются в последовательности расположения их слева направо или наоборот. Полученная сумма векторов делится пополам. Тот вектор, на который приходится точка деления, является грузом q_n , определяющим наиболее выгодное место заложения главного ствола.

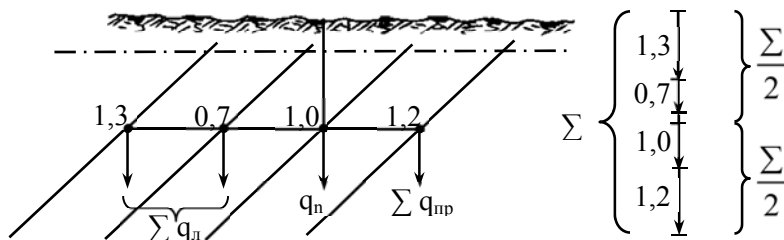


Рис. 3.3. Определение места заложения главного ствола графическим методом

При вскрытии месторождений неправильной формы для нахождения наиболее выгодного места расположения главного ствола шахтное поле делится на участки, представленные геометрическими фигурами правильной формы. Центры приложения грузов соответствующих запасов проектируются на оси координат. Затем по неравенствам Л. Д. Шевякова – Р. А. Селецкого находят положение груза q_n на каждой оси. Координаты точки пересечения этого груза и определяют наиболее выгодное место расположения ствола (рис. 3.4).

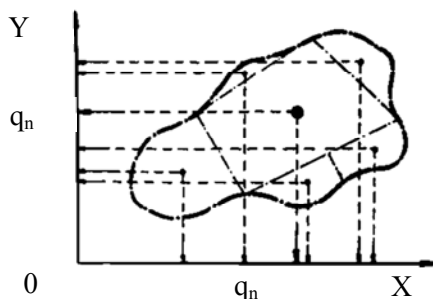


Рис. 3.4. Схема к определению места заложения главного ствола при вскрытии месторождений неправильной формы

В практике проектирования для выбора наивыгоднейшего места заложения главного ствола чаще всего пользуются комбинированным методом, сочетанием методов: аналитического и вариантов. При этом конкурирующие площадки выбираются в окрестности точки, найденной аналитическим методом.

Рельеф местности и расположение населенных пунктов при выборе места заложения главного ствола должны отвечать следующим требованиям:

- незатопляемость при паводках;
- удобный и надежный сток воды;
- минимальный объем земляных работ при планировке промплощадки;
- минимальный снос зданий и сооружений;
- недосыгаемость для горных и снежных обвалов.

Варианты расположения вспомогательного ствола по отношению к главному: центральное, центрально-отнесенное, фланговое (диагональное), комбинированное и секционное.

Достоинства центрального расположения стволов:

- единая компактная поверхность;
- минимальные потери угля в охранных целиках;
- быстрое соединение (сбойка) стволов;
- простая схема проветривания уклонного поля;
- возможность использования вспомогательного ствола для выдачи угля.

Недостатки центрального расположения стволов:

- большие капитальные затраты на проходку стволов;
- сложная и ненадежная схема проветривания бремсберговой части шахтного поля.

Достоинства центрально-отнесенного расположения:

- незначительные затраты на прохождение вспомогательного (вентиляционного) ствола;
- простая схема проветривания бремсберговой части шахтного поля.

Недостатки центрально-отнесенного расположения:

- необходимость поддержания в течение всего срока службы шахты в выработанном пространстве бремсбергового поля длинной вентиляционной выработки;
- рассредоточение шахтной поверхности;
- большие потери угля в охранных целиках;
- невозможность использования вспомогательного ствола для спуска-подъема грузов.

Достоинства флангового (диагонального) расположения:

- простая схема проветривания;
- стабильность депрессии.

Недостатки флангового расположения:

- необходимость проведения вентиляционных штреков на всю длину шахтного поля до ввода шахты в эксплуатацию;
- необходимость поддержания в выработанном пространстве 2-х наклонных вентиляционных выработок значительной протяженности в течение всего срока службы шахты;
- разбросанность поверхностного комплекса шахты;
- большие потери в охранных целиках;
- невозможность использования вспомогательных (вентиляционных) стволов для спуска-подъема грузов.

При строительстве современных крупных шахт, как правило, применяется комбинированное и секционное расположение стволов.

3.3. Вскрытие наклонными стволами

Сущность вскрытия одиночного пологого пласта наклонными стволами заключается в том, что с поверхности до нижней границы 1-го этажа по падению пласта примерно в центре шахтного поля проводятся стволы – главный и вспомогательные. На уровне границ кондиционного угля в обе стороны от стволов проводятся этажные вентиляционные штреки, а у нижней границы этажа – этажные откаточные штреки. В зависимости от принятого порядка отработки этажа с откаточного до вентиляционного штрека проводятся разрезные печи. При отработке этажа прямым ходом для проведения разрезных печей штреки достаточно пройти на длину 40–50 м от стволов, при отработке этажа обратным ходом они должны быть пройдены до границ шахтного поля. По мере отработки запасов 1-го этажа заблаговременно подготавливаются к отработке запасы 2-го этажа, для чего стволы углубляются до горизонта откаточного штрека 2-го этажа. Откаточный штрек выше расположенного этажа используется при этом в качестве вентиляционного для нижележащего и т. д.

Главный наклонный ствол предназначен для подъема полезного ископаемого и, как правило, оборудуется ленточными конвейерами. Вспомогательные стволы используются для подъема породы из шахты, спуска-подъема людей, материалов, оборудования и вентиляции. Они оборудуются одноконцевым подъемом, ленточными конвейерами и специальными пассажирскими вагонетками для перевозки людей.

Для перевозки людей по наклонным стволам допускается применение ленточных конвейеров, однако они должны быть оборудованы при этом соответствующим образом.

По главному наклонному стволу подавать свежую струю воздуха запрещается по причине предотвращения поступления в шахту угольной пыли, сдуваемой с ленты воздухом. Поэтому чаще всего его используют для отвода отработанной (исходящей) струи воздуха или же его делают нейтральным в вентиляционном отношении.

В настоящее время преобладает тенденция закладки наклонных стволов в пустых породах потому, что при этом улучшаются условия их поддержания в процессе эксплуатации, снижаются потери угля в околоствольных целиках и исключается опасность их самовозгорания. Положительное влияние этих факторов полностью компенсирует увеличение трудоемкости при проходке стволов по пустым породам.

Достоинствами схемы вскрытия горизонтального пласта наклонными стволами являются:

- наиболее полно используется основное преимущество наклонного ствола, оборудованного конвейерами: полная конвейеризация шахты от забоя до погрузки при практически неограниченной пропускной способности главного ствола;

- подачу электроэнергии, материалов и откачку воды с выемочных участков возможно осуществлять по скважинам, пройденным с поверхности, что снижает нагрузку со вспомогательного наклонного ствола.

3.4. Вскрытие свиты пластов

При вскрытии *свиты пологих пластов* наклонные стволы целесообразно проходить по нижнему пласту с устойчивыми боковыми породами. Если же боковые породы нижнего пласта слабые или склонны к пучению, то стволы могут быть пройдены по одному из верхних пластов, а на нижних пластах во избежание подработки стволов под ними должны быть оставлены целики угля. На пластах, расположенных над наклонными стволами, целиков оставлять не следует, так как они будут передавать дополнительное давление на стволы.

Вскрытие свиты пологих пластов наклонными стволами, пройденными по пласту угля, и капитальными квершлагами применяется в тех случаях, когда вначале предполагалось разрабатывать только один пласт, а со временем в силу различных причин принимается решение разрабатывать соседние пласты.

Достоинства вскрытия пластов наклонными стволами:

- возможность полной конвейеризации доставки ПИ от забоя до мест погрузки его потребителям;
- большая производительность главного ствола, оборудованного конвейером для выдачи ПИ;
- сокращение срока строительства шахты и меньшие, чем при вскрытии вертикальными стволами, первоначальные капитальные затраты (упрощенный поверхностный комплекс, несложное оборудование, меньшая стоимость проведения 1 м стволов и т. д.);
- осуществляется дополнительная детальная разведка пласта и условий его залегания;
- возможность получения попутной добычи, используемой для нужд строительства, что особенно важно для малообжитых и труднодоступных районов местности;
- простота схем транспорта, вентиляции и технологии проведения стволов.

Недостатки вскрытия пластов наклонными стволами:

- большая длина наклонных выработок по сравнению с вертикальными, пройденными на ту же глубину;
- небольшая пропускная способность вспомогательных стволов при канатной откатке;
- бóльшая, чем у вертикальных стволов, стоимость поддержания и обслуживания;
- большое сопротивление наклонных стволов движению воздуха и значительные утечки его между главным и вспомогательными стволами.

3.5. Вскрытие штольнями

Вскрытие шахтных полей штольнями является одним из самых экономичных и простых, поэтому рекомендуется к применению во всех случаях, когда для этого имеются необходимые предпосылки.

Сущность вскрытия пологих пластов штольнями состоит в том, что с уровня долины проходят капитальную штольню,

которая делит шахтное поле на две части: бремсберговую и уклонную. *Бремсберговая* расположена выше штольнего горизонта, *уклонная* – ниже. Дальнейшее развитие горных работ зависит от угла падения пластов и принятой подготовки шахтного поля. Кроме откаточной капитальной штольни проходится также вентиляционная на отметках более высоких, чем откаточный горизонт.

При крутых пластах, кроме капитальной и вентиляционной штолен, в качестве дополнительных вскрывающих выработок используются гезенки и этажные квершлагги (для вскрытия пластов, расположенных выше штольнего горизонта) или слепые стволы и этажные квершлагги (для вскрытия пластов, расположенных ниже него).

При выборе места расположения штольни необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- устье штольни должно располагаться выше максимально возможного уровня ливневых и паводковых вод во избежание подтопления шахты;

- около устья штольни должна быть промышленная площадка, достаточная для размещения технических зданий и сооружений;

- штольню следует проводить на такой высотной отметке, чтобы возможно большая часть запасов месторождения находилась выше откаточного горизонта и могла быть отработана без подъема и механического водоотлива.

Для обеспечения стока воды штольни должны проводиться с подъемом 0,001. При больших притоках воды проходится специальная дренажная штольня, на 5–7 м ниже уровня капитальной.

Достоинства вскрытия штольнями:

- простое оборудование поверхности;
- отсутствие необходимости подъема ПИ на поверхность и механических средств для водоотлива во время отработки запасов выше уровня штольни;

- высокие технико-экономические показатели.

Недостатки вскрытия штольнями:

– сложность строительства поверхностного комплекса в гористой местности;

– необходимость закладки ступенчатых уклонов при размерах шахтного поля по падению более 2500–3000 м;

– необходимость сооружения и эксплуатации слепых стволов при разработке пластов крутого падения.

Область применения вскрытия штольнями – пласты, залегающие в районе с сильно пересеченной гористой местностью, когда вскрытие их вертикальными или наклонными стволами технически невозможно или экономически нецелесообразно.

3.6. Комбинированное вскрытие

К комбинированным относятся способы, представленные комбинацией главных или вспомогательных вскрывающих выработок. Их применение вызвано сложностью условий залегания угольных месторождений: изменяющимися углами падения пластов, наличием сбросов, надвигов и других крупных геологических нарушений.

Наибольшее распространение получили в настоящее время способы вскрытия с главными наклонными и вспомогательными вертикальными стволами, т. к. в такой комбинации наиболее полно используются главные преимущества этих стволов. Обратная комбинация (главный вертикальный ствол и наклонный вспомогательный) используется редко, т. к. при этом не в полной мере используются достоинства этих стволов.

Область применения комбинированного вскрытия свиты пластов главным наклонным, вспомогательным вертикальным стволами и этажными гезенками – $H \leq 2500$ м, наличие двух сближенных пластов, $\alpha \leq 18\text{--}20^\circ$.

Область применения рассматриваемого способа – пласты с переменным углом падения. Крутая часть вскрывается этажными квершлагами, нижний из которых превратился в капитальный и предназначен для отработки пологой части месторождения.

4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

4.1. Требования, предъявляемые к системам разработки

Системой разработки месторождения называется установленный для данных геологических условий залегания пласта и принятых средств механизации выемки угля, определенный порядок ведения подготовительных и очистных работ в пределах этажа, горизонта или панели, увязанный в пространстве и времени.

Это определение, будучи достаточно обширным, подчеркивает неразрывную связь системы разработки с геологическими условиями разработки пластов, технологией и механизацией их отработки.

К любой системе разработки предъявляются следующие *требования*:

- безопасность ведения работ, охрана недр и окружающей среды;
- экономичность разработки;
- экономически обоснованный уровень потерь полезного ископаемого;
- обеспечение высокой и *устойчивой* нагрузки на очистной забой.

Первое требование является *безусловным*. Это значит, что ни одна из существующих и вновь разрабатываемых систем разработки, не отвечающая требованиям безопасности (ПБ), законодательства по охране недр и окружающей среды, не может использоваться на практике, как бы хороша она не была в других отношениях.

Экономичность системы разработки обеспечивается минимально возможными затратами на ее реализацию, т. е. она тесно связана с себестоимостью добываемого угля, которая, в свою очередь, зависит от производительности труда, механизации, автоматизации производственных процессов и научной организации труда.

Третье требование предусматривает сохранность природных богатств, которые, как известно, не восстанавливаются и при неправильной разработке могут быть утрачены безвозвратно. Однако это не означает, что мы должны вообще не иметь каких-либо потерь или стремить их к нулю. Потери должны быть экономически обоснованными. В практике разработки угольных месторождений встречаются системы разработки с уровнем потерь 50–60 % (более половины запасов теряется) и, тем не менее, они считаются приемлемыми.

На рис. 4.1 показан теоретический график изменения расходов на добычу 1 т запасов, в зависимости от изменения потерь полезного ископаемого, который описывается параболической зависимостью, характеризующейся наличием оптимума. Экономически обоснованными будут потери, при которых затраты на извлечение запасов будут минимальными (находиться в области, в которой затраты изменяются в пределах точности расчетов).

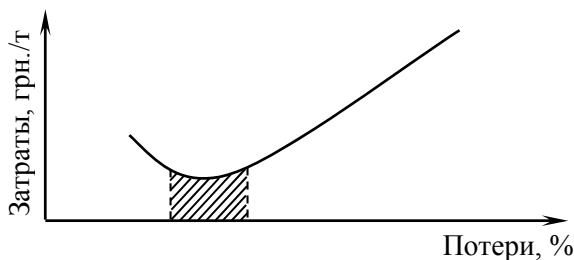


Рис. 4.1. Зависимость изменения затрат на извлечение полезного ископаемого от их потерь

Высокую и устойчивую нагрузку на очистной забой можно обеспечить путем:

- отделения очистных работ от подготовительных во времени и пространстве (исключения взаимного влияния друг на друга);
- обеспечения автономности работы очистных забоев по условиям транспорта и проветривания;

- создания условий для высокой надежности комплексов и агрегатов;
- обеспечения независимой работы очистных забоев от выделения метана в пределах выемочного участка.

4.2. Способы подготовки шахтных полей и предъявляемые к ним требования

Подготовка запасов шахтного поля производится по определенной системе, создающей необходимые условия для их отработки с высокой эффективностью. При этом под подготовкой шахтного поля понимается определенный порядок проведения подготовительных выработок в пространстве и во времени. Различают 4 способа подготовки шахтных полей:

- погоризонтная;
- панельная;
- этажная;
- комбинированная.

В период строительства шахты подготовка запасов к нарезке полей производится лишь в объемах, предусмотренных проектом для сдачи шахты в эксплуатацию.

Подготовка всех остальных запасов и постоянное их возобновление взамен выработанных (*воспроизводство очистного фронта*) производится в течение всего срока функционирования действующей шахты.

Чтобы обеспечить эффективное воспроизводство фронта очистных работ способы подготовки должны удовлетворять определенным требованиям. В частности, в любой момент времени, действующая шахта должна иметь:

- *готовые к выемке запасы* (для разработки которых пройдены все без исключения подготовительные и нарезные выработки) – не менее, чем на 3 месяца работы;
- *подготовленные запасы* (для разработки которых проведены основные подготовительные выработки) – не менее, чем на полугодовую работу;

– *вскрытые запасы* (к которым обеспечен доступ с поверхности земли через капитальные выработки: стволы, штольни, этажные, погоризонтные или капитальные квершлагги) – не менее, чем на год работы шахты.

Превышение этих минимальных норм способствует устойчивой работе шахты. Однако заблаговременное проведение большего объема выработок может привести к неоправданно большим затратам на их поддержание. Отсюда видно, что выбор целесообразной системы подготовки шахтного поля для конкретных условий является оптимизационной многовариантной задачей, которая решается с учетом большого числа факторов.

4.3. Деление шахтных полей на части

Для правильной и последовательной отработки шахтные поля, как правило, делят на более мелкие части: горизонты, крылья, этажи, панели, ярусы, столбы, выемочные поля, блоки и др. (рис. 4.2).

Горизонтом называется часть шахтного поля, образованная делением его по падению горизонтальными плоскостями. Размеры горизонта обычно не превышают 1000–1200 м; в перспективе, особенно при так называемой погоризонтной подготовке шахтного поля, они будут увеличены до 3000 м. Границей между горизонтами является главный откаточный штрек. Проектная мощность шахты должна обеспечиваться, как правило, работой на одном горизонте.

Срок службы горизонта для шахт, разрабатывающих пологие и наклонные пласты, должен составлять не менее 10–15 лет, а для шахт, разрабатывающих крутонаклонные и крутые пласты – не менее 10 лет.

Крылом называют часть шахтного поля, расположенную по одну сторону от шахтного ствола или каких-либо других капитальных вскрывающих выработок. Крылья обычно обозначаются частями света: западное, восточное, южное и т. д. Как исключение, при сложном рельефе местности, бывают однокрылые (односторонние) шахтные поля.

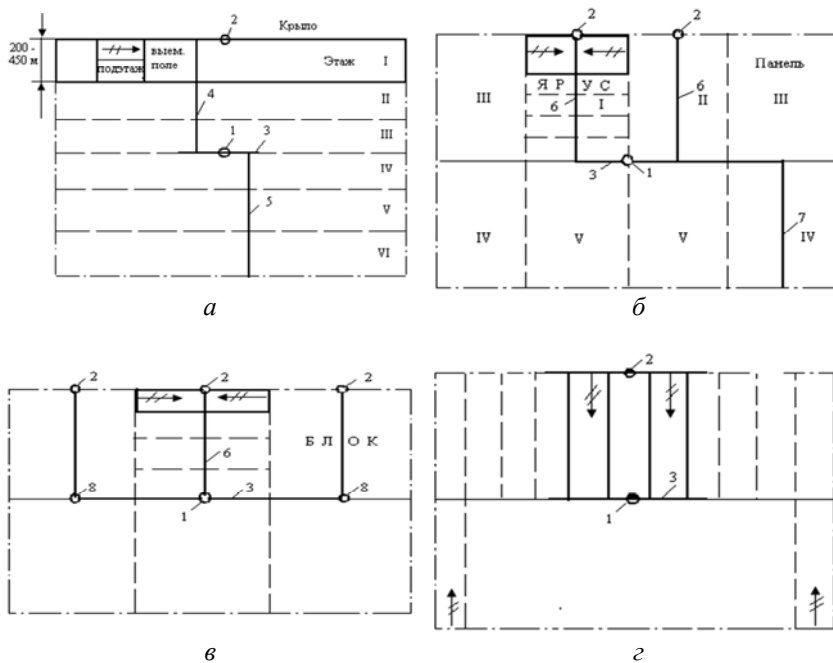


Рис. 4.2. Деление шахтных полей на части:

а – на этажи; *б* – на панели; *в* – на блоки;

г – на столбы, вытянутые по падению (восстанию);

1 – главный ствол; *2* – вентиляционный ствол; *3* – главный откаточный штрек; *4* – капитальный бремсберг; *5* – капитальный уклон;

б – панельный бремсберг; *7* – панельный уклон;

8 – воздухопадающий ствол

Часть шахтного поля, расположенную выше главного откаточного штрека, называют *полем по восстанию*, а расположенную ниже – *полем по падению*. Так как каждое из них обслуживается соответствующими бремсбергами и уклонами, то их также называют *бремсберговыми* и *уклонными полями*.

Обработку уклонами предусматривают при разработке последнего горизонта при длине уклона не более 1000–1200 м. Этот размер определяется возможностями существующих средств транспорта полезного ископаемого.

Этажом называют часть пласта в пределах шахтного поля или горизонта, вытянутую по простиранию и ограниченную по восстанию и падению этажными штреками (откаточным и вентиляционным), а по простиранию – границами шахтного поля. Все этажи в пределах горизонта обслуживаются одним бремсбергом или уклоном, называемым *капитальным*. Этажи, в свою очередь, могут делиться на более мелкие части: выемочные поля и подэтажи.

Часть этажа, обслуживаемая промежуточным бремсбергом, пройденным в пределах этажа, называется *выемочным полем*. Выемочные поля, как и шахтные, могут быть однокрылькими и двукрылькими (односторонними и двусторонними). Двусторонние технически более целесообразны и экономически более выгодны. По падению этаж делится на 2–3 подэтажа, а выемочное поле – на *выемочные столбы* или *участки*. Размер этажа по падению при разработке пологих и наклонных пластов составляет 200–600 м, крутонаклонных – 145–155 м, крутых – 125–135 м.

Деление шахтных полей на этажи применяют при разработке пластов с углами падения более 18° .

Панелью называется часть пласта в пределах шахтного поля или горизонта, ограниченная по восстанию и падению главными штреками, либо с одной стороны границами шахтного поля, а по простиранию – границами соседних панелей, либо границей панели с одной стороны и границей шахтного поля – с другой, и обслуживаемая собственной транспортной выработкой – *панельным бремсбергом (уклоном)*.

Если бремсберг (уклон) проводится посередине панели, то панель называется *двусторонней (двукрылой)*, а если у одной из границ панели – *односторонней (однокрылой)*. При двукрылых панелях вдвое увеличивается число лав, поэтому они более выгодны как с технической, так и с экономической точек зрения.

Размер панели по простиранию составляет 1500–2000 м, при оборудовании лав индивидуальными крепями, и 2500–

3000 м, при оборудовании лав комплексами на базе гидрофицированных крепей, а по падению – 800–1200 м (реже 1500).

По падению панель делят на более мелкие части, вытянутые по простиранию – ярусы.

Ярус – это часть панели, ограниченная выемочными штреками (конвейерным или вентиляционным).

На одном пласте одновременно отрабатывают не более 4-х панелей, а в пределах панели располагают до 4-х лав. По сравнению с этажами, при делении шахтных полей на панели технически более просто увеличить нагрузку на пласт. Большая концентрация работ позволяет снизить себестоимость 1 тонны угля. Наряду с этим при делении шахтного поля на панели создаются благоприятные условия для применения прогрессивного конвейерного транспорта от забоя до главного откаточного штрека, а также для отработки ярусов обратным ходом.

Деление шахтных полей на панели применяется во всех случаях разработки горизонтальных и слабо пологих пластов (до 5°), а также пластов с $\alpha = 13\text{--}18^\circ$, когда с одного или ограниченного числа пластов необходимо обеспечить большую добычу угля.

При разработке пластов с углом наклона до 18° , шахтное поле делится *на столбы*, вытянутые по падению или восстанию, длиной 1000–1200 м, в пределах которых располагают 1 или 2 лавы, забои которых расположены по простиранию, а перемещаются они по падению или восстанию.

Деление горизонта на выемочные столбы по падению (восстанию) обусловлено расширением объема применения механизированных комплексов, для которых необходимо иметь стабильную длину лавы, а также увеличением газоносности пластов при переходе горных работ на большую глубину.

Такой способ подготовки шахтного поля называется *погоризонтным*. Он позволяет снизить капитальные затраты на подготовку новых горизонтов в 1,3–1,5 раза и расширить область применения механизированных комплексов, в результате чего себестоимость 1 тонны угля снижается, а нагрузка на

лаву увеличивается на 8–14 %. При этом упрощается также схема шахтного транспорта.

Блок – это часть шахтного поля, имеющая самостоятельную сеть вентиляционных выработок, обеспечивающих независимое (секционное) проветривание очистных и подготовительных забоев, и ограниченная по падению и восстанию нижней и верхней границами шахтного поля или горизонта, а по простиранию – границами соседних блоков или границей соседнего блока с одной стороны и границей шахтного поля – с другой.

В блок может входить одна или две смежные панели одного пласта, поэтому различают одно- и двухпанельную конструкцию блоков. При разработке свиты пластов в блок объединяют панели всех пластов шахтного поля, расположенные на одном горизонте, для чего проводится квершлаг посередине панели при однопанельной или стыке двух смежных панелей при 2-х панельной конструкции блоков. Размер блоков по простиранию достигает 2–4 км. Обособленное проветривание обеспечивается проведением в каждом блоке стволов, квершлагов и других выработок для подачи свежего воздуха и удаления отработанного. Объединяет же блоки главный откаточный штрек, предназначенный для централизованной выдачи угля к главным стволам. В пределах блока подготовка может быть любая: погоризонтная, панельная, этажная.

Шахтное поле целесообразно делить на блоки при больших размерах шахтного поля по простиранию (≥ 8 км) и при разработке свиты весьма газоносных пластов, шахтами большой производственной мощности (8–10 тыс. т в сутки и более).

4.4. Порядок отработки частей шахтного поля

Отработка отдельных частей шахтного поля осуществляется в определенной последовательности как по падению (восстанию), так и по простиранию пласта (рис. 4.3).

Бремсберговая части шахтного поля должна отрабатываться сверху-вниз или *в нисходящем порядке*, что способствует

уменьшению содержания метана на вентиляционном штреке, дренирующего из него в выше расположенное выработанное пространство, через которое уходит часть метана. *Восходящий порядок* отработки этажей допускается на таких шахтах только при соответствующем технико-экономическом обосновании и по согласованию с органами Госпромнадзора.

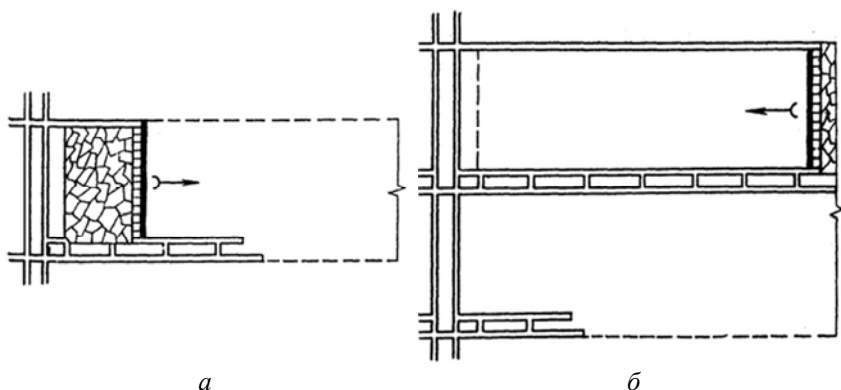


Рис. 4.3. Порядок отработки этажей и ярусов:
а – прямой порядок; *б* – обратный порядок

В уклонной части шахтного поля этажи и ярусы практически всегда отрабатываются в нисходящем порядке. При этом уклон углубляется постепенно на 1 этаж или ярус, что способствует разведке шахтного поля по падению, непрерывной откачке воды в уклоне и лучшему проветриванию выработок (поскольку метан дренируется в выработанное пространство выше отработанных этажей).

По простиранию этажи и ярусы в шахтном поле могут отрабатываться прямым или обратным порядком.

Прямым называется такой порядок, при котором этаж (ярус) отрабатывается от главного ствола или другой вскрывающей выработки к границам шахтного поля. Отработка в направлении от границ шахтного поля к стволу или другой вскрывающей выработки называется *отработкой обратным порядком*.

Достоинства прямого порядка:

– быстрый ввод очистных забоев в работу (штреки необходимо пройти всего лишь на несколько десятков метров от капитальной наклонной выработки и соединить их разрезной печью).

Недостатки прямого порядка:

– штреки находятся в зоне усиленного давления горных пород, вызванного влиянием очистных работ; в итоге затраты на их поддержание в 5–10 раз выше, чем при обратном ходе;

– взаимные помехи в работе погрузочного пункта лавы и забоя откаточного штрека и осложнение в его проветривании;

– отсутствует разведка условий залеганий пласта и геологических нарушений, что делает проблематичным использование высокопроизводительной техники – комплексов оборудования;

– большие утечки воздуха через выработанное пространство, что ухудшает условия проветривания лав и может привести к их остановке;

– просачивание воздуха вызывает опасность возникновения пожаров от самовозгорания угля.

Достоинства обратного порядка:

– улучшаются условия поддержания выработок и проветривания участка;

– уменьшаются утечки;

– отпадает необходимость в содержании большой резервной линии забоев.

Недостатки обратного порядка:

– увеличиваются первоначальные затраты и сроки строительства шахты;

– увеличиваются объемы проводимых подготовительных выработок, т. к. для обеспечения деятельного проветривания длинных тупиковых выработок необходимо проводить 2 спаренные выработки – штрек и просек, соединяя их между собой печами.

Область применения обратного порядка умеренное выделение метана.

Область применения прямого порядка:

– залегание пластов в породах, обладающих свойствами пучения;

– пласты с высокой газообильностью, склонные к внезапным выбросам угля и газа;

– полевая подготовка пластов.

Важнейшим условием к переходу на отработку обратным порядком является высокие темпы проведения подготовительных выработок (300 м/мес. и более).

Панели в шахтном поле обрабатываются комбинированным способом: в бремсберговой части шахтного поля – от центра шахтного поля к его границам (прямым порядком), а в уклонной части шахтного поля, наоборот, – от границ шахтного поля к его центру (обратным порядком).

Прямым порядком, в период строительства шахты, вводят в эксплуатацию ближайшие к стволу панели, чем обеспечиваются минимальные сроки строительства и наименьшие первоначальные капитальные затраты. Обработка же уклонных панелей обратным порядком возможна уже без дополнительных затрат, т. к. к концу работ в бремсберговом поле главный откаточный штрек будет уже полностью проведен. В такой же последовательности, как и панели, обрабатывают блоки.

Выемочные столбы в бремсберговой части шахтного поля обрабатываются *от центра шахтного поля к его границам*, т. е. прямым порядком. При ограниченном числе пластов, когда возникают трудности с размещением действующих и резервно-действующих лав, столбы могут обрабатываться одновременно *от центра и от средней части каждого крыла шахтного поля к его границам*. Фронт очистных забоев увеличивается при этом вдвое. Однако главные штреки необходимо заранее проводить на значительно большую длину.

Обработка столбов в уклонной части шахтного поля производится в той же последовательности, что и в бремсберговой, т. к. воздухоподающий вентиляционный ствол и вентиляционно-дренажный штрек сооружаются у нижней границы в средней части шахтного поля.

4.5. Классификация систем разработки

Общепринятой классификации систем разработок до настоящего времени не существует. В горнотехнической литературе достаточно подробно изложены более десятка классификаций, отличающихся друг от друга степенью детализации систем и числом классификационных признаков, положенных в их основу.

Рассмотрим классификацию систем разработки по профессору А. П. Киячкову, отличающуюся простотой, логической завершенностью и достаточной полнотой их характеристики.

В основу этой классификации положено одно основное отличие и три признака.

Отличие выделяет любую систему разработки из группы других. Оно предопределяет вид системы разработки:

– *столбовая, сплошная и комбинированная* при применении длинных очистных забоев (лав, полос);

– *камерная и камерно-столбовая* – при коротких очистных забоях.

При *столбовой системе* разработки началу ведения очистных работ предшествует полное оконтуривание запасов в пределах выемочного поля или яруса (рис. 4.4). При таком порядке ведения горных работ очистные работы должны быть отделены от подготовительных в пространстве и во времени.

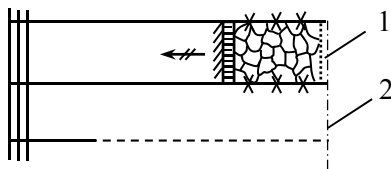


Рис. 4.4. Пример столбовой системы разработки:

1 – разрезная печь; 2 – граница яруса (панели, выемочного столба)

При *сплошной системе* разработки предварительное полное оконтуривание запасов выработками отсутствует. Прове-

дение подготовительных выработок и очистная выемка в пределах выемочного поля, участка или яруса производятся одновременно. При этом для создания благоприятных условий для погрузочных и маневровых работ забой откаточного штрека может опережать очистной забой (рис. 4.5, а) или же проводиться вслед за лавой (рис. 4.5, б).

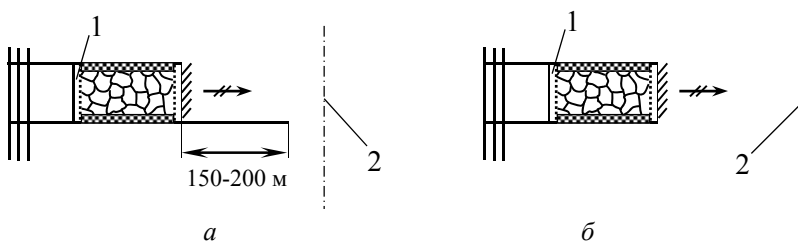


Рис. 4.5. Примеры сплошной системы разработки:

а – с опережением откаточного штрека;

б – с проведением его вслед за лавой;

1 – разрезная печь; 2 – граница яруса (этажа, выемочного столба)

Комбинированная система разработки обладает особенностями сплошной и столбовой. Для отработки выемочных полей, участков горизонта или ярусов в панели применяют одновременно или последовательно сплошную и столбовую системы разработки, или их варианты (рис. 4.6). При этом столбы в выемочном поле и горизонте или ярусы в панели отрабатывают независимо.

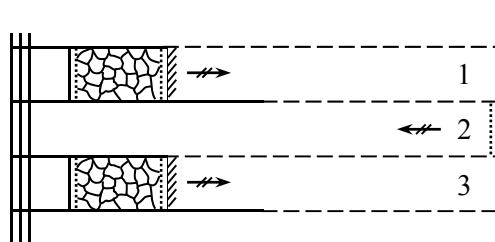


Рис. 4.6. Пример комбинированной системы разработки:

1, 2, 3 – порядок отработки ярусов в панели

Основное отличие дополняется рядом признаков, которые характеризуют не столько саму систему разработки, сколько ее варианты.

Первый признак – технология очистной выемки угля

По этому признаку системы разработки разделяются на 2 группы:

I – с длинными очистными забоями (лавами, полосами);

II – с короткими очистными забоями (камерами).

Различия между короткими и длинными очистными забоями заключается не только в их длине (короткие забои имеют длину 6–15 м) и различных средствах механизации очистных работ, но и в необходимости проведения мероприятий по управлению горным давлением в выработанном пространстве. При коротких забоях, в отличие от длинных, кровля пласта опирается на массив и целики угля, благодаря чему отпадает необходимость в управлении горным давлением (полностью или хотя бы на время выемки угля).

Системы разработки I-й группы делятся на две подгруппы:

A – с выемкой пластов на полную мощность;

B – с делением мощных пластов на слои: горизонтальные, наклонные, поперечно-наклонные и диагональные.

Второй признак – общее направление перемещения очистного забоя при выемке полезного ископаемого по отношению к элементам залегания пласта

По этому признаку выделяют системы разработки с выемкой по простиранию, падению, восстанию и вкрест простирания, которые отличаются друг от друга только направлением перемещения очистных забоев.

Третий признак – технологическая схема подготовки этажа или яруса к очистной выемке

Эти схемы могут быть самыми различными:

– с делением и без деления этажа на подэтажи;

- с полевой и пластовой подготовкой;
- с доставкой полезного ископаемого на задний, передний или двусторонний промежуточный бремсберг, квершлаг или гезенк.

Основного отличия 3-х перечисленных признаков, рассматриваемых совместно, достаточно для полной характеристики системы разработки.

Главным критерием, определяющим прогрессивность той или иной системы разработки, является ее соответствие современному уровню развития техники.

В условиях острого дефицита полезных ископаемых их необходимо было поставлять потребителям в кратчайшие сроки и с минимально возможными затратами. А это возможно только с помощью *сплошных систем разработки*, обеспечивающих быстрый ввод очистных забоев в эксплуатацию и не требующих больших первоначальных капитальных затрат. Переход на более прогрессивные *столбовые системы разработки* с большими трудностями технического характера (скорость проведения подготовительных выработок должна быть увеличена) требует весьма значительных единовременных финансовых вложений.

4.6. Факторы, влияющие на выбор системы разработки, их элементы и параметры

На выбор системы разработки, ее элементы и параметры оказывает влияние большое число горно-геологических и горнотехнических факторов. По степени их важности они располагаются приблизительно следующим образом:

- мощность разрабатываемого пласта;
- угол падения пласта;
- технология и механизация очистных и подготовительных работ;
- газообильность разрабатываемого пласта;
- свойства боковых пород;
- строение пласта, крепость и кливаж угля;

- форма месторождения, наличие и направленность геологических нарушений;
- расположение пластов в свите, их количество и расстояние между ними;
- глубина ведения горных работ;
- склонность пласта к внезапным выбросам угля и газа, горным ударам.

Из всех перечисленных факторов только *технология и механизация очистных и подготовительных работ* относятся к техническим. Они являются важнейшими и нередко решающими при выборе системы разработки. Рассмотрим более подробно направленность влияния основных из них.

Мощность пласта является одним из основных факторов при выборе системы разработки, оказывающим влияние на технологию очистной выемки, проведение подготовительных выработок, интенсивность сдвижения и обрушения вмещающих пород, способ управления горным давлением. Чем мощнее пласт, тем более интенсивно происходит сдвижение толщи пород над выработанным пространством.

Угол падения пласта также существенно влияет на выбор системы разработки. При углах падения до 12° предпочтительны системы разработки с выемкой лавами по падению, $6-8^\circ$ – по восстанию, при больших углах – по простиранию (рис. 1.6, 1.7), а при крутом залегании пластов – системы разработки с выемкой полосами по падению щитовыми агрегатами.

Технология и механизация очистных и подготовительных работ в значительной мере определяют выбор системы разработки. Так, например, переход от ручной выемки угля к технологии с применением врубовых машин и конвейерной его доставки позволил перейти на разработку пластов длинными лавами и широкому применению системы разработки «лава-этаж» вместо распространенной при коротких лавах системы с разделением этажа на подэтажи.

Создание высокопроизводительных проходческих комбайнов обеспечило повышение темпов проведения выработок и переход от сплошных систем к более эффективным столбовым.

Газообильность пласта и вмещающих пород может существенно ограничивать нагрузку на очистной забой. Чем выше нагрузка, тем большее количество воздуха необходимо подавать в лаву, однако оно ограничивается площадью поперечного сечения очистной выработки и допустимой скоростью движения воздуха – не более 4 или 6 м/с. При высокой газоносности пласта предпочтительны системы разработки с отработкой лавами по падению с таким расчетом, чтобы метан, будучи легче воздуха, «уходил» в выработанное пространство и не скапливался в рабочем пространстве очистной выработки.

Свойства боковых пород оказывают большое влияние на выбор способа выемки угля, крепления очистного забоя, управления горным давлением, охраны и расположения выемочных выработок в толще массива (полевые или пластовые, проводятся с опережением очистного забоя или вслед за ним), что предопределяет модификации как сплошных, так и столбовых и комбинированных систем разработки.

Крепость оказывают влияние на способ выемки угля и производительность выемочных машин. При наличии угля малой крепости производить выемку по восстанию опасно из-за возможности вывалов кусков угля в рабочее пространство и высокой вероятности нанесения травмы ими работающим. При достаточно высокой крепости угля направление отработки крыльев этажа или яруса желательно иметь одним и тем же, т. е. одно из них отрабатывать по принципу сплошной, а другое – столбовой системы разработки.

Геологические нарушения усложняют разработку месторождения и учитываются как при выборе системы разработки, так и средств комплексной механизации очистных работ с учетом переходимости и направленности этих нарушений. При наличии частых даже переходимых геологических нарушений применять столбовые системы разработки не рекомендуется, так как при этом применение комплексов оборудования на базе механизированных крепей может оказаться эко-

номически невыгодным (из-за низкой нагрузки на очистной забой и больших сроках окупаемости капитальных вложений).

Взаимное расположение пластов в свите влияет на очередность их выемки, особенно при разработке сближенных пластов, и на способ их подготовки (совместный или раздельный, пластовый, полевой, пластово-полевой), а они, в свою очередь, на конструкцию системы разработки.

Глубина разработки предопределяет величину горного давления, которая растет пропорционально глубине. Для снижения интенсивности проявлений горного давления на глубоких горизонтах необходимо изменять элементы системы разработки: применять бесцеликовые способы охраны примыкающих к лавам выработок, проводить их с отставанием от забоя лавы, располагать в разгруженных от горного давления зонах и др., оказывающих решающее влияние на конструкцию систем разработки. На глубоких горизонтах, особенно при наличии неустойчивых и пучащих пород и большом газовыделении, предпочтительна сплошная система разработки.

К системам разработки пластов, *склонных к внезапным выбросам угля и газа, горным ударам и суфлярным выделениям*, предъявляются повышенные требования: соблюдение прямой формы очистного забоя, обособленное проветривание забоев, непосредственно отражающиеся на конструкции и элементах системы разработки.

Из изложенного выше видно, что факторов, влияющих на выбор системы разработки, очень много. При этом необходимо иметь в виду, что некоторые из них являются взаимозависимыми и могут влиять в противоположном направлении. Поэтому каждый из факторов следует рассматривать отдельно, а их влияние необходимо учитывать совместно. Окончательный выбор системы разработки производится, как правило, путем экономического сравнения конкурентоспособных ее вариантов.

4.7. Сплошные системы разработки

Общие сведения

Система разработки, при которой очистные работы в пределах этажа, выемочного поля, столба или яруса ведутся одновременно с проведением подготовительных выработок, называется *сплошной*.

Характерными особенностями сплошных систем разработки являются:

- очистные и подготовительные работы взаимосвязаны между собой и подвигаются в одном направлении;
- выемочные выработки, обслуживаемые очистной забой, поддерживаются в выработанном пространстве и подвержены интенсивному проявлению горного давления;
- транспортирование угля по ним производится в направлении, противоположном движению очистного забоя.

Сплошные системы разработки могут применяться при любом способе подготовки шахтного поля.

Их *общими достоинствами* являются:

- быстрый ввод очистных забоев в эксплуатацию;
- небольшие первоначальные затраты на подготовку участка;
- небольшая длина или отсутствие тупиковых выработок, что очень важно для их проветривания, особенно при разработке пластов с высокой газоносностью.

К числу *общих недостатков* этих систем относятся:

- тяжелые условия поддержания выемочных выработок (в зоне временного и стационарного опорного давления), в результате чего затраты на их поддержание в 5–10 раз выше, по сравнению со столбовой системой разработки;
- отсутствие предварительной разведанности пласта подготовительными выработками;
- взаимные организационные помехи в работе очистных и подготовительных забоев;
- большие утечки воздуха через выработанное пространство и ограничение нагрузки на очистной забой по газовому фактору.

Сплошную систему разработки рекомендуется применять на тонких пластах с высоким газовыделением. Перспективы ее применения постоянно сужаются в силу изложенных выше причин, главной из которых является *более низкие технико-экономические показатели*, по сравнению со столбовой.

Важнейшей причиной, ограничивающей область ее применения, является так называемый «вентиляционный барьер», образующийся в результате добычи больших объемов угля, выделения метана не только из обнаженного массива, но и из отбитого угля и близрасположенных пластов. Вентиляционный барьер образуется и начинает интенсивно проявляться при выделении метана 15–20 м³/т.с.д., а дегазация при сплошной системе разработки, как известно, используется менее эффективно, чем при столбовой.

В настоящее время рациональной областью применения сплошной системы разработки являются тонкие пласты мощностью до 0,8–0,9 м и относительной газообильностью более 15–20 м³/т.с.д. Однако это вовсе не означает, что она не применяется в других условиях, особенно на шахтах небольшой производственной мощности.

4.8. Столбовые системы разработки

Общие сведения

Система разработки, при которой запасы в пределах этажа, выемочного поля, столба или яруса полностью оконтурены подготовительными выработками перед началом ведения очистных работ, называется *столбовой*.

Отличительными признаками столбовых систем разработки являются:

- очистные и подготовительные работы разделены в пространстве и времени;
- выемочные выработки поддерживаются в нетронутом массиве угля или в зоне установившегося горного давления и, как правило, погашаются вслед за подвиганием очистных забоев;

– направление транспортирования угля по выработкам, прилегающим к лаве, и направление движения отработанной струи воздуха по ним совпадает с направлением движения лавы.

Общими достоинствами всех столбовых систем являются:

– хорошее состояние транспортных выработок, располагаемых в массиве угля, и незначительные затраты на их поддержание;

– отсутствие взаимных помех в работе по проведению выемочных выработок и очистной выемке;

– детальная разведка пласта в период подготовки столбов об условиях его залегания и возможность принятия необходимых мер при неблагоприятном прогнозе;

– своевременное погашение выемочных выработок позволяет регулярно и полно извлекать металлическую крепь;

– отсутствуют утечки воздуха через выработанное пространство, что обеспечивает нормальное проветривание лавы и предупреждает возможность самовозгорания угля в выработанном пространстве.

Общими недостатками столбовых систем разработки являются:

– большой объем проведения подготовительных выработок до начала ведения очистных работ, что удлиняет сроки ввода их в эксплуатацию;

– сложность проветривания длинных тупиковых выработок в процессе их проведения;

– подготовительные выработки поддерживаются как в период их проведения, так и во время ведения очистных работ.

4.8.1. Система разработки длинными столбами по простиранию при панельной подготовке шахтного поля

При панельной подготовке существует несколько вариантов столбовой системы разработки, отличающихся друг от друга главным образом числом очистных забоев в пределах панели (2–4) и схемами их проветривания.

Рациональная нагрузка на панель зависит от газообильности разрабатываемых пластов и для шахт до III категории по газу находится в пределах 2500–3000 т/сут, а для сверхкатегорийных – 2200–2500 т/сут. Нагрузка на очистной забой колеблется в больших пределах – от 200 до 1000 т/сут. и более. Следовательно, варианты с двумя лавами принимают только в том случае, когда они обеспечивают рациональную нагрузку на панель. В остальных случаях в панели размещается 3–4 лавы. При этом необходимо учитывать также:

- угол падения пласта;
- схему проветривания участка, в свою очередь, зависящую от угла падения и газообильности пласта;
- схему транспорта на участке и глубину ведения горных работ, оказывающих влияние на схему вентиляции и поддержание выработок.

4.9. Камерные системы разработки

Общие сведения

Применяются следующие варианты камерной системы:

- разработка с оставлением жестких целиков;
- разработка с оставлением податливых целиков.

Технологическая схема камерной системы разработки, приведенная на рис. 4.7, дает общее представление о компановке основных узлов горных выработок и параметрах технологии применительно к конкретным горно-геологическим условиям. Эта технологическая схема предусматривает отработку пластов с применением для очистных работ комбайнов типа Урал-1ОКС, ПК-8, ПК-8МА, ПКС-8, Урал-61. Панель подготавливается тремя панельными выработками: конвейерной 1, транспортным 2 и вентиляционным 3 штреками. Очистные работы ведутся одновременно в двух-трех блоках. Для этого через каждые 180–200 м нарезаются блоковые конвейерный 1', транспортный 2', вентиляционный 3', разгружающий 4 и стар-

товый 5 штреки. Размеры камер разворота комбайнов (горловин) для засечки камер определяются паспортом, исходя из конкретных параметров очистной выемки. Для разделения свежей и исходящей струй воздуха панельный вентиляционный штрек 3 под блоковыми выработками проводится с полукроссингом 7. Последний ограждается от свежей струи вентиляционными перемычками 8 и сбивается с блоковым вентиляционным штреком 3' восстающим 9. Порода от проходки полукроссингов складировается в выработку 10, проводимую в районе панельных штреков.

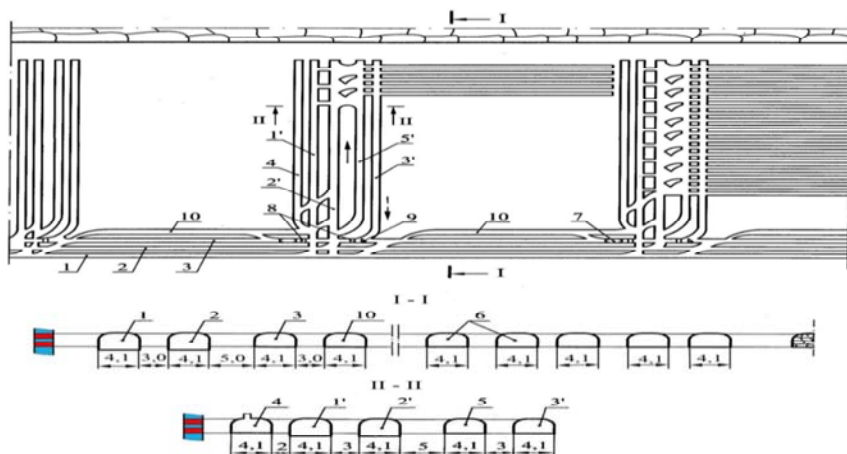


Рис. 4.7. Технологическая схема камерной системы разработки

Свежая струя воздуха поступает по панельным и блоковым конвейерным 1 и 1' и транспортным 2 и 2' штрекам, с помощью ВМП омывает очистные забои, затем через блоковый вентиляционный штрек 3', восстающий 9, полукроссинг 7 поступает на панельный вентиляционный штрек и далее к вентиляционному стволу. Подобная технологическая схема широко применяется в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» и зарекомендовала себя как оптимальная и отвечающая требованиям безопасности труда.

Параметры камерной системы разработки определяются расчетным путем, в соответствии с положениями и «Инструкции по охране и креплению горных выработок», либо принимаются на основании опытных данных.

К параметрам камерной системы разработки относятся:

- размеры очистных камер (пролет, высота, длина);
- размеры междукамерных и поддерживающих целиков;
- размеры камер разворота комбайнов;
- длина и ширина панелей, блоков.

Параметры камерной системы разработки должны обеспечивать:

- защиту рудника от прорыва подземных вод;
- безопасное состояние горных выработок в течение отведенного им срока службы;
- максимально-возможное извлечение полезного ископаемого из недр.

4.9.1. Камерная система разработки с оставлением жестких целиков

Камерная система разработки с оставлением жестких целиков предусматривает оставление в выработанном пространстве целиков высокой несущей способности, в результате чего они не разрушаются горным давлением в зоне ведения очистных работ.

Данный вариант камерной системы разработки может применяться на всех без исключения участках месторождения после проверки безопасной подработки ВЗГ над постоянными и длительно остановленными границами ведения очистных работ. Панели отрабатываются преимущественно односторонними блоками шириной 150–200 м с расположением очистных камер параллельно панельным штрекам. Не исключается применение других апробированных схем ведения горных работ.

Очистные камеры состоят из одного либо двух-трех очистных ходов, разделенных поддерживающими целиками. В за-

висимости от горно-геологических условий сечение очистных ходов может формироваться как за один, так и за несколько этапов проходки, что должно быть отражено в паспорте крепления и управления кровлей. Между очистными камерами оставляют жесткие целики, размеры которых определяются соответствующими расчетами. Разделка камер разворота для комбайна производится с опережением фронта очистных работ. Количество подготовленных камер разворота должно составлять не более пяти и не менее двух.

4.9.2. Камерная система разработки с оставлением податливых целиков

Камерная система разработки с оставлением податливых целиков шириной 1,2–2,0 м предполагает такой характер деформирования очистного хода, при котором обеспечивается его безопасное состояние в течение заданного периода времени. При отработке краевых и притектонических зон коэффициент извлечения запасов не должен превышать 0,6.

Данный вариант камерной системы разработки может применяться на участках месторождения, где имеется достаточная мощность водозащитной толщи. Запрещается в одном блоке вести очистные работы одновременно двумя комбайнами. Использование второго комбайна допускается лишь для проведения камер разворота комбайна.

Ширина податливых целиков и предельный пролет камер разворота комбайна определяются по соответствующим методам.

Пересечение очистного хода с ранее пройденной выработкой необходимо предусматривать под углом от 45° до 90°. Кровля очистного хода на участке пересечения должна быть закреплена.

4.10. Комбинированная система разработки

Сущность ее состоит в одновременной или последовательной выемке слоев пласта различными системами. При этом в первую очередь разрабатывают слой с применением столбовой системы, а затем с некоторым отставанием во времени и пространстве разрабатываются другие слои камерной системой.

Параметры комбинированной системы разработки определяются расчетным путем, либо принимаются на основании опытных данных.

К параметрам комбинированной системы разработки относятся:

- размеры целиков для охраны выемочных, бортовых и панельных штреков;
- длина лавы;
- мощность межслоевой потолочины;
- разрыв во времени в отдельно вынимаемых слоях;
- расстояние между фронтами работ в смежных блоках, отработываемых камерной системой;
- размеры междукамерных и поддерживающих целиков, размеры очистных камер (пролет, высота, длина);
- размеры камер разворота для комбайна.

При комбинированной системе разработки пласта применяется панельный способ подготовки шахтного поля. На действующих рудниках длина и ширина панелей определяется схемой вскрытия и раскройке шахтного поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Килячков, А. П. Технология горного производства : учебник для вузов / А. П. Килячков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1992. – 415 с.

2. Сапицкий, К. Ф. Задачник по подземной разработке угольных месторождений : учебное пособие для вузов / К. Ф. Сапицкий [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1981. – 311 с.

3. Михеев, О. В. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий : учебное пособие / О. В. Михеев [и др.] ; под ред. Л. А. Пучкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство МГГУ, 2001. – 487 с.

4. Фрумкин, Р. А. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых / Р. А. Фрумкин. – Ростов н/Д : ДГТУ, 2007. – 300 с.

Учебное издание

ГЕЦ Анатолий Константинович
ОНИКА Сергей Георгиевич
КОЛОГРИВКО Андрей Андреевич и др.

ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Пособие
для студентов специальности 1-51 02 01
«Разработка месторождений полезных ископаемых»

Редактор *Е. И. Бенищевич*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 26.10.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,96. Уч.-изд. л. 1,95. Тираж 100. Заказ 405.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.