Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIII, вып. 1, 1960 г.

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В КУЗБАССЕ

А. С. Стугарев

«...Что касается Прокопьевского района, то системы разработки здесь получат распространение лишь с закладкой выработанного пространства...»

Б. И. Бокий

Решениями XXI съезда КПСС по семилетнему плану на 1959—1965 гг. предусматривается дальнейшее увеличение добычи угля на 21—23%, в основном за счет развития восточных районов страны, в том числе и Кузбасса.

Запасы углей Кузбасса сосредоточены главным образом в Прокопьевско-Киселевском районе, расположенном в юго-западной части бассейна. Пласты этого района залегают в виде ряда синклинальных складок с углами наклона крыльев, как правило, 50—70° В отдельных случаях они снижаются до 40°, в других увеличиваются до 90°; в замковых частях складок углы падения пластов уменьшаются до 10° Угленосные месторождения района вскрыты большим числом действующих шахт и разведочных скважин, что позволило проследить достаточно точно месторождение района на глубинах более 1000 *м*.

Балахонская свита содержит 25 рабочих пластов угля суммарной мощностью 89 *м*, из которых 10 пластов имеют особое значение по своим запасам и распространению.

Характеристика этих пластов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Пласт	Преобладающая мощность, *м*	Преобладающий угол наклона, град.	Марка углей
Мощный	14—17,5	40—80	СС
Горелый . . .	8—8,5	40—80	$К_2$
Внутренний IV	7,5—9,4	50—80	$К_1$
Безымянный .	4,2—4,0	40—80	СС
Внутренний III	3,6—6,6	50—80	$К_1$
Лутугинский .	3,6—4,1	40—80	$К_2$
Внутренний II	3,0—3,2	40—80	$К_2$
Внутренний I .	3,6—4,0	40—80	$К_2$
Прокопьевский	2,4—4,5	40—80	$К_2$
Внутренний VI	2,5—3,6	25—55	$К_1$

Примечание. Уголь: СС — слабоспекающийся, энергетический;
$К_2$ — коксовый, отощенный;
$К_1$ — коксовый, высококачественный.

По метанообильности район можно разделить на три зоны:

первая — до глубины 50—70 *м* в связи с естественной дегазацией практически не содержит метана;

вторая — на глубине от 70 до 200 *м* с метанообильностью до 10 $м^3$ на тонну угля;

третья — ниже 200 *м*, с метанообильностью свыше 10 $м^3$ на тонну.

Как показали исследования, метанообильность пластов возрастает на каждые 100 *м* глубины на 5 $м^3$ на тонну.

В 1939 г. число шахт III категории по газу и внекатегорных составляло 9% от общего числа шахт, в 1949 г. (при углублении работ примерно на 75 *м*) оно увеличилось до 30%.

В конце 1943 г. на шахтах Кузбасса впервые произошли внезапные выбросы угля и газа (шахта № 6). В 1957 г. к опасным по внезапным выбросам угля и газа отнесены шахты: «Северная», «Центральная», № 9 и «Коксовая» II.

Угли пластов Прокопьевско-Киселевского района характеризуются склонностью к значительному пылеобразованию и самовозгоранию, что в сочетании со сложным геологическим залеганием пластов и наличием нарушений значительно осложняет условия эксплуатации. Разработка пластов этого района характеризуется значительными эксплуатационными потерями угля, которые при разработке мощных пластов с обрушением кровли достигали в отдельные периоды 40—45%. В результате осуществления ряда специальных мероприятий еще в довоенное время главным образом за счет применения систем разработки с закладкой, потери угля в шахтах комбината «Кузбассуголь» в 1940 г. снизились до 20,2%. Однако за время войны они вновь возросли и в 1948 г. составляли 26%.

Накопленный опыт и исследования показали, что большие потери угля при разработке мощных крутопадающих пластов являются одним из основных факторов, способствующих возникновению подземных пожаров. Достаточно указать на то, что из общего числа пожаров, возникших в Кузбассе до 1955 г., на долю Прокопьевско-Киселевского района приходится около 80% от всего числа пожаров по Кузбассу.

Поскольку основным путем, приводящим к резкому снижению потерь угля и сокращению числа подземных пожаров, прежде всего является переход на выемку с закладкой, то для разработки мощных крутопадающих пластов основной задачей является создание систем разработки с закладкой выработанного пространства.

Русские инженерно-технические работники еще в 1913 г столкнулись с трудностями разработки мощных крутопадающих пластов Кузбасса при переходе от полукустарных хищнических методов к более эффективным системам разработки. Они широко использовали опыт французской угольной промышленности по разработке мощных пластов. В то время впервые в России начали применять разработку горизонтальными слоями мощного пласта Волковского, а затем и других пластов Кузбасса.

Эта система разработки применялась с закладкой выработанного пространства и с обрушением, с восходящим или нисходящим порядком выемки слоев.

Работы велись вручную, без механизации, закладочный материал необходимого качества отсутствовал, а глина, которую применяли для закладки, не удовлетворяла необходимым требованиям, особенно в зимнее время.

Критический анализ применявшихся в Кузбассе систем разработки в 1923 г. был дан Б. И. Бокием, выезжавшим в Кузбасс для специального его обследования, а в 1924 г. — Д. А. Стрельниковым.

Уже в то время в Судженском и Ленинском районах применялись на пластах пологого падения наклонные слои с обрушением при выемке их в нисходящем порядке, а также были начаты первые попытки применения наклонных слоев для разработки пласта Внутреннего I (Прокопьевский рудник) с углом падения 45°

Кроме наклонных слоев, применялась разработка горизонтальными слоями по простиранию с выемкой в восходящем порядке и с закладкой выработанного пространства (пласт Мощный) и в нисходящем порядке с обрушением (пласт Лутугинский).

С 1924 г. на шахтах Прокопьевского, Киселевского и Кемеровского месторождений широкое распространение получил вариант горизонтальных слоев под названием «системы зон» с закладкой и с обрушением и с чередованием закладки и обрушения. В это же время началось также применение камерно-столбовой системы разработки.

Слсевые системы разработки мощных угольных пластов, так же как и камерно-столбовые, оказались очень неэффективными: они имели малый фронт очистных работ, незначительную производительность выемочных участков и полей, низкую производительность труда, высокую себестоимость угля, большие потери угля и большую пожароопасность. Поэтому техническая мысль уже в то время начала работать над изысканием новых, более эффективных систем разработок.

До 1931 г. изыскание новых систем разработки ограничилось различного рода улучшениями системы зон и попытками применения разработки наклонными слоями (до 5 слоев) с обрушением для пластов с углом падения около 60° Осуществить выемку больше двух наклонных слоев не удалось.

В 1931 г. была предложена камерная система с магазинированием, получившая довольно широкое распространение и значительно затормозившая изыскание других, более эффективных и экономичных систем разработки. Применение этой системы привело к большому числу пожаров, значительным потерям угля в недрах и вредно отразилось на развитии Кузбасса.

Неоднократные указания партии и правительства на особую важность проявления творческой инициативы в изыскании рациональной системы разработки мощных угольных пластов послужили причиной того, что в 1937 г. комбинат «Кузбассуголь» объявил конкурс на создание таких систем разработки.

Пути создания рациональных систем разработки мощных крутопадающих угольных пластов в это время в основном характеризуются следующим:

1. Ликвидация систем разработки с большими потерями угля, а следовательно, и большим числом пожаров (диагональных слоев, камер с магазинированием и зон с обрушением).

2. Разрешение задач, связанных с профилактикой подземных пожаров и надежной изоляцией отработанных участков.

3. Проведение опытов выемки под пожарными участками наклонными слоями с закладкой выработанного пространства (шахта им. И. В. Сталина, № 3/3-бис и др.).

К 1940 г. в Кузбассе уже был проверен и введен в действие ряд новых систем разработки, причем удельный вес слоевых систем с закладкой выработанного пространства, преимущественно самотечной, возрос в Прокопьевско-Киселевском районе до 18%.

На основе большой работы по практическому опробованию новых систем разработки мощных пластов в январе 1941 г. Всекузбасская конференция по разработке мощных пластов приняла решение ограничить число применяемых систем. Было рекомендовано применять длинные столбы по простиранию, наклонные слои для выемки пластов с падением от 0 до 60° и мощностью до 9 *м*, горизонтальные слои, вынимаемые в нисходящем порядке с обрушением или с закладкой выработанного пространства, и длинные столбы с выемкой полосами по падению с передвижной щитовой крепью. Конференция выработала правила технической эксплуатации для каждой из этих систем и пришла к выводу, что начиная со второго горизонта мощные крутопадающие пласты должны разрабатываться только с закладкой выработанного пространства.

Разработанные этой конференцией мероприятия на значительный период явились основным направлением в области разработки мощных крутопадающих пластов.

Война 1941—1945 гг. прервала дальнейшее развитие систем разработки мощных пластов и работы по строительству закладочного хозяйства. Поэтому в 1949 г. специальным постановлением правительства «О нарушении правил эксплуатации угольных месторождений Кузнецкого бассейна и переводе шахт на более совершенные системы» заново были определены задачи создания рациональных систем разработки и перехода при разработке мощных крутопадающих угольных пластов на управление кровлей путем закладки выработанного пространства.

На основании этого постановления Министерством угольной промышленности и Институтом горного дела Академии наук СССР была разработана программа проведения научно-исследовательских работ, направленных на изыскание более совершенных методов вскрытия, подготовки и систем разработки мощных крутопадающих угольных пластов Кузбасса.

Многолетний опыт применения различных систем разработок в условиях Кузбасса позволил вскрыть их положительные и отрицательные стороны, которые предопределяли различные темпы их распространения.

Изменение распределения добычи угля из очистных работ по системам разработки и способам управления кровлей приведено в табл. 2.

Данные табл. 2 позволяют установить, что за рассматриваемый период в разработке мощных пластов произошли следующие изменения:

1. Добыча угля с закладкой за последние годы систематически снижается и с 1953 г. до 1956 г. упала с 11,9 до 5,3%.

2. Как и до 1949 г., в последние годы стала применяться камерная система с магазинированием, удельный вес которой в добыче угля составил в 1957 г. около 5%.

3. Из систем разработки, при которых применяется обрушение кровли, наибольшее распространение получили длинные столбы по простиранию (51%) и щитовая система (23,1%).

Все это привело к заметному увеличению эксплуатационных потерь угля в недрах, которые начиная с 1953 г. систематически увеличиваются и в 1956 г достигли в бассейне 24,4%, а по Прокопьевско-Киселевскому району — 33,7%.

По отдельным шахтам потери угля в недрах к 1957 г. достигли 35—40%, в том числе при камерной разработке 40—50% и при щитовых с обрушением — 35—40%.

Постановлением правительства 1949 г в целях резкого сокращения потерь угля и снижения пожароопасности, для широкого внедре-

Таблица

Наименование системы разработки	Распределение добычи по Кузбассуглю,					
	1940 г.	1949 г.	1950 г.	1953 г.	1955 г.	1956 г.
С обрушением кровли	92,3	99,5	96,2	88,1	93,1	94,7
Длинные столбы	63,1	49,2	40,5	45,9	45,8	51,0
Сплошная	10,5	8,0	15,7	15,0	15,0	10,5
Щитовая	3,4	19,0	20,8	14,7	18,8	20,7
Наклонные слои	5,5	7,5	7,6	6,0	7,7	7,3
Горизонтальные слои	5,4	2,2	2,8	1,9	2,0	1,1
Погашение целиков	5,2	2,7	1,2	0,2	0,8	0,72
Камерная	1,1	5,2	0,3	—	1,9	2,1
Прочие[1]	0,1	5,7	7,3	4,4	1,1	0,98
С закладкой выработанного пространства	7,7	0,5	3,8	11,9	6,9	5,3
Длинные столбы	1,0	0,2	1,1	1,4	1,2	1,1
Щитовая	—	—	0,4	7,4	3,0	2,3
Наклонные слои	6,2	0,2	1,5	2,0	1,8	1,5
Горизонтальные слои	0,02	—	0,6	0,6	0,5	0,24
Прочие	0,56	0,1	0,2	0,5	0,4	0,14

[1] В том числе гидродобыча: 1955 г. — 0,4%; 1956 г. — 0,4%.

ния систем с закладкой выработанного пространства, предусматривалось развитие еще до 1953 г. мощного механизированного закладочного хозяйства и строительство ряда крупных закладочных карьеров.

Это позволило бы уже в 1953 г. довести добычу угля с закладкой по бассейну до 10 млн. *т* в год. Фактически это закладочное хозяйство до сих пор не создано и добыча угля в Кузбассе с закладкой в настоящее время не превышает 5,0% от всей добычи по бассейну. Показатели применения различных систем разработки характеризуются данными табл. 3.

Таблица 3

Наименование системы разработки	Удельный вес в добыче в 1956 г., %	Производительность забоя в 1956 г., *т/мес*	Производительность труда на выход по участку за 1956 г.	Стоимость тонны по участку за 1956 г.
Лавы:				
с обрушением	52,0	4470	5,0	30,45
с закладкой	1,1	2320	5,0	29,5
Щиты с обрушением	20,7	7110	14,7	12,9
Наклонные слои:				
с обрушением	7,3	4200	5,0	38,7
с закладкой	1,5	1930	4,0	35,7
Горизонтальные слои:				
с обрушением	1,1	2030	4,5	24,5
с закладкой	0,24	2480	3,4	29,7

Из табл. 3 видно, что наиболее высокие показатели имеют щитовые системы разработки. Сравнительно низкие показатели систем с закладкой объясняются в основном отсутствием механизации очистной выемки угля и механизированного крепления призабойного пространства, а также отсутствием механизированного закладочного хозяйства, в связи с чем себестоимость закладочного материала пока остается высокой, а сам процесс добычи, транспортировки и возведения закладки является трудоемким.

Однако даже при существующих системах с закладкой в результате только улучшения закладочного хозяйства можно обеспечить значительное снижение себестоимости тонны угля.

Так, за 1957 г. по шахте им. И. В. Сталина, где с закладкой добывается 50% всей добычи угля, а себестоимость тонны угля составляет 74,21 руб., а по шахтам № 3/3-бис и № 2 «Коксовая» в этом же районе, где отсутствуют системы с закладкой, она была соответственно равна 61 и 70 руб.

Одновременно был испытан ряд новых систем разработки, из них важнейшие:

а) система разработки полосами по восстанию;

б) система разработки подэтажными штреками с ограждающей сеткой.

Особый интерес представляло испытание системы разработки полосами по восстанию (ширина 6—9 *м*) с передвижным полком, отбойкой угля буровзрывными работами и применением цементации закладочного массива без крепления. Эта система, предназначенная для выемки мощных крутопадающих пластов, требует сравнительно небольшого объема подготовительных выработок.

Практика применения этой системы разработки на ряде шахт Прокопьевско-Киселевского района доказала техническую возможность и экономическую целесообразность выемки мощных угольных пластов с закладкой без разделения на слои и показала, что применение цементации закладочного массива имеет широкие перспективы при различных системах разработки, однако фактические результаты применения ее остаются пока неудовлетворительными.

Опыт применения системы подэтажных штреков оказался недостаточно удачным, и о перспективности ее в настоящее время судить нельзя.

Дальнейшие изыскания новых систем разработки должны быть направлены в первую очередь на предотвращение подземных пожаров и на уменьшение чрезмерно больших потерь угля в недрах.

Хищническая эксплуатация недр или допущение значительных потерь угля должны рассматриваться как расхищение народного достояния, и поэтому борьба за снижение потерь выходит за пределы обычной технической задачи и является делом большой политической и народнохозяйственной важности.

Потери угля в недрах наносят технический и экономический ущерб нашему народному хозяйству, а именно:

1) вызывают возникновение подземных пожаров, которые сокращают фронт работ не только на участке, где возник пожар, но и на соседних, что срывает нормальную добычу угля и отрицательно сказывается на технико-экономических показателях шахты;

2) резко увеличивают опасность взрывов метана и угольной пыли, прорывов пульпы, применяющейся для профилактической заиловки или для тушения пожаров, сокращают срок службы шахты и влекут за собой неоправдываемые капитальные затраты.

В 1940 г. в Прокопьевско-Киселевском районе, когда получило распространение применение закладки выработанного пространства, были значительно снижены потери угля и резко сократилось число подземных пожаров. Потери же угля по системам разработки с обрушением все еще высоки.

В настоящее время ведущей системой разработки в Прокопьевско-Киселевском районе как по числу забоев, так и по удельному весу в добыче угля является щитовая система.

Эта система разработки в том виде, как она сейчас применяется, содержит ряд органических пороков, не позволяющих снизить потери и уменьшить пожароопасность.

Ряд мер, направленных к уменьшению потерь угля при щитовой системе разработки, за последние годы не привел к положительным результатам, и потери угля продолжают оставаться на крайне высоком уровне (28—29%). Так, например, эксплуатационные потери угля (%) составляли:

	1949 г.	1953 г.	1956 г.
По Кузбассу:			
по всем системам разработки	21,9	16,3	19,4
по щитовым системам . .	30,1	27,4	29,5
По Прокопьевско-Киселевскому району	30,8	23,8	28,3

Из 36 подземных пожаров от самовозгорания угля, возникших в 1956 г. в Кузбассе, 19 произошло в камерах и щитовых системах разработки, имеющих наибольшие потери угля.

Расширение применения щитовой системы разработки в Прокопьевско-Киселевском районе значительно увеличило общую добычу угля при этой системе и привело к снижению производительности щитового забоя.

Так, начиная с 1952 г. число щитовых забоев с обрушением увеличилось в 1,7 раза, в то же время месячная производительность забоя при щитах уменьшилась на 4%. Это повлекло за собой ухудшение и остальных показателей — уменьшение производительности труда и увеличение себестоимости угля.

Главный же недостаток щитовой системы состоит в том, что для нее характерен неустойчивый эксплуатационный и вентиляционный режим работы и повышенная опасность работ.

При щитовой системе во время спуска угля по печам происходит, как правило, либо опрокидывание вентиляционной струи, либо прекращение движения воздуха в забое, с чем связана крайне высокая запыленность воздуха в рабочем пространстве.

За последние годы наиболее высокий травматизм наблюдался при щитовой системе, что видно из данных табл. 4.

Таблица 4

Наименование системы разработки	Травматизм по сравнению со щитовой системой, %	
	от падения кусков угля и породы (на 1000 работающих)	по всем другим причинам
Щитовая . . .	100,0	100
Длинные столбы с закладкой	96,8	—
Длинные столбы с обрушением кровли	92,5	—
Наклонные слои с закладкой	85,0	95,5
Горизонтальные слои с обрушением кровли	—	78
Наклонные слои с обрушением кровли	—	65
Горизонтальные слои с закладкой .	76,2	51

Приведенные примеры с очевидностью опровергают сложившееся представление о преимуществах щитовой системы разработки по обеспечению безопасных условий труда.

Особенно будет затруднена разработка со щитами на глубоких горизонтах, где проветривание забоев и потери угля будут играть решающую роль.

С углубкой горных работ на третий и последующие горизонты применение на мощных пластах систем разработок с обрушением станет все более и более затруднительным, так как создание надежной изоляции выемочного участка и осуществление работ по заиливанию отработанных участков сильно осложняются из-за взаимной подрабатываемости пластов, трудности бурения и подачи пульпы через толщу обрушенных пород.

Все это вызывает увеличение пожароопасности, особенно недопустимой в условиях повышенной возможности распространения пожаров и увеличивающейся с глубиной газоносностью.

Исходя из изложенного, можно с уверенностью сказать, что разработка мощных пластов щитовой системой с обрушением (при существующих конструкциях щитов) будет значительно ограничена вследствие высоких потерь угля и повышенной опасности работ, а при сложных горногеологических условиях может оказаться практически неосуществимой.

Были предложены и испытаны системы разработки со щитовым перекрытием с закладкой выработанного пространства. Предполагалось, что это ликвидирует основные недостатки: устранит возможность возникновения подземных пожаров, резко уменьшит потери угля за счет межщитовых целиков, а также огромные провалы на поверхности, являющиеся резервуарами для скопления воды, создающей угрозу для отработки нижних горизонтов.

Сущность этого варианта заключается в создании над щитом породного бункера, в который подается закладочный материал, опускающийся вслед за щитовым перекрытием, что обеспечивает устойчивость боковых пород.

Перекрытие бункера (в основном деревянное, реже — металлическое) закреплялось в породах висячего и лежачего боков пластов. Щит монтировался под породным бункером. Подача породы в бункер осуществлялась при помощи ленточного конвейера, установленного на «обрезном» штреке.

Опытное испытание этой системы производилось на шахте «Коксовая» до войны, а в последние годы — на шахтах № 4—6, № 3 и «Дальние горы». На шахте № 4—6 начал отрабатываться пласт Внутренний II мощностью 4,2 *м* с углом падения 65° при наклонной высоте участка 66 *м*.

Работы по добыче угля на участке через 36 дней (добыто около 1200 *т* угля и подано около 900 $м^3$ закладки) были прекращены в связи с интенсивным обрушением кровли, в результате которого была завалена головка конвейера и разрушена стропильная крепь монтажной камеры.

Опыты на пластах Внутренний VI (шахта «Коксовая») и Горелый в 1940 г. оказались еще более неудачными: крепь над щитом была разрушена в одном случае после первой посадки щита, а в другом — после первого взрывания угля под щитом.

При организации указанных опытных работ предполагалось, что движущаяся самотечная закладка может служить надежной опорой для кровли вынимаемого столба и что межэтажные целики можно удержать крепью, заделанной в боковые породы.

Между тем в непригодности движущейся закладки для поддержания кровли можно легко убедиться без проведения опытов. Действи-

тельно, после передвижки щита закладка начинает двигаться и временно перестает быть опорой для кровли, вследствие чего кровля опускается и в конечном счете зажимает закладку. Это обстоятельство является причиной прекращения перепуска закладки и при дальнейшем движении щита неизбежно приводит к разрушению кровли.

Обобщение опыта применения щитовых систем с закладкой выработанного пространства и изложенные соображения приводят к выводу, что применение щитовых систем с указанным способом производства закладки практически невозможно. Система щитовой разработки с закладкой и устройством бетонных столбов по падению и поддержание верхнего штрека бетонными арками, по-видимому, также имеет мало перспектив для практического использования из-за повышенной трудоемкости и высокой стоимости.

Слоевые системы разработки в условиях Прокопьевско-Киселевского района являются не только малоэффективными в экономическом отношении (производительность труда 2—3 *т* на выход), но и крайне опасными в пожарном отношении вследствие сравнительно высоких потерь (до 30%)

Проблемой сокращения потерь угля при существующих системах разработки в Кузбассе длительное время занимаются ряд научных и проектных организаций. Несколько лет тому назад Техническим управлением *бывш. Министерства угольной промышленности* СССР и ВУГИ была выполнена специальная работа по определению допустимых эксплуатационных работ.

На основании этой работы при системах разработки с самотечной закладкой были рекомендованы следующие нормативы потерь:

Длинные столбы по простиранию	6%
Горизонтальные слои	5%
Полосы по восстанию	6%
Наклонные слои	13%
Щитовая система:	
на участках с постоянной мощностью	13—18%
на любых участках .	18—24%

Однако длительное применение перечисленных систем разработок в различных горногеологических условиях позволяет утверждать, что эти нормативы потерь не отвечают фактическим возможностям. Косвенным доказательством этого является то, что потери угля при некоторых системах разработок с закладкой, применяемых свыше 20 лет, остаются практически стабильными.

Так, например, потери при длинных столбах с закладкой колеблются в пределах от 19,5% (в 1951 г.) до 16,5% (в 1952 г.), при наклонных слоях с закладкой 23,6% (1952 г.), при полосах по восстанию с закладкой в пределах 31,2—33,6%, при горизонтальных слоях с закладкой от 16,2 до 14,7%.

Приведенные цифры указывают на наличие в этих системах присущих им крупных органических недостатков. Основными из них и общими для всех систем разработки являются: крайне неудовлетворительное управление кровлей, трудность поддержания очистного пространства в рабочем состоянии и связанные с этим неизбежные потери угля.

Между тем системы разработки мощных пластов в условиях шахт Кузбасса необходимо оценивать по наиболее важному и объективному фактору — пожароопасности, непосредственно связанной с количеством оставшегося в выработанном пространстве угля. Статистические данные за двадцать лет показывают, что размер потерь является основным показателем пожароопасности: 78% общего числа возникших пожаров

приурочено к участкам с эксплуатационными потерями выше 25%, а также, что пожары возникают спустя 4—6 месяцев после окончания очистных работ и наносят огромный ущерб.

Основная опасность подземных пожаров, как известно, заключается в распространении пожарных газов, отравляющих людей, а также в возможности возникновения взрывов газа и угольной пыли.

Помимо угрозы здоровью и жизни рабочих, подземные пожары причиняют огромный материальный ущерб народному хозяйству: на предупреждение и тушение подземных пожаров ежегодно расходуется свыше 100 млн. руб.; в пожарных участках консервируются большие вскрытые запасы (законсервированные запасы на 1 января 1957 г. по угольным шахтам Советского Союза увеличились по сравнению с 1949 г. на 2,5%)

На основании анализа систем разработки мощных крутопадающих пластов с точки зрения потерь угля и эндогенных пожаров с уверенностью можно сказать, что из существующих систем разработки нет ни одной, исключающей или хотя бы сводящей до приемлемого минимума опасность возникновения пожаров. Однако, вопреки общепринятому мнению, можно сказать, что и полная закладка выработанного пространства при существующих системах не всегда обеспечивает полную гарантию против возникновения подземных пожаров.

Поэтому наряду с улучшением действующих систем возникает необходимость создания принципиально новых высокопроизводительных пожаробезопасных систем разработки, обеспечивающих безопасные условия труда и возможность полной механизации всех производственных процессов.

Этим требованиям для мощных крутопадающих пластов, по нашему мнению, отвечает предложенная новая система разработки с выемкой длинными столбами по восстанию без крепления очистного пространства, но с полной закладкой, при отсутствии постоянного штата рабочих в очистном забое.

Эта система предусматривает: 1) выемку пласта на полную мощность без разделения на слои; 2) высокие темпы подвигания очистного забоя; 3) полную механизацию выемки при отсутствии крепления очистного пространства. Она гарантирует: а) полное отсутствие пожаров от самовозгорания угля; б) безопасные условия труда. Кроме того, при этой системе отпадает необходимость постоянного присутствия людей в очистном забое.

По предлагаемой системе разработки выемочное поле вскрывается промежуточными квершлагами из полевого или концентрационного штрека и разделяется на столбы шириной по простиранию до 16 *м* (рис. 1).

Подготовка столбов производится скважинами (проходимыми буросбоечными машинами), расширяемыми до размеров печей (см. рис. 1)

Очистной забой располагается по нормали к напластованию и под углом к простиранию, обеспечивающим самотечный спуск угля и закладки и с учетом ориентировки кливажа.

Отбитый уголь самотеком, по уложенной на закладку плетеной металлической сетке, поступает в углеспускные печи. Сетка, предназначенная для отделения угля от закладки, подвешивается на канатах к лебедкам, установленным на верхнем штреке. Вслед за окончанием работ по выдаче угля сетку подтягивают лебедками к забою и под сетку — по породоспускным печам — подается закладочный материал, заполняющий выработанное пространство на ширину вынимаемой за цикл полосы угля.

По возведении закладки производится цементация закладочного массива на всю мощность пласта вдоль углеспускной печи на ширину 1 *м*. После этого сетку опускают на закладку и цикл работ повторяется. Все работы по бурению и взрыванию производятся с полков, располагаемых в печах выше очистного забоя и подвешиваемых на канатах лебедок, установленных на вентиляционном горизонте.

При этой системе, как и вообще при системе с выемкой по восстанию мощных крутопадающих пластов, важное значение имеют форма очистного забоя и его расположение, которые должны учитывать на-

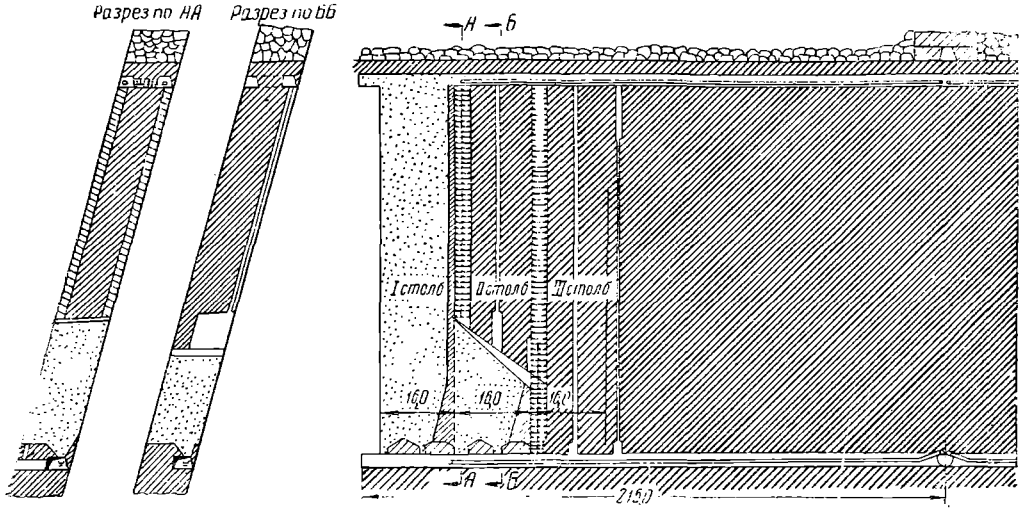


Рис. Схема системы разработки длинными столбами с выемкой полосами по восстанию и полной закладкой выработанного пространства

правление кливажа и способствовать наиболее рациональному осуществлению технологического процесса по отбойке угля, возведению (спуску) закладки. Эти условия обеспечиваются соответствующим выбором формы забоя и расположением углеспускных и закладочных печей, а именно, когда:

1) столб с двумя бетонными стенками по границам и закладочной печью в центре вынимается V-образным забоем, и выдача угля производится через печи, устроенные внутри бетонных стенок;

2) столб с одной центральной бетонной стенкой вынимается V-образным забоем (повернут на 180° по сравнению с первым вариантом), и выдача угля производится через печи, устроенные внутри центральной бетонной стенки;

3) столб, подготовленный двумя печами, пройденными в массиве угля по границам, вынимается диагональным забоем с наклоном 40—45°; выдача угля осуществляется через одну из печей.

Первые два варианта применимы лишь при отсутствии кливажа, так как при кливаже половина забоя будет обязательно находиться в неблагоприятных условиях, когда возможны вывалы и обрушения угля.

При диагональном забое последний всегда может быть расположен «в зуб» кливажа или близко к этому. Кроме того, в этом варианте длина забоя в два раза меньше, чем в двух первых, и потому все процессы по выемке угля и возведению закладки будут осуществляться

более просто и надежно, что является залогом устойчивого эксплуатационного режима работы участка.

При данной системе разработки возможно применение как самотечной, так и гидравлической закладки.

Если не допускать значительного отставания закладки от забоя, то можно достичь полной устойчивости кровли и почвы в рабочем пространстве и полностью исключить необходимость крепления. При отсутствии регулярного нахождения людей в рабочем пространстве случайные выпалы угля не могут быть опасными для жизни и здоровья рабочих и поэтому не могут вызвать сколько-нибудь серьезных затруднений при отработке столбов.

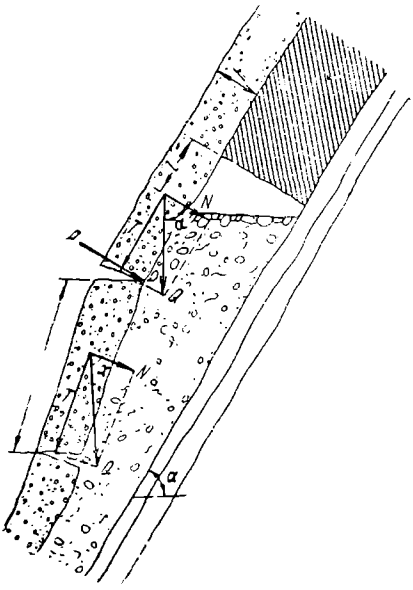


Рис. 2. Схема разломов непосредственной кровли при выемке полосами по восстанию с полной закладкой выработанного пространства

В предлагаемой системе разработки особое значение имеют ширина пролета L и допустимое обнажение кровли l, от которых в основном зависят безопасные условия работы и устойчивый эксплуатационный режим.

К определению допустимой, зависящей от трещинообразования, ширины пролета L можно подойти исходя из физико-механических свойств пород непосредственной кровли, которая в условиях Прокопьевско-Киселевского района, как правило, представлена прочными глинистыми сланцами мощностью до 25 *м*, реже песчанистыми сланцами такой же мощности.

По мере подвигания очистного забоя вследствие усадки закладки свободный пролет непосредственной кровли будет постепенно возрастать до какой-то критической величины, когда произойдет облом консоли (рис. 2)

Таким образом, несмотря на наличие закладки, будет происходить разлом кровли на блоки тех или иных размеров.

Определение этого критического пролета представляет собой сложную задачу, так как оно связано с установлением величин пригрузки соседнего блока P и веса прилегающего к забою блока, для расчета которых нет точной методики.

Величину пригрузки P соседнего блока (см. рис. 2) можно в первом приближении определить как

$$P = \frac{1}{2} N_{n+1} = \frac{1}{2} Q \cos \alpha,$$

где Q — вес блока, отнесенный к 1 *пог. м* по простиранию;

α — угол падения.

Очевидно,

$$Q = Lh\delta,$$

где h — мощность непосредственной кровли, *м*;

L — длина блока, *м*;

δ — объемный вес породы непосредственной кровли, $m/м^3$.

ледовательно,

$$P = \frac{1}{2} Lh\delta \cos\alpha.$$

Нагрузка на квадратный метр прилегающего к забою (рассматриваемого) блока

$$q = h\delta \cos\alpha.$$

Суммарный изгибающий момент

$$M_{изг} = M_P + M_q,$$

где M_P — изгибающий момент от силы P (пригрузки соединенного блока);

M_q — изгибающий момент, создаваемый призабойным блоком.

Очевидно,

$$M_q = \frac{qL^2}{2} = \frac{1}{2} L^2 h\delta \cos\alpha; \quad M_P = \frac{1}{2} L^2 h\delta \cos\alpha.$$

Кроме того,

$$M_{изг} = \frac{h\sigma_и}{6},$$

где $\sigma_и$ — предел прочности пород непосредственной кровли при изгибе.

Подставляя полученные значения для изгибающих моментов, будем иметь:

$$L = \sqrt{\frac{1}{6} \frac{\sigma_и h}{\delta \cos\alpha}}$$

При $\sigma_и = 40$ *кГ/см²* и $\alpha = 60°$ получим:

при $h = 1{,}5$ *м* $L = 7$ *м*;

при $h = 6$ *м* $L = 14$ *м*.

Полученные размеры соответствуют фактически наблюдаемым на шахтах Прокопьевско-Киселевского района после их пересчета.

Так, для пластов Безымянного, Прокопьевского I, Прокопьевского II и Внутреннего VI при их мощности до 5 *м* шаг посадки кровли при работе с обрушением составляет 8—16 *м*, при длине лавы до 40—50 *м*.

Если, по данным Л. Д. Шевякова и В. Л. Слесарева, коэффициент запаса прочности n принять 2—2,5, то допустимое обнажение кровли (отставание закладки от забоя) будет:

$$l = \frac{L}{n};$$

при $n = 2$—2,5 имеем $L = 4{,}5$—5 *м*.

Таким образом, по приведенным для рассматриваемых горногеологических условий расчетам и практическим данным (50—75 *м²* обнаженной кровли) максимально допустимое отставание закладки от забоя составляет 4—5 *м*, что вполне может быть обеспечено организацией работ при рекомендуемой системе разработки.

Применение специальной металлической сетки потребует оставления между закладкой и забоем зазора шириной не менее 0,5—0,8 *м* для размещения отбитого разрыхленного угля. Поэтому максимальная ширина вынимаемой полосы угля условно принимается равной 4 *м*. При переходе забоем тектонических нарушений и при трещиноватой кровле она должна быть уменьшена применительно к конкретным условиям.

Очистная выемка угля может быть осуществлена при помощи гидроотбойки, отбойными молотками или взрывным способом.

В период освоения системы разработки следует ориентироваться на взрывные работы, применение которых в случае бурения глубоких скважин из печей почти полностью позволяет исключить пребывание людей в забое.

Ширину столба при мощности пласта до 10 *м* следует принимать не более 16 *м*.

Выемочное поле длиной 450—500 *м* рекомендуется разделять на два участка, подготовка которых производится в направлении от участкового квершлага к границам и заключается в проведении основного штрека с просеком и на вентиляционном штреке «минусового штрека». Отработка должна производиться от границы к промквершлагу.

Для спуска закладки под сетку размещения канатов, служащих для подтягивания сетки, и для подъема одного из буровых полков, а также для сообщения с вентиляционным горизонтом и проветривания служит печь с двумя отделениями в зацементированном столбе закладки у границы отработанного столба (см. рис. 1).

Вторая печь, также с двумя отделениями, проходится по углю и предназначается для спуска отбитого угля, подачи раствора для цементаций закладки, а также для размещения каната бурового полка и сообщения основного горизонта с вентиляционным. Для отработки следующего столба углеспускная печь проходится заново, а роль закладочной печи выполняет углеспускная печь ранее отработанного столба.

Предлагаемая нами система разработки мощных крутопадающих пластов предусматривает механизацию и организацию работ, не требующую постоянного присутствия рабочих под обнаженным забоем, кроме периода выполнения монтажных работ и аварийных случаев (обрыв сетки и др.).

Проветривание осуществляется свежей струей, поступающей с основного штрека через ходовые отделения углеспускных печей в очистной забой и далее по закладочной печи на верхний штрек.

Произведенные нами технико-экономические расчеты позволили установить, что общее число рабочих, необходимых для выполнения всех работ одного цикла (по действующему нормировочнику), определяется в 35 человек в сутки при списочном составе 40 человек с месячным фондом заработной платы 64665 руб.

Весь участок, включая подготовительные работы, смогут обслужить 63 человека, в том числе инженерно-технический персонал — 3 человека.

Подробный расчет себестоимости добычи одной тонны угля (по заработной плате, материалам, электроэнергии и амортизации) показывает, что при этой системе разработки она составляет около 25 руб. и значительно ниже, чем при других системах разработки с закладкой, и не превосходит затрат при щитовой выемке с обрушением (табл. 5)

Таблица 5

Наименование системы разработки	Себестоимость 1 *т* угля, руб.
Щитовая с обрушением	26
Щитовая с закладкой	40
Наклонные слои с самотечной закладкой	46
Полосы по восстанию с закладкой (ВУГИ)	41
Горизонтальные слои с пневматической закладкой	75
Предлагаемая система разработки	25

Устойчивый эксплуатационный режим, минимальные потери угля и полная гарантия от эндогенных пожаров, надежные условия для обеспечения безопасности труда, отсутствие необходимости разделения мощных пластов на слои, высокие технико-экономические показатели — все это говорит о рациональности широкого применения этой системы разработки и показывает необходимость ее испытания, а затем и всемерного внедрения в практику разработки мощных крутопадающих пластов в Прокопьевско-Киселевском районе.

Б. И. Бокий при оценке перспектив развития систем разработки Кузбасса в свое время отмечал: «Что касается Прокопьевского района, то системы разработки здесь получат распространение лишь с закладкой выработанного пространства».

Перечисляя преимущества закладки при разработке крутопадающих пластов средней мощности, Б. И. Бокий подчеркивал: «1) поддерживая кровлю во всем выработанном пространстве и являясь, таким образом, наиболее прочным и надежным креплением выработанного пространства, закладка увеличивает в значительной степени безопасность работ; 2) по этой же причине она делает ненужным применение дорогостоящей костровой крепи; 3) заполняя выработанное пространство, закладка уменьшает потери воздуха и способствует лучшей вентиляции забоев; 4) не позволяя кровле в выработанном пространстве обрушаться, закладка устраняет возможность образования в нем обширных куполообразных пустот, в которых может скопиться в громадных количествах рудничный газ; при новых обрушениях вышележащих пород или при уменьшении барометрического давления газ этот может выйти в выработки и создать чрезвычайно опасные, в смысле возможного взрыва, условия» (Б. И. Бокий. «Практический курс горного искусства», том III).

Эти положения, в значительной степени справедливые и в настоящее время, дают основание думать, что предлагаемая нами система разработки может получить широкое применение в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения при разработке крутопадающих пластов мощностью от 4 *м* и выше, особенно на глубоких горизонтах.

Большое число применяемых в настоящее время систем разработки мощных угольных пластов в Кузбассе объясняется не только различием горногеологических условий района, но также и отсутствием необходимого опыта разработки таких сложных угольных месторождений.

Поэтому в дальнейшем при переходе на отработку глубоких горизонтов часть из них постепенно заменится более совершенными, в основном такими, которые полностью удовлетворяют повышенным требованиям безопасности работ и предотвращают пожарную опасность за счет минимальных потерь угля, обеспечивая достижение высоких технико-экономических показателей.

Всесторонние исследования систем разработки мощных крутопадающих угольных пластов в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса и имеющийся опыт практической работы позволяют определить следующее основное направление развития работ этого района:

а) отработка нижних горизонтов в пределах 30—40% всех запасов должна производиться только с полной закладкой выработанного пространства. В первую очередь и в обязательном порядке работы с полной закладкой выработанного пространства должны применяться в сложных горногеологических условиях, где требуется отработка пластов с минимальными эксплуатационными потерями;

б) применение щитовых систем разработки, характеризующихся большими потерями, высоким производственным травматизмом и пожароопасностью, а также слоевых систем разработки, которые при высоких потерях угля и медленной отработке выемочных участков также обусловливают высокую пожароопасность, должно быть крайне ограничено.

Между тем до настоящего времени системы разработки с закладкой выработанного пространства в Кузбассе применялись только на относительно легких в эксплуатационном отношении шахтных участках при отработке неглубоких горизонтов, при сложных же горногеологических условиях и на более глубоких горизонтах, как это указывалось выше, большинство участков отрабатывалось с обрушением кровли при чрезмерно больших потерях угля.

Это отвлекло внимание широких кругов горняков от изыскания новых и совершенствования применяемых систем разработки с закладкой, привело к недооценке развития закладочного хозяйства, а также улучшения заиловочных работ, являющихся пока одним из радикальных профилактических средств по борьбе с пожарами при всех системах разработки и особенно с обрушением кровли.

Основные технические и организационные направления разработки мощных крутопадающих пластов Кузбасса, по нашему мнению, начиная с 1958 г. должны предусматривать:

1. Проведение широких работ по реконструкции и модернизации действующего шахтного фонда в Кузбассе, упорядочение горного хозяйства на базе новейшей техники и технологии производства, внедрение более эффективных способов подготовки нижних горизонтов и применение пневматической и гидравлической закладки для обеспечения в ближайшие годы перехода на разработку крутопадающих пластов на глубоких горизонтах (после третьего) только с полной закладкой выработанного пространства.

2. Широкое применение систем разработки с полной закладкой и испытание в первую очередь: 1) описанной выше системы разработки длинными столбами с выемкой полосами по восстанию и полной закладкой выработанного пространства и 2) системы, предложенной Институтом горного дела Сибирского отделения АН СССР

3. Щитовую систему разработки применять только на ненарушенных участках с выдержанной мощностью и залеганием при углах падения от 55 до 90°, не опасных по прорыву глин, и при отсутствии под ними пожарных участков.

4. До внедрения новых систем разработки, предусматривающих отработку пласта на всю мощность с закладкой выработанного пространства, всемерно совершенствовать и улучшать действующие системы разработки с закладкой, в первую очередь — слоевые, с целью резкого снижения потерь угля, создания безопасных условий труда и повышения технико-экономических показателей.

5. В целях дальнейшего снижения пожароопасности разрабатываемых пластов предусмотреть на действующих шахтах: а) реконструкцию заиловочного хозяйства; б) обязательное профилактическое заиливание при разработке мощных пластов с обрушением; в) разработку и внедрение обязательных для всех мощных пластов мероприятий, связанных с предупреждением возникновения подземных пожаров.