

УДК 622.272.6: 519.21

**АНАЛИЗ СХЕМ ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ ПОЛЕЙ  
НА МОЩНЫХ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ**

**В. О. Торро, В. П. Тациенко, А. В. Ремезов**

*Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева,  
E-mail: torrovo@mail.ru,  
ул. Весенняя, 28, 650000, г. Кемерово, Россия*

Необходимость разработки и внедрения новых технологий, а также применения современного высокопроизводительного оборудования для подземной разработки мощных пологих пластов угля требует строгого соблюдения технологической дисциплины, снижения уровня эксплуатационных потерь и выбора оптимального режима проветривания. Выполнен анализ схем проветривания выемочных полей на мощных пологих пластах с целью установления влияния схем, способов и параметров проветривания выемочных полей на распределение утечек воздуха в выработанном пространстве.

*Системы разработки, межслоевая пачка, концентрированные потери угля, схема проветривания, способ проветривания, аэродинамика выработанных пространств, утечки воздуха, очаг самонагревания, эндогенный пожар*

В настоящее время для отработки пологих пластов мощностью свыше 5 м в основном применяются системы разработки наклонными слоями с нисходящим порядком их выемки и с оставлением межслоевой пачки. Это приводит к оставлению значительного количества концентрированных разрыхленных масс угля в выработанном пространстве. Используемые в некоторых странах системы разработки с выпуском (Китай, Россия и др.) также далеко не безупречны в этом отношении. Основная причина — несовершенство систем разработки, обусловленное отсутствием мобильности и быстрой адаптации системы к изменяющимся горно-геологическим условиям. Наличие концентрированных потерь угля в выработанном пространстве при неправильно выбранном режиме проветривания приводит к возникновению очагов самонагревания.

Так, в ходе применения системы с выпуском подкровельной пачки на шахте “Ольжераская-Новая” возникновение очагов самонагревания угля, в ряде случаев приведших к эндогенным пожарам, — явление неоднократно встречающееся. В лаве 21-1-7 первый очаг самонагревания, а затем эндогенный пожар № 66 возник после отхода комплекса от монтажной камеры на 150 м, второй пожар № 69 в этом же выемочном столбе возник после отхода от монтажной камеры на 620 м (таблица).

Анализ возникновения эндогенных пожаров при отработке мощных пологих пластов показал, что основная их причина — концентрированные потери, приуроченные к зонам геологических нарушений, отслоение угля от борта целиков, оставляемых в отработанных пространствах или в межслоевых пачках угля при наличии пожароопасных утечек воздуха в выработанное пространство (см. таблицу).

Случаи возникновения эндогенных пожаров при слоевой выемке угля

№ пожара	Дата возникновения/ дата списания	Шахта, пласт, адрес	Мощность пласта, м		Угол падения, град		Характеристика вмещающих пород		Наличие геологических нарушений	Система разработки	Условия возникновения пожара	Дата отработки (месяц, год)		Скорость отработки, м/мес	Причина возникновения пожара
			Угол падения, град	Угол падения, град	Кровля	Почва	Начало	Конец							
30	02.02.80 06.07.80	им. Шевякова, пласт III, б-7 бр. поле, гор. +260 м, лава 1-1-2	9.0	18-23	Алевролит 7-8 м, песчаник 0.4-0.6 м, алевролит	Углистый аргиллит 0.4-0.6 м, алевролит	Взброс, ам- плитуда 1.7-3.8 м	НСО	При подготовке к выемке 2-го слоя	03.78	12.78	70	Концентрированные по- тери угля в зоне геологи- ческих нарушений. значи- тельные утечки воздуха		
35	31.01.85 24.07.85	им. Ленина, пласт III, бр. поле, гор. +245 м	10.0	12	Алевролит 3-10 м, песчаник	Алевролит 2.0 м, песчаник	Надвиг, ам- плитуда 13-25 м	НСО	Велись де- монтажные работы в отработан- ной лаве 2-го слоя	07.84	10.84	115	Наличие концентрирован- ных потерь угля. Длитель- ный срок монтажных работ		
36	28.10.85 11.04.86	Томская, пласт III, гор. +50 м, восточное крыло, лава 3-2-5.	9.5	11	Алевролит 3-8 м, песчаник 4-6 м	Алевролит 7.0 м, песчаник 8 м	Наруше- ние, амплитуда 1.0-1.2 м	НСО	При отгра- ботке 2-го слоя лавы 3-2-5	01.85	08.85	70	Наличие геологического нарушения, притечек воз- духа (80 м³), отсутствие контрольных скважин		
37	03.02.86 04.06.87	им. Ленина, пласт IV-V, гор. +245 м	9.5-10	9-16	Конгломе- рат 1-2 м	Алевролит 6.0 м	Надвиг, амплитуда 1-4 м	НСО по падению	Велись ра- боты по по- гашению бремсбер- тов. цели- ков	11.85	02.86	52	Некачественная изоляция выработанного простран- ства, концентрированные потери угля, длительный срок подготовки выемоч- ного столба		

Продолжение таблицы

39	27.09.87 16.12.94	Усинская, пласт III, гор. 0 м, западное крыло, лава 3-3-10	8.5 – 9.5 8 – 12	Алевролит 8 – 12 м, песчаник 25 – 30 м	Углистый аргиллит 0.3 – 0.8 м, алевролит	2 геологи- ческих нарушения типа надвиг с амплиту- дой 2 – 3 м падения 7 – 10°	НСО	При отгра- ботке 3-го слоя лавы 3-3-10	12.85 07.87	36	Потери в зоне геологиче- ского нарушения, несвое- временная изоляция, нека- чественная профобра- ботка
47	07.05.92	им. Шевякова, пласт III, 7-8 бр. поле, гор. +260 м	8.5 – 10 18 – 23	Алевролит 8 – 12 м, песчаник 25 – 28 м	Углистый аргиллит 0.4 – 0.6 м, алевролит	Взброс, ам- плитуда 0.4 – 2.4 м	НСО				Некачественная изоляция выработанного простран- ства, аэродинамическая связь с земной поверхно- стью
56	15.12.98 18.05.99	Усинская, пласт III, гор. 0 м, западное крыло, лава 3-3-17	8.5 – 9.5 8 – 12	Алевролит 8 – 12 м, песчаник 25 – 30 м	Углистый аргиллит 0.3 – 0.8 м, алевролит.	3 наруше- ния типа надвиг с амплиту- дами: 2.0, 1.5, 5.0 м	НСО		09.95 05.96	15 – 90	Наличие концентрирован- ных потерь в зоне нару- шений, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профоб- работка
60	27.08.04 06.11.09	Сибиргинская, пласт III, лава 3-1-3	8.5 6 – 10	Песчаник 25 м, алевролит 15 м	Углистый алевролит	Надвиг с амплиту- дой 3.5 м	НСО		08.03 03.04		Наличие концентрирован- ных потерь в зоне нару- шения, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профоб- работка
65	29.07.08 06.10.10	им. Ленина, пласт VI	5.95 12	Алевролит	Алевролит	6 наруше- ний, надвиг с ампли- тудой 0.4 – 0.7 м	НСО	При отработке лавы 0-6-1-13	03.08 03.14		Наличие концентрирован- ных потерь в зоне нару- шения, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профоб- работка

Окончание таблицы

66	16.08.10 20.10.11	Ольжерасская- Новая	6.25 – 9.75 6 – 10	Алевролит 41 м, песчаник 18 м	Алевролит 3 м, песчаник 6.5 м	Надвиг с амплитудой 1 м	НС с вы- пуском подкром- вельной пачки	При отработке лавы 21-1-7	05.10	11.14	Несовершенство системы разработки, нарушение технологической дисци- плины при ведении очист- ных работ, наличие кон- центрированных потерь угля в выработанном про- странстве, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобра- ботка
67	13.06.11 27.06.14	Сибиргинская, пласт III, лава 3-1-3	8.5 6-10	Песчаник 25 м, алевролит 15 м	Углистый алевролит	Надвиг с амплитудой 3.5 м	НСО		09.06	02.14	Наличие концентрирован- ных потерь, утечки воз- духа, некачественная изо- ляция, неэффективная профобработка
69	01.03.12 16.08.12	Ольжерасская- Новая	6.25 – 9.75 6-10	Алевролит 41 м, песчаник 18 м	Алевролит 3 м, песчаник 6.5 м	Надвиг с амплитудой 1 м	НС с вы- пуском подкром- вельной пачки	При отработке лавы 21-1-7	05.10	11.14	Несовершенство системы разработки, нарушение технологической дисци- плины при ведении очист- ных работ, наличие кон- центрированных потерь угля в выработанном про- странстве, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобра- ботка

П р и м е ч а н и е: бр. поле — бремсберговое поле, НС — наклонные слои, НСО — наклонные слои с обрушением, профобработка мест возможной концентрации потерь угля выполняется с целью недопущения активизации окисления угля, как основной движущей силы процесса возникновения эндогенных пожаров

Зонами повышенной эндогенной пожароопасности являются:

- монтажные и демонтажные камеры, где выработанное пространство практически не “уплотняется” в связи с опорой обрушенной кровли на целик и происходит отслаивание угля от его кромки под влиянием опорного горного давления;
- целики, оставляемые в выработанном пространстве в зонах геологических нарушений;
- межслоевые пачки угля мощностью более 0.4 м, подрабатываемые нижележащими слоями;
- целик угля между выемочными столбами шириной более 2 м, на границе с которыми происходит движение воздуха по выработкам со значительным аэродинамическим сопротивлением из-за их малого сечения (см. таблицу).

В соответствии с расположением зон повышенной эндогенной пожароопасности для предупреждения возникновения в них очагов самовозгорания предложены профилактические мероприятия, соответствующие условиям отработки мощных пологих пластов по схеме “слой – пласт” и применяемые при выемке пластов на полную мощность. Меры по предупреждению возникновения эндогенных пожаров направлены главным образом на сокращение утечек воздуха, поступающего в пожароопасные зоны, и снижение химической активности угольных скоплений за счет обработки их различными антипирогенами.

В результате проведенного патентного поиска по классу E21F Международной классификации, анализа и научно-технического обобщения отечественного и зарубежного опыта по предупреждению возникновения эндогенных пожаров при различных вариантах слоевой системы разработки установлено, что применяемые профилактические меры при выемке нижележащих слоев малоэффективны, так как не учитывают особенности аэродинамики выработанных пространств, в первую очередь на пластах с труднообрушаемыми породами кровли [1 – 6]. Экспериментальные исследования по установлению влияния схем, способов и параметров проветривания выемочных полей на распределение утечек воздуха в выработанном пространстве проводились при отработке мощных пластов по схеме “слой – пласт”. Однако необходимо дополнительное изучение особенностей аэродинамики выработанных пространств при отработке мощных пластов для научного обоснования аэродинамических методов профилактики возникновения эндогенных пожаров, в частности при отработке пластов с труднообрушаемыми породами кровли.

В выработанном пространстве первого слоя возникло 5.4 % пожаров, приуроченных к зонам геологических нарушений, а в период отработки второго и третьего слоев обнаружено 6.4 % очагов самовозгорания угля из-за подработки потерь на первом слое и наличии прямой аэродинамической связи даже в период подготовки нижних слоев.

Схемы проветривания выемочных полей в значительной степени определяются взаимным расположением очистных забоев, воздухоподающих и воздухоотводящих выработок, направлением движения по ним свежей и исходящей струй воздуха. В зависимости от рассмотренных факторов схемы проветривания могут быть с одно-, двух- и трехсторонним прилеганием вентиляционной струи к выработанному пространству.

На шахтах Кузбасса при отработке мощных пологих пластов слоевыми системами по безцеликовой технологии применяются возвратноточная (рис. 1), прямоточная (рис. 2) и комбинированная схемы проветривания. При подготовке выемочных столбов с проведением выработок вприсечку к выработанному пространству применяется в основном возвратноточная схема с одно-, двух- и трехсторонним прилеганием вентиляционной струи к выработанному пространству.

Одностороннее примыкание выработанного пространства к выемочному столбу наблюдается при расположении воздухоподающих выработок в массиве угля или при охране слоевых штреков целиками. При проведении конвейерного и вентиляционного штреков вприсечку к отрабо-

танному пространству и последовательной подготовке выемочных столбов в панели может быть двухстороннее примыкание, а при отработке выемочных столбов в шахматном порядке при ведении горных работ в выемочных столбах, расположенных между двумя ранее отработанными, имеет место трехстороннее примыкание воздушной струи к выработанному пространству.

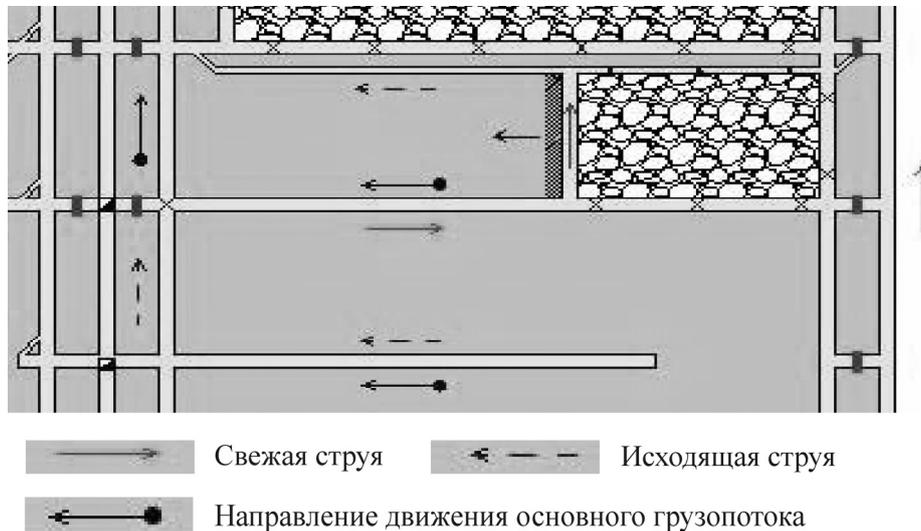


Рис. 1. Возвратноточная схема проветривания

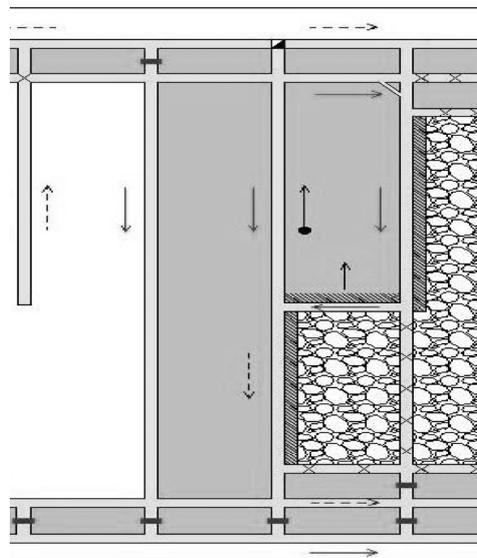


Рис. 2. Прямоточная схема проветривания

Возвратноточная схема проветривания является более надежной и безопасной по фактору самовозгорания угля, на развитие которого оказывает характер примыкания струи воздуха к отработанному пространству и качество изоляции смежных лав. Существенным недостатком данной схемы следует считать трудность проветривания лавы на сопряжении очистного забоя с выработкой, предназначенной для исходящей струи воздуха, где возможно местное скопление метана. Это приводит к необходимости ограничения нагрузки на очистной забой по газовому фактору или применения специальных мер по устранению зон с местными скоплениями метана средствами вентиляции и дегазации.

Реализация этих мер повышает эндогенную пожароопасность возвратноточной схемы проветривания, а при направлении частично струи воздуха по выработанному пространству для осуществления газоотсоса фактически предопределяет применение комбинированной схемы.

При комбинированной и прямоточной схемах вентиляции важным элементом проветривания выемочных участков является выработанное пространство, которое входит в состав вентиляционной сети как активное аэродинамическое звено и влияет на воздухораспределение по горным выработкам.

Наличие аэрогазодинамической связи выработанных пространств с действующими горными выработками обуславливает возникновение фильтрационных потоков в обрушенных породах. Поэтому при применении этих схем проветривания, в случае оставления в выработанном пространстве концентрированных скоплений угля, создаются благоприятные условия для возникновения эндогенных пожаров.

Опыт отработки мощных пластов на шахтах Кузбасса [7 – 15] показал, что при повышенной газообильности выемочных участков увеличение нагрузки на очистной забой может быть обеспечено за счет технологических схем с применением прямоточного проветривания с “подсвежением” исходящей струи воздуха при сохранении выработок в отработанном пространстве для повторного их использования. В этом случае отработанная часть пласта не изолируется и создаются условия для интенсивной фильтрации воздуха в обрушенное пространство, особенно при формировании его несслеживающимися породами непосредственной и основной кровли. Такие условия создаются при отработке мощных пологих пластов на шахтах Томь-Усинского района Кузбасса, где для снижения эндогенной пожароопасности ведения горных работ на газоносных пластах рекомендуется подготовку выемочных столбов первого слоя проводить спаренными выработками. При такой схеме подготовки для сокращения проветриваемой зоны выработанного пространства исходящая струя воздуха направляется на сбойку, отстающую от очистного забоя на расстояние, определяемое из выражения [3 – 5]:

$$l = 0.5v\tau_{\text{инк}},$$

где  $l$  — расстояние между сбоями, м;  $v$  — скорость подвигания очистного забоя, м/мес;  $\tau_{\text{инк}}$  — продолжительность инкубационного периода самовозгорания угля для данного пласта, мес.

## ВЫВОДЫ

Эндогенная пожароопасность горных работ, в зависимости от применяемых схем проветривания, будет определяться величиной утечек воздуха в выработанное пространство, а следовательно, аэродинамическим сопротивлением обрушенных пород и перепадом давлений воздуха по пути его фильтрации.

Поскольку аэродинамическое сопротивление выработанного пространства зависит от горно-геологических условий отрабатываемого пласта, то основным параметром, влияющим на распределение утечек воздуха, является величина перепада вентиляционных давлений, которая, в свою очередь, определяется схемой подготовки участка с учетом необходимости обеспечения требуемой нагрузки на очистной забой. Причем нагрузка на очистной забой должна рассчитываться с учетом предложений и выводов, содержащихся в работах [16, 17].

Экспериментальные исследования по установлению влияния схем, способов и параметров проветривания выемочных полей на распределение утечек воздуха в выработанном пространстве проводились в основном при отработке выемочных полей по схеме “слой – пласт”. Однако выполненные исследования не характеризуют все варианты слоевой выемки угля на мощных пологих пластах, вследствие чего необходимо дополнительное изучение особенностей аэродинамики выработанных пространств для научного обоснования аэродинамических способов профилактики эндогенных пожаров, в первую очередь при отработке пластов с труднообрушаемыми породами кровли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Временное руководство** по выбору технологических схем проветривания и управления газовой выделением на выемочных участках. — М.: ВостНИИ, 1984.
2. **Руководство** по применению способов торможения развития самонагревания угля в выработанных пространствах выемочных полей шахт. — Кемерово: ВостНИИ, 1985.
3. **Белавенцев Л. П.** Возникновение очагов самовозгорания угля в шахтах // Уголь. — 1985. — № 7.
4. **Белавенцев Л. П., Голунь В. А., Ворошилов С. П., Быкова З. С., Торро В. О. и др.** Руководство по применению способа профилактики эндогенных пожаров на принципе интенсификации дезактивации угля в шахтах Кузбасса. — Кемерово: ВостНИИ, 1997.
5. **Белавенцев Л. П., Торро В. О., Пуртов В. А.** Аэродинамический способ предупреждения эндогенных пожаров в шахтах // Уголь. — 1994. — № 11.
6. **Арсенов Н. С., Белов В. П., Калинин С. И. и др.** Технологические схемы разработки пологих и наклонных пластов Кузнецкого бассейна. — Прокопьевск, 1989.
7. **Торро В. О., Белов В. П., Ремезов А. В.** Опыт отработки мощных пластов пологого залегания // Уголь. — 2008. — № 1.
8. **Ногих С. Р., Ясученя С. В., Дурнин М. К., Торро В. О.** Проблемы технического и технологического перевооружения угольных шахт Кузбасса на примере ЗАО «Южкузбассуголь» // ГИАБ. — 2008. — № 11.
9. **Торро В. О., Сердобинцев Н. Г., Калинин С. И. и др.** Определение сечения монтажной камеры 21-1-5, определение места ее заложения, технология проведения и крепления // Вестн. КузГТУ. — 2008. — № 4.
10. **Торро В. О., Калинин С. И., Сердобинцев Н. Г., Биктимиров И. С., Новосельцев С. А.** Исследование проявлений горного давления при отработке мощного пласта с выпуском угля из подкровельной пачки // Уголь. — 2009. — № 1.
11. **Торро В. О., Морозов Ю. И., Сердобинцев Н. Г., Ремезов А. В.** Исследование проявлений горного давления при отработке мощного пологого пласта наклонными слоями в восходящем порядке в лабораторных условиях // Вестн. КузГТУ. — 2011. — № 6.
12. **Торро В. О., Морозов Ю. И., Сердобинцев Н. Г., Ремезов А. В.** Исследование проявлений горного давления при отработке мощного пологого пласта наклонными слоями в восходящем порядке в шахтных условиях // Вестн. КузГТУ. — 2011. — № 6.
13. **Торро В. О., Сердобинцев Н. Г., Ремезов А. В.** Исследование проявлений горного давления при отработке мощного пологого пласта камерной системой слоями в нисходящем порядке // Вестн. КузГТУ. — 2012. — № 3(91).
14. **Ремезов А. В., Торро В. О.** Необходимость создания интеллектуальных систем нового уровня управления всех технологических процессов для обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля // III Междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». — Междуреченск, 2014.
15. **Торро В. О., Ремезов А. В.** Разработка технологических схем отработки мощных пологих пластов наклонными слоями с восходящим порядком выемки слоев // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. — Уфа, 29–30 сент. 2014. — РИО ИЦИПТ (Исслед. центр информ.-правовых технологий). — Уфа, 2014.
16. **Ордин А. А., Метельков А. А.** К вопросу об оптимизации длины и производительности комплексно-механизированного очистного забоя угольной шахты // ФТПРПИ. — 2013. — № 2.
17. **Ордин А. А., Тимошенко А. М., Коленчук С. А.** Обоснование предельной по газовому фактору длины и производительности очистного забоя шахты с учетом неравномерности движения воздушного потока // ФТПРПИ. — 2014. — № 6.

*Поступила в редакцию 30/V 2015*