

УДК 622.272.6: 519.21

## АЭРОДИНАМИКА ВЫЕМОЧНЫХ ПОЛЕЙ НА МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТАХ

### AERODYNAMICS EXCAVATION FIELDS A POWERFUL SHALLOW SEAMS

**Торро Виктор Оскарович,**

ст. преподаватель, e-mail: [torrovo@mail.ru](mailto:torrovo@mail.ru)

**Torro Victor O.,** senior teacher

**Ремезов Анатолий Владимирович,**

д.т.н. профессор, e-mail: [lion742@mail.ru](mailto:lion742@mail.ru)

**Remezov Anatoly V.,** Dr.Sc. (Engineering), Professor

**Роут Геннадий Николаевич,**

канд. техн. наук, доцент

**Rout Gennady N.,** C.Sc. (Engineering), associate professor

Кузбасский государственный технический университет им.Т.Ф. Горбачева». Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Аннотация:** Строгое соблюдение технологической дисциплины, снижение уровня эксплуатационных потерь и выбор оптимального режима проветривания необходимы в связи с разработкой и внедрением новых технологий, а также применением современного высокопроизводительного оборудования для подземной разработки мощных пологих пластов угля. В статье рассмотрены схемы проветривания выемочных полей на мощных пологих пластах с целью изучения аэродинамики выемочных полей для установления влияния схем, способов и параметров проветривания выемочных полей на распределение утечек воздуха в выработанном пространстве.

**Abstract:** the Strict observance of technological discipline, reducing operational losses and the selection of the optimal mode of ventilation was essential in connection with the development and implementation of new technologies and application of modern highly productive equipment for underground mining of thick flat coal seams. The article considers the scheme of ventilation of viamach-tion fields in the powerful shallow aquifer with the aim to study the aerodynamics of the extraction fields to determine the effect of schemes, methods and parameters of ventilation, wieloch-tion of the fields on the distribution of air leakage in the goaf.

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

**Keywords:** system development, interlayer tutu, concentrated coal losses, the scheme of ventilation, method of ventilation, aerodynamics worked-out areas, air leakage, hearth-heating, endogenous fires.

#### 1. Введение

Основной особенностью отработки пологих пластов мощностью свыше 5 м является то, что в основном для этого применяются системы разработки наклонными слоями с нисходящим порядком выемки слоёв, которое, в большинстве случаев, сопровождается оставлением межслоевой пачки [1-10]. 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 динамичности мимикрии системы в изменяющихся горно-геологических условиях. Наличие концен-

трированных потерь угля в выработанном пространстве при неправильно выбранном режиме проветривания приводит к возникновению очагов самонагревания. Характерным примером может служить ситуация сложившаяся на шахте «Ольжерасская – Новая», когда в ходе применения системы с выпуском подкровельной пачки возникновение очагов самонагревания, в ряде случаев приведших к эндогенным пожарам, было явлением неоднократно проявлявшимся. 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. Именно наличие концентрированных потерь угля в выработанных пространствах обрабатываемых мощных пологих

пластов угля (III, IV – V) и неправильно выбранные режимы проветривания очистных и подготовительных забоев на шахтах «Усинская», «им. В.И. Ленина», «им. Л. Д. Шевякова», «Сибиргинская», «Томская» приводили к возникновению очагов самонагрева, развивавшихся в дальнейшем в эндогенные подземные пожары. Особо следует отметить отрицательную роль утечек воздуха, возникавших при проведении подготовительных выработок, в ходе использования безцеликовой системы отработки при делении мощных пологих пластов на слои. Недостаточные с точки зрения устойчивости, неразрушаемости параметры межлавных целиков либо полное их отсутствие предопределяло обязательное наличие утечек в выработанные пространства смежных, ранее отработанных выемочных столбов. При этом местами возникновения очагов самонагрева зачастую оказывались сами межлавные целики, степень разрушения которых в конкретных условиях стимулировала негативные процессы, связанные с окислением угля, в дальнейшем обратившиеся в устойчивые очаги самовозгорания, которые были зарегистрированы, как эндогенные подземные пожары. Например, это пожары № 39 и № 40 на шахте «Усинская», первый из которых возник в целике между выемочными столбами № 8 и № 10 в районе сопряжения монтажной камеры 3 – 2 – 8 и конвейерного штрека 3 – 2 – 8 в ходе подготовки третьего слоя в выемочном столбе № 10. Основными причинами возникновения эндогенного пожара № 39 послужили:

1. Деформация целика, приведшая к образованию путей перетоков воздуха в выработанное пространство вышерасположенной и ранее отработанной лавы 3 – 2 – 8;

2. Некачественная изоляция выработанного пространства лавы 3 – 2 – 8;

3. Непринятие мер по снижению действующих напоров в проводимой выработке – в вентиляционном штреке 3 – 3 – 10.

Эндогенный пожар № 40 возник в районе межлавного целика, разделявшего выемочные столбы № 17 и № 19, которые были расположены на Восточной панели пласта III, гор. 0 м. Определённое, на момент возникновения пожара, его местоположение, как выяснилось позднее, оказалось неверным. Истинное расположение очага пожара – это вышеуказанный межлавный целик, чему свидетельством является эндогенный подземный пожар № 56, возникший позднее, очаг которого был зафиксирован западнее очага пожара № 40, что служит подтверждением того, что пожар № 56 является рецидивом пожара № 40 или, если быть абсолютно точным, непотушенным и продолжавшим развиваться в некачественно изолированном выработанном пространстве, пожаром № 40. Возникновение эндогенного подземного пожара № 40 было вызвано:

1. Деформация целика, приведшая к образова-

нию путей перетоков воздуха в выработанное пространство вышерасположенной и ранее отработанной лавы 3 – 2 – 17;

2. Некачественная изоляция выработанного пространства лавы 3 – 2 – 17;

3. Непринятие мер по снижению действующих напоров в проводимой выработке – в вентиляционном штреке 3 – 2 – 19.

Примерно сходными являются условия возникновения эндогенных подземных пожаров, возникших на шахте «Усинская» и получивших порядковые номера 22, 22р, 24 и 49, а в целом одной из главных причин является наличие возможности перетоков воздуха из проводимой выработки через оставляемые межлавные целики. Это позволяет сделать вывод о том, что необходимо разработать комплекс мер теоретически обоснованного характера, направленных на предотвращение повторения подобных случаев и получивших статус обязательных, через посредство их утверждения в соответствующих надзорных инстанциях. Поскольку выполнение этих мер наверняка повлечёт за собой необходимость изменения положений, связанных с действующими нормативными документами.

Анализ возникновения эндогенных пожаров при отработке мощных пологих пластов показал, что основной причиной их являются концентрированные потери, приуроченные к зонам геологических нарушений, отслоившегося угля от борта целиков, оставляемых в отработанных пространствах, или в межслоевых пачках угля при наличии пожароопасных утечек воздуха в выработанное пространство.

Выявлено, что зонами повышенной эндогенной пожароопасности являются:

1. 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;

2. Целики, оставляемые в выработанном пространстве в зонах геологических нарушений;

3. Межслоевые пачки угля значительной мощности более 0,4 м, подрабатываемые нижележащими слоями;

4. 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.

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 снижения химической активности угольных скоплений за счёт обработки их различными антипирогенами.

В результате проведённого 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 мало эффективны, так как они не учитывают особенности аэродинамики выработанных пространств, в первую очередь, на пластах с труднообрушаемыми породами кровли. 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 первую очередь при отработке пластов с труднообрушаемыми породами кровли.

Анализ возникновения эндогенных пожаров при отработке мощных пологих пластов показал,

что основной причиной их являются концентрированные потери, приуроченные к зонам геологических нарушений, отслоившегося угля от борта целиков, оставляемых в отработанных пространствах, или в межслоевых пачках угля при наличии пожароопасных утечек воздуха в выработанное пространство.

В выработанном пространстве первого слоя возникло 5,4 % пожаров, приуроченных к зонам геологических нарушений, а в период отработки второго и третьего слоёв обнаружено 6,4 % очагов самовозгорания угля из-за подработки потерь на первом слое и наличии прямой аэродинамической связи даже в период подготовки нижних слоев.

Меры по предупреждению возникновения эндогенных пожаров направлены, главным образом, на сокращение утечек воздуха, поступающего в пожароопасные зоны и снижения химической активности угольных скоплений за счёт обработки их различными антипирогенами.

В результате проведённого анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта по предупреждению возникновения эндогенных пожаров при различных вариантах слоевой системы разработки установлено, что применяемые профилактические меры при выемке нижележащих слоёв мало эффективны, так как они не учитывают особенности аэродинамики выработанных пространств, в первую очередь, на пластах с труднообрушаемыми породами кровли [1 – 10].

Таблица 1. Анализ эндогенных пожаров при слоевой выемке угля  
Table 1. Analysis of endogenous fire in the grate-coal extraction

№ пожара	Дата возникновения	Дата списания	Шахта, пласт, адрес	Мощность пласта, м	Угол падения, град.	Характеристика вмещающих пород		Наличие геологических нарушений
						Кровля	Почва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	02.02.80	06.07.80	им.Шевякова, пл. III, 6-7 бр. поле, г.+260 м, л. 1-1-2.	9,0	18-23	Алевролит 7-8 м, песчаник 25-28 м.	Углист. аргиллит 0,4-0,6 м, алевролит	«Взброс», амплитуда 1,7-3,8 м.
35	31.01.85	24.07.85	им. Ленина пл. III, бр. поле, г.+245 м	10,0	12	Алевролит 3-10м песчаник.	Алевролит 2,0м, песчаник.	«Надвиг» амплитуда 13-25 м.
36	28.10.85	11.04. 86 г.	Томская, пл. III, г.+50м, вост. кр. л. 3-2-5.	9,5	11	Алевролит 3-8 м, песчаник 4-6 м.	Алевролит 7,0м, песчаник 8 м.	Нарушение, амплитуда 1-1,2 м
37	03.02.86	04.06.87	им. Ленина пл. IV -V, г.+245м	9.5-10	9-16	Конгломерат 1-2 м.	Алевролит 6,0м	«Надвиг» амплитуда 1-4 м.
38	22.01.87	22.08.90	Томская, пл. III, г.+50м, вост. кр. л. 3-2-4.	9,5	11	Алевролит 3-8 м, песчаник 4-6 м.	Алевролит 7,0м, песчаник 8 м.	Нет
39	27.09.87	16.12. 94	Усинская пл. III, г. 0м, зап. крыло, л. 3-3-10.	8,5-9,5	8-12	Алевролит 8-12 м, песчаник 25-30	Угл. аргиллит 0,3-08 м, алевро-	2 нарушения типа «Надвиг» с амплитудой

						м.	лит.	2-3 м. паде- ния 7-10°
40	13.05.88	20.11.91	Усинская пл. III, г. Ом, во- сточн. крыло л. 3-3-17.	8,5-9,5	8-12	Алевро- лит 8-12 м, песча- ник 25-30 м.	Угл. ар- гиллит 0,3-08 м, алевро- лит.	2 наруше- ния типа «Надвиг» Амплит. 0,1 -2 м. 7-10°
41	24.11.89	13.11.90	им. Ленина пл. IV -V , уклонное по- ле.	10,5	10	Алевро- лит 9 м, песчаник 22м.	Алевро- лит 4-10 м, песча- ник 22 м.	«Надвиг» с амплитудой 0,8м.
41р	12.04.90	14.10.99	им. Ленина пл. IV -V , уклонное по- ле.	10,5	10	Алевро- лит 9 м, песчаник 22м.	Алевро- лит 4-10 м, песча- ник 22 м.	«Надвиг» с амплитудой 0,8м.
15р	18.12.90.		им. Ленина пл. III, 3-е бр. поле, г.+245 м,	9,5	10	Алевро- лит 2-12м песчаник 20-25 м.	Алевро- лит 2-4м, песчаник 16-28 м.	Нарушение типа «Надвиг»
44	27.08.91		им. Шевякова, пл. III.	8,5-10	18-23	Алевро- лит 8-12м песчаник.	Алевро- лит	«Взброс» с ампл. 1,2- 1,5 м.
45	15.10.91		им. Ленина пл. III.	9,5-10	10	Алевро- лит, песча- ник.	Алевро- лит 6 м.	«Надвиг» с амплитудой 4 -8 м.
47	07.05.92		им. Шевякова, пл. III, 7-8 бр. поле, г.+260 м.,	8,5-10	18-23	Алевро- лит 8-12 песчаник 25-28 м.	Углист. аргиллит 0,4-0,6 м, алевролит	«Взброс» , амплитуда 0,4-2,4 м.
49	02.01.94	14.07.95	им. «Усин- ская» пл. III, г. Ом, зап. кры- ло, л. 3-3-16.	8,5-9,5	8-12	Алевро- лит 8-12 м, песча- ник 25-30 м.	Угл. аргил лит 0,3-08 м, алев- ролит.	3 наруше- ния типа «Надвиг» с ампл. 0,6, 1,5, 6,0 м.
56	15.12.98	18.05.99	им. «Усин- ская» пл. III, г. Ом, зап. кры- ло, л. 3-3-17.	8,5-9,5	8-12	Алевро- лит 8-12 м, песча- ник 25-30 м.	Угл. аргил лит 0,3-08 м, алев- ролит.	3 наруше- ния типа «Надвиг» с ампл. 2,0, 1,5, 5,0 м.
60	27.08.04	06.11.09	ш. «Сибир- гинская», пл. III, лава 3-1-3	8,5	6-10	Песчаник 25 м, алевро- лит 15 м.	Угл. алев- ролит.	«Надвиг» с амплитудой 3,5 м.
65	29.07.08	06.10.10	им. Ленина пл. VI.	5,95	12	Алевро- лит	Алевро- лит	6 наруше- ний «Надвиг» с амплитудой 0,4-0,7 м
66	16.08.10	20.10.11	ш. «Ольже- расская – Но- вая»	6,25 – 9,75	6-10	Алевро- лит 41 м, песчаник 18 м	Алевро- лит 3 м, песчаник 6,5 м	«Надвиг» с амплитудой 1м.
67	13.06.11	27.06.14	ш. «Сибир- гинская», пл. III, лава 3- 1-3	8,5	6-10	Песчаник 25 м, алевро- лит 15 м.	Угл. алев- ролит.	«Надвиг» с амплитудой 3,5 м.
69	01.03.12	16.08.12	ш. «Ольже- расская – Но- вая»	6,25 – 9,75	6-10	Алевро- лит 41 м, песчаник 18 м.	Алевро- лит 3 м, песчаник 6,5 м.	«Надвиг» с амплитудой 1м.

Продолжение таблицы

№ пожара	Системы разработки	Условия возникновения пожара	Дата отработки		Скорость отработки	Причины возникновения пожара
			Начало	Конец		
1	10	11	12	13	14	15
30	НСО	При подготовке к выемке 2-го слоя	03.78	12.78	70	Концентрированные потери угля в зоне геологических нарушений. Значительные утечки воздуха.
35	НСО	Велись демонтажные работы в отработанной лаве 2-го слоя	07.84	10.84	115	Наличие концентрированных потерь угля. Длительный срок демонтажных работ
36	НСО	При отработке 2-го слоя л. 3-2-5.	01.85	08.85	70	Наличие геологического нарушения, притечек воздуха (80м3), отсутствие контрольных скважин.
37	НСО по падению.	Велись работы по погашению бремсбергов. целиков.	11.85	02.86	52	Некачественная изоляция выработанного пространства, концентрированные потери угля, длительный срок подготовки выемочного столба.
38	НСО	При отработке 2-го слоя л. 3-2-4.	04.86	01.87	58	Наличие концентрированных потерь угля, притоков воздуха, аэродинамической связи выработанного пространства с поверхностью.
39	НСО	При отработке 3-го слоя л.3-3-10	12.85	07.87	36	Потери в зоне геологического нарушения, несвоевременная изоляция, некачественная профобработка.
40	НСО	Демонтаж комплекса (5мес.).	12.86	01.88	50	Потери угля, длительный срок отработки и демонтажа, несвоевременная изоляция.
41	НСО	Одновременно велась отработка 1-го и 2-го слоёв с опережением 20-40 м.	04.88	12.88	58	Наличие концентрированных потерь угля, некачественная профобработка выработанного пространства, несвоевременная изоляция.
41р	НСО	В отработанном пространстве 1-го и 2-го слоя лавами 0-5-1-8, 0-5-2-8	1 сл. 04.88 2 сл. 05.88	1 сл. 09.88 2 сл. 12.88	40 -110	Прекращение профобработки
15р	Камерная с гидротранспортом	В отработанном пространстве 3-го бр. поля.	05.64	04.70		Наличие значительного количества концентрированных потерь угля, прососов воздуха, некачественная изоляция, длит.срок отработки бр. поля.
44	НСО	При отработке 1-го слоя				Наличие концентрированных потерь в зоне геологического нарушения.
45	НСО	При отработке 2-го слоя лава 0-3-2-10	1 сл. 11.85 2 сл. 03.90	1 сл. 04.882 сл. 06.92	10-70	Наличие концентрированных потерь в зоне нарушения, утечки воздуха, неэффективная профобработка.
47	НСО					Некачественная изоляция выработанного пространства,

						аэродинамическая связь с земной поверхностью.
49	НСО	При отработке 3-го слоя лава 3-3-16	01.93	09.94	10-50	Наличие концентрированных потерь в зоне нарушений, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.
56	НСО		09.95	05.96	15-90	Наличие концентрированных потерь в зоне нарушений, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.
60	НСО		08.03	03.04		Наличие концентрированных потерь в зоне нарушения, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.
65	НСО	При отработке лавы 0-6-1-13	03.08	03.14		Наличие концентрированных потерь в зоне нарушения, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.
66	НС с выпуском подкровельной пачки.	При отработке лавы 21-1-7.	05.10	11.14		Несовершенство системы разработки, нарушение технологической дисциплины при ведении очистных работ, наличие концентрированных потерь угля в выработанном пространстве, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.
67	НСО		09.06	02.14		Наличие концентрированных потерь, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.
69	НС с выпуском подкровельной пачки.	При отработке лавы 21-1-7.	05.10	11.14		Несовершенство системы разработки, нарушение технологической дисциплины при ведении очистных работ, наличие концентрированных потерь угля в выработанном пространстве, утечки воздуха, некачественная изоляция, неэффективная профобработка.

## 2. Рассмотрение схем проветривания выемочных полей

Схемы проветривания могут быть с одно-, двух- и трёхсторонним прилеганием вентиляционной струи к выработанному пространству. Это определяется взаимным расположением очистных забоев, воздухоподающих и воздухоотводящих выработок, направлением движения по ним свежей и исходящей струй воздуха.

На шахтах Кузбасса при отработке мощных пологих пластов слоевыми системами по безцеликовой технологии применяются возвратноточная, прямоточная и комбинированная схемы проветривания. При подготовке выемочных столбов с проведением выработок вприсечку к выработанному

пространству применяется в основном возвратноточная схема с одно-, двух- и трёхсторонним 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 отработанному 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 меж-

ду двумя ранее отработанными, имеет место трёхстороннее примыкание воздушной струи к выработанному пространству.

Возвраточная схема проветривания является более надёжной и безопасной по фактору самовозгорания угля, на развитие которого оказывает характер примыкания струи воздуха к выработанному пространству и качество изоляции смежных лав. Существенным недостатком возвраточной 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 возвраточной схемы проветривания, а при направлении частично струи воздуха по выработанному пространству для осуществления газоотсоса фактически предопределяется 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 показал, что при повышенной газообильности выемочных участков увеличение нагрузки на очистной забой может быть обеспечено за счет технологических схем с применением прямоточного проветривания с подсыжением 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 несележивающимися породами непосредственной и основной кровли. Такие условия имеют место 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 производить 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:

$$l = 0,5 \cdot v \cdot \tau_{инк}$$

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

Таким образом, эндогенная пожароопасность горных работ при применении той или иной схемы проветривания будет зависеть от величины утечек воздуха в выработанное пространство, а они, соответственно, от аэродинамического сопротивления обрушенных пород и перепада давлений воздуха по пути его фильтрации.

Поскольку аэродинамическое сопротивление выработанного пространства зависит от горно-геологических условий отработываемого 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.

Экспериментальные исследования по установлению влияния схем, способов и параметров проветривания выемочных полей на распределение утечек воздуха в выработанное пространство производились в основном при отработке мощных пологих пластов по схеме «слой – пласт». Они не характеризуют все варианты слоевой выемки угля на мощных пологих пластах, вследствие чего дополнительное изучение особенностей аэродинамики выработанных пространств для научного обоснования аэродинамических способов профилактики эндогенных пожаров, в первую очередь при отработке пластов с труднообрушаемыми породами кровли. [3, 8–10]

### Выводы

1. Величина утечек воздуха в выработанное пространство зависит от аэродинамического сопротивления обрушенных пород и перепада давлений воздуха по пути его фильтрации;
2. Эндогенная пожароопасность горных работ при применении той или иной схемы проветривания будет зависеть от величины утечек воздуха в выработанное пространство;
3. Аэродинамическое сопротивление выработанного пространства зависит от горно-геологических условий отработываемого пласта;
4. Основным параметром, влияющим на распределение утечек воздуха, является величина перепада вентиляционных давлений;
5. Величина перепада вентиляционных давлений определяется схемой подготовки участка, с учетом необходимости обеспечения требуемой нагрузки на очистной забой;

6. Экспериментальные исследования по установлению влияния схем, способов и параметров проветривания выемочных полей на распределение утечек воздуха в выработанном пространстве производились в основном при отработке выемочных полей по схеме «слой-пласт» [3, 8–10]. Однако выполненные исследования не характеризуют все варианты слоевой выемки угля на мощных пологих пластах, в первую очередь при отработке пластов с труднообрушаемыми породами кровли, вследствие чего необходимо дополнительное изучение особенностей аэродинамики

выработанных пространств для научного обоснования аэродинамических способов профилактики эндогенных пожаров;

7. Необходимо разработать комплекс мер теоретически обоснованного характера, направленных на предотвращение повторения подобных случаев и получивших статус обязательных, через посредство их утверждения в соответствующих надзорных инстанциях. Поскольку выполнение этих мер наверняка повлечёт за собой необходимость изменения положений, связанных с действующими нормативными документами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка и выбор технологических схем проветривания при проектировании горных работ на пластах самовозгорающегося угля / В.М. Маевская, З.С. Быкова и др. // Тр. ВостНИИ. Предупреждение эндогенных пожаров в шахтах. Кемерово – 1986 г. С. 2 – 13. – Библиогр. : с. 12 – 13 (4 наим.).
2. Разработать требования к ведению горных работ при схемах проветривания с подсыжением восходящей струи воздуха / В.М. Маевская, З.С. Быкова // Отчет ВостНИИ, Кемерово, 1984 г. – 76 с.
3. Разработать комплексный способ и схемы профилактики эндогенных пожаров при слоевой выемке из мощных пологих и наклонных пластов / М.П. Белавинцев, В.О. Торро и др. // Отчет ВостНИИ, Кемерово, 1993.
4. Опыт отработки мощных пластов пологого залегания / В. О. Торро, В. П. Белов, А. В. Ремезов // Уголь, 2008 – №1. С. 11-14.
5. Необходимость создания интеллектуальных систем нового уровня управления всех технологических процессов для обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля / А. В. Ремезов, В. О. Торро и др. // III Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве», Междуреченск. - 2014. – С. 58-59.
6. Разработка технологических схем отработки мощных пологих пластов наклонными слоями с восходящим порядком выемки слоев / В. О. Торро, А. В. Ремезов // Материалы II Международной научно-практической конференции, Уфа, 29-30 сентября 2014 г.- РИО ИЦИПТ (Исследовательский центр Информационно-правовых технологий). – С. 131-143.
7. Технологические схемы разработки пологих и наклонных пластов Кузнецкого бассейна / Н.С. Арсенов, В.П. Белов и др. Прокопьевск, 1989. - 77с.
8. Анализ схем проветривания выемочных полей на мощных угольных пластах / В. О. Торро, В. П. Тащанко, А. В. Ремезов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2015 - № 5. – С. 15-22.
9. Основные закономерности формирования очагов самонагрева угля / В. О. Торро, А. В. Ремезов // Международный академический вестник. – 2015 г. – № 2 (8). – С. 137-143.
10. Опыт отработки мощных пологих пластов в Кузбассе / В. О. Торро, А. В. Ремезов и др. // Кемерово: ООО «ОФСЕТ», 2015. – 898 с.

#### REFERENCES

1. Ocenka i vybor tehnologicheskikh shem provetrivaniya pri proektirovanii gornyh rabot na plastah samovozgoajushhegosja uglja / V.M. Maevskaja, Z.S. Bykova i dr. // Tr. VostNII. Preduprezhdenie jendogennyh pozharov v shahtah. Kemerovo – 1986 g. S. 2 – 13. – Bibliogr. : s. 12 – 13 (4 naim.). (rus)
2. Razrabotat' trebovaniya k vedeniju gornyh rabot pri shemah provetrivaniya s podsvezheniem voshodjashhej strui vozduha / V.M. Maevskaja, Z.S. Bykova // Otchet Vos-tNII, Kemerovo, 1984 g. – 76 s. (rus)
3. Razrabotat' kompleksnyj sposob i shemy profilaktiki jendogennyh pozharov pri sloevoj vyemke iz moshhnyh pologih i naklonnyh plastov / M.P. Belavincev, V.O. Torro i dr. // Otchet VostNII, Kemerovo, 1993. (rus)
4. Opyt otrabotki moshhnyh plastov pologogo zaleganiya / V. O. Torro, V. P. Belov, A. V. Remezov // Ugol', 2008 – №1. S. 11-14. (rus)
5. Neobhodimost' sozdaniya intellektual'nyh sistem novogo urovnja upravleniya vseh tehnologicheskikh processov dlja obespecheniya bezopasnosti truda pri podzemnoj dobyche uglja / A. V. Remezov, V. O. Torro i dr. // III Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Sovremennye tendencii i innovacii v nauke i proizvod-stve», Mezhdurechensk. - 2014. – S. 58-59. (rus)



6. Razrabotka tehnologicheskikh shem otrabotki moshhnyh pologih plastov na-klonnymi slojami s voshodjashhim porjadkom vyemki sloev / V. O. Torro, A. V. Remezov // Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Ufa, 29-30 sentjabrja 2014 g.- RIO ICIPT (Issledovatel'skij centr Informacionno-pravovyh tehnolo-gij). – S. 131-143. (rus)

7. Tehnologicheskie shemy razrabotki pologih i naklonnyh plastov Kuzneckogo bassejna / N.S. Arsenov, V.P. Belov i dr. Prokop'evsk, 1989. - 77s. (rus)

8. Analiz shem provetrivaniya vyemochnyh polej na moshhnyh ugol'nyh plastah / V. O. Torro, V. P. Tacienco, A. V. Remezov // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh, 2015 - № 5. – S. 15-22. (rus)

9. Osnovnye zakonomernosti formirovaniya ochagov samonagrevaniya uglja / V. O. Torro, A. V. Remezov // Mezhdunarodnyj akademicheskij vestnik. – 2015 g. – № 2 (8). – S. 137-143. (rus)

10. Opyt otrabotki moshhnyh pologih plastov v Kuzbasse / V. O. Torro, A. V. Remezov i dr. // Kemerovo: OOO «OFSET», 2015. – 898 s. (rus)

Поступило в редакцию 21.04.2016

Received 21 April 2016