

LIKWIDACJA WYROBISK PRZYŚCIANOWYCH PRZY PRZEWIETRZANIU SPOSOBEM NA U W ASPEKCIE ZAGROŻEŃ METANOWEGO I POŻAROWEGO

Stanisław Trenczek – GIG-PIB

WPROWADZENIE

Pod koniec 2022 r. Komisja do spraw Zagrożeń w Zakładach Górniczych (powołanej przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego) rozpatrywała nowy sposób likwidacji zbędnych wyrobisk przyścianowych w niektórych kopalniach JSW S.A., w ścianach przewietrzanych sposobem na Y oraz sposobem na U dwustronnie po całej długości węglowej:

- zabudowa wypełnień w odległości nie większej niż 4 m za linią zawału ściany,
- wypełnienia o grubości nie mniejszej niż 1 m, z wykorzystaniem środków chemicznych, mineralnych lub innych materiałów,
- wzajemna odległość pomiędzy kolejnymi wypełnieniami nie powinna przekraczać 4 m. c

Główny powód – trudność w rabowaniu obudowy o zagęszczonej podziałce, wzmocnionej wieloma elementami, w tym także kotwami.

Z uwagi na zasadnicze różnice stanu zagrożenia metanowego pomiędzy sposobami przewietrzania na Y i na U istotne jest odniesienie się do likwidacji wyrobiska odprowadzającego powietrze zużyte ze ściany przewietrzanej sposobem na U.

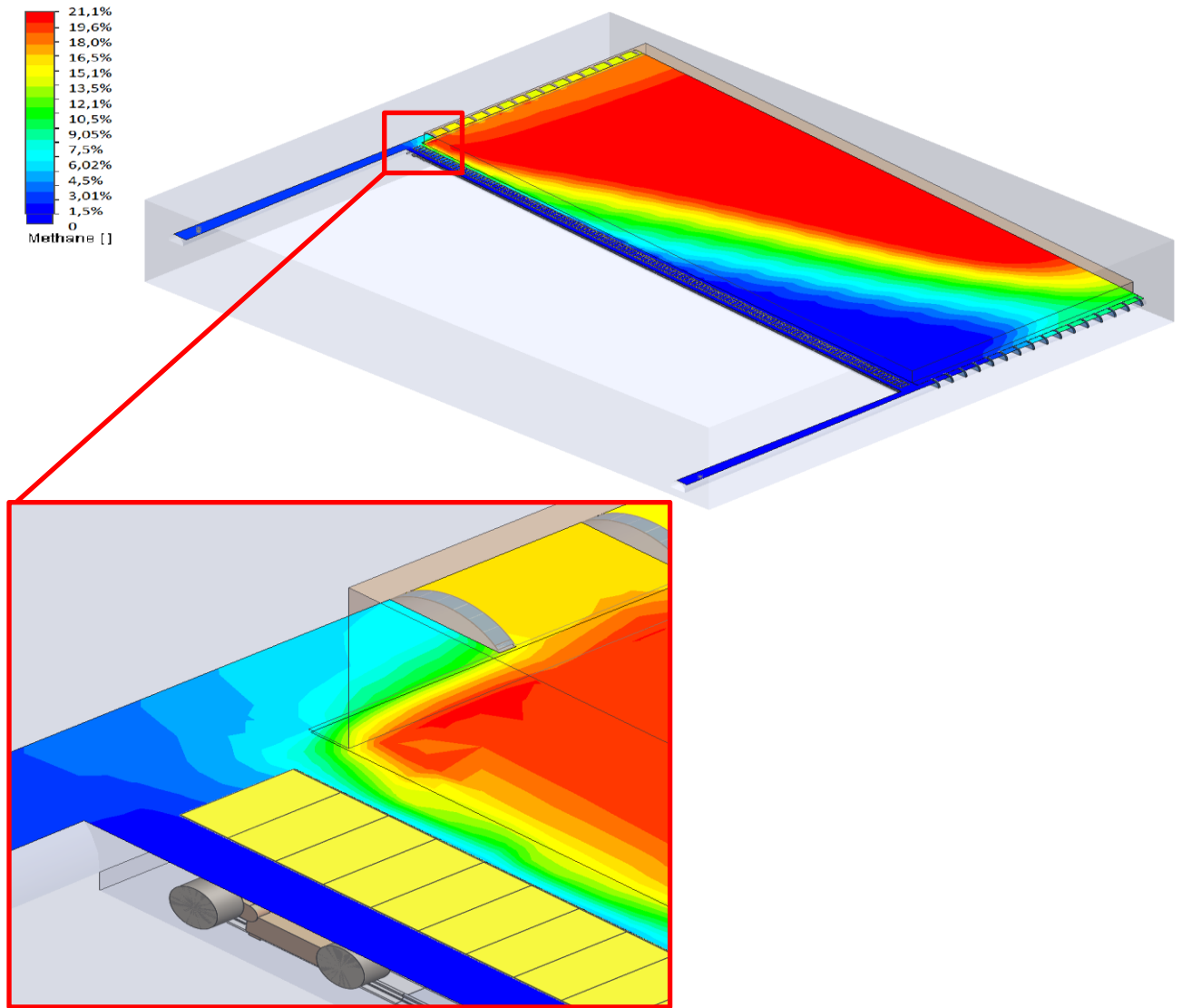
WPROWADZENIE

Opracowanie GIG – do modelowania przyjęto :

- rzeczywiste parametry wyrobiska przyścianowego,
- konwergencję tego chodnika,
- rzeczywiste parametry wentylacyjne i metanowe.

Prognoza zmian stężenia metanu w chodniku likwidowanym przy przewietrzaniu ściany sposobem na „U” wykazuje rozkład stężenia metanu obejmujący także zakres wybuchowy.

Pytanie – czy jest to bezpieczny sposób likwidacji?



ODNIESIENIE DO BADAŃ NAUKOWYCH

W koreferacie do wniosku przytoczono **stwierdzenia dotyczące niebezpieczeństwa wykonywania rabunku obudowy chodnikowej za linią zawału ściany, w przypadku:**

- kiedy **metanowość wentylacyjna w zrobach ściany jest wyższa niż 5%** – książka autorstwa Krause E., Dziurzyński W. pt. „Projektowanie eksploatacji pokładów węgla kamiennego w warunkach skojarzonego zagrożenia metanowo-pożarowego” (Wyd. GIG, Katowice 2015 r.), rozdział 4. „Wytyczne likwidacji zbędnych wyrobisk w kopalniach węgla kamiennego”,
- kiedy **stopień zaciśnięcia wyrobiska jest większy niż 25%** – opracowanie pt. „Szczegółowe sprawozdanie merytoryczne z realizacji zadania nr 2 „Opracowanie zasad projektowania robót górniczych w warunkach występowania skojarzonego zagrożenia metanowo-pożarowego w aspekcie systemów przewietrzania w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny” Strategicznego projektu badawczego (SPB) pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, Etap 17. Określenie zasad likwidacji wyeksploatowanych przestrzeni w środowisku ścian w warunkach stosowanych systemów przewietrzania, przy występowaniu zagrożenia metanowego i pożarowego. GIG Katowice, 2013 r.

ODNIESIENIE DO BADAŃ NAUKOWYCH

W dyskusji nad bezpieczeństwem załogi w rejonie tak prowadzonej likwidacji wyrobiska przyścianowego ściany przewietrzanej sposobem na „U” przywołano:

- obowiązujące przepisy, stanowiące, że ***zbędne wyrobiska powinny być likwidowane w sposób eliminujący możliwość powstawania pustych przestrzeni, w których może się gromadzić wybuchowa mieszanina gazów,***
- przykłady ustaleń Komisji powoływanych po katastrofach górniczych, między innymi w kopalniach „Rydułtowy”, „Halemba”, „Mysłowice–Wesoła” i „Borynia”, gdzie **brak bieżącej likwidacji chodników przyścianowych wskazywany był jako jedna z przyczyn zapaleń lub wybuchów metanu,**
- wyniki badań prof. Kazimierza Lebeckiego, opublikowane przez GiG w Katowicach w 2004 r., z których wynika, że **już wybuch 4 m^3 metanu w wyrobisku, powoduje zagrożenie dla ludzi w odległości około 40-50 m od miejsca wybuchu,** a wybuch 25 m^3 tego gazu stwarza zagrożenie na odcinku co najmniej 100 m miejsca wybuchu.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAISTNIENIA WYBUCHU

Zasadnicze pytanie:

Czy w wyrobisku przyścianowym (chodnik nadścianowy) ściany przewietrzanej sposobem na „U” może dojść do zapłonu i wybuchu metanu w wolnej, 4-ro metrowej przestrzeni niewypełnionej środkami chemicznymi znajdującej się pomiędzy zabudowanymi wypełnieniami o grubości 1 m?

Analiza możliwości - założenia.

- 1) Minimalna ilość metanu powodująca wybuch wynosi $Q_{CH_4_{wyb}} = 4 \text{ m}^3$.
- 2) Dolna granica wybuchowości metanu wynosi $q_{gr} = 4,5\%$.
- 3) Obudowa ŁP-12 wzmocniona kotwami.
- 4) Nominalne pole przekroju poprzecznego drażonego wyrobiska – $F_n = 21,8 \text{ m}^2$.
- 4) Wpływ ciśnienia górotworu i eksploatacyjnego podczas prowadzonej eksploatacji daną ścianą ograniczony – zaciśnięcie wyrobiska przyścianowego do poziomu 75%.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAISTNIENIA WYBUCHU

Kryterialna wielkość pola przekroju poprzecznego wyrobiska likwidowanego za frontem eksploatacyjnym wynosi

$$F_e = 0,75 \cdot F_n = 16,35 \text{ m}^2.$$

Objętość (pojemność) wolnej, 4-ro metrowej, niewypełnionej środkami chemicznymi (pianą) przestrzeni Q_{wp} pomiędzy zabudowanymi wypełnieniami o grubości 1 m wynosi

$$Q_{wp} = l \cdot F_e = 4 \text{ m} \times 16,35 \text{ m}^2 = 65,4 \text{ m}^3.$$

Jeśli w przestrzeni tej Q_{wp} , znajdować się będzie metan w ilości powodującej wybuch, czyli $Q_{CH4wyb} = 4 \text{ m}^3$, to stężenie metanu wynosić będzie

$$q_l = (100 \cdot Q_{CH4wyb}) : Q_{wp} = (100 \cdot 4 \text{ m}^3) : 65,4 = \mathbf{6,11\%},$$

przy czym przy polu przekroju poprzecznego likwidowanego wyrobiska:

- mniejszym od wartości kryterialnej F_e – wystąpi wyższe stężenie metanu,
- większym od wartości kryterialnej F_e – wystąpi niższe stężenie metanu.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAISTNIENIA WYBUCHU

Przy stężeniu metanu równym dolnej granicy jego wybuchowości $q_{gr} = 4,5\%$, ilość metanu w granicznej objętości wolnej przestrzeni wynosiłaby

$$Q_{CH4gr} = (Q_{wp} \cdot q_{gr}) : 100 = (65,4 \cdot 4,5) : 100 = 2,94 \text{ m}^3.$$

Oznacza to, że taka ilość metanu nie doprowadziłaby do wybuchu, ale doprowadziłaby do zapalenia metanu.

Konkluzja

W każdym przypadku występowania w takiej 4-ro metrowej przestrzeni mieszaniny metanowo-powietrznej o stężeniu metanu z przedziału jego wybuchowości $4,5\% - 15\%$, o wystąpieniu zapalenia lub wybuchu metanu decydować będzie równoczesne wystąpienie inicjału.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAISTNIENIA WYBUCHU

Analiza możliwych do zaistnienia inicjałów:

- jawnych: pożar endogeniczny, roboty strzałowe, iskry mechanicznego tarcia urządzeń o metal (organ urabiający o stropnice, łańcuch przenośnika o rynny, podczas rabowania elementów obudowy chodnikowej), iskry mechanicznego tarcia urządzeń o skałę iskrzącą (organ urabiający, wiertło), łuk elektryczny, otwarty ogień (cięcie lub spawanie metali, palenie tytoniu), ładunki elektrostatyczne (materiały nieodpowiednio zabezpieczone – lutnie, płótno itp.),
- dyskretnych: iskrzenie mechaniczne skał (tarcie skały o skałę), wysoka energia i przepływ ładunków elektrycznych (w szczelinach podczas pęknięcia skały, iskry ładunków elektrycznych (powstające podczas niszczenia struktury twardej skały), gorące powierzchnie (powstające po zadziałaniu dużej energii niszczącej strukturę skały lub podczas tarcia skały o skałę),

pokazuje, że zapłon metanu w takich uwarunkowaniach, jakie występują lub mogą wystąpić w wyrobisku przyścianowym likwidowanym za frontem ściany możliwy jest tylko na skutek wystąpienia pożaru endogenicznego.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAISTNIENIA WYBUCHU

Z tego powodu, w przypadku stwierdzenia realnego wzrostu poziomu zagrożenia pożarem endogenicznym należy likwidację chodnika za frontem ściany prowadzić poprzez całkowite wypełnianie wolnej przestrzeni środkami chemicznymi (pianą), co wyraźnie rekomendował koreferent.

Powstaje jednak pytanie, co powinno być wskazaniem/kryterium do rozpoczęcia całkowitego wypełniania likwidowanego wyrobiska przyścianowego?

OKREŚLENIE KRYTERIUM CAŁKOWITEGO WYPEŁNIANIA PIANĄ LIKWIDOWANEGO WYROBISKA

Obowiązujące w Polsce przepisy odnoszą się w sposób jednoznaczny do identyfikacji pożaru poprzez określony sposób postępowania.

Wskaźnik pożarowy	Kryteria	Sposób postępowania
$G = CO : (0,265N_2 - O_2)$	$0,0025 < G \leq 0,0070$	Wzmoczona obserwacja atmosfery, zwiększona częstotliwość pobierania prób gazów
	$0,0070 < G \leq 0,0300$	Prace profilaktyczne
	$G > 0,0300$	Akcja przeciwpożarowa

Należałoby przyjąć, że **rozwój zagrożenia pożarowego, charakteryzujący się wyższą wartością wskaźnika Grahama niż $G = 0,007$** , powinien obligować do **całkowitego wypełniania przestrzeni** likwidowanego chodnika pianką **w odległości nie większej niż 2 m od linii zawału**.

OKREŚLENIE KRYTERIUM CAŁKOWITEGO WYPEŁNIANIA PIANĄ LIKWIDOWANEGO WYROBISKA

Przy tak przyjętych założeniach **wydawać by się mogło**, że sprawa jest rozwiązana.

Jednak przyjęcie kryterialnej wartości wskaźnika Grahama $G = 0,007$, jako obligatoryjnej dla całkowitego wypełniania likwidowanego wyrobiska pianą wymaga innego postępowania przy jego określaniu dla rejonów ścian, w których prowadzona jest inertyzacja zrobów azotem.

Powodem tego jest to, że we wzorze wskaźnika Grahama azot występuje w mianowniku, i przy podwyższonym, nadmiarowym jego stężeniu w stosunku do stężenia normalnego (ok. 80%) wpływ wartości tego stężenia na wartość wskaźnika Grahama jest zdecydowanie negatywny.

Dlatego problem wiarygodności wskaźnika Grahama w przypadku stosowania inertyzacji azotem był niejednokrotnie sygnalizowany w publikacjach.

OKREŚLENIE KRYTERIUM CAŁKOWITEGO WYPEŁNIANIA PIANĄ LIKWIDOWANEGO WYROBISKA

Jednoznaczna ocena wpływu nadmiarowego azotu na wskaźnik Grahama wskazuje, że jeżeli wartość mianownika wskaźnika Grahama zawiera się w przedziale

$$0,2 < (0,265N_2 - O_2) < 5,7,$$

to można przyjąć, że z prawdopodobieństwem wynoszącym co najmniej 95% wskaźnik ten ocenia prawidłowo stan zagrożenia pożarowego.

Wartości mianownika nie mieszczące się w tym przedziale powodują, że wartość wyznaczonego wskaźnika Grahama nie może być brana do oceny stanu zagrożenia pożarowego, gdyż nie jest on wiarygodny.

Aby pomimo tego można było jednak poprawnie ocenić stan zagrożenia pożarem endogenicznym, wykorzystano sztuczną inteligencję w postaci sieci neuronowej, którą nauczono oceniać stan zagrożenia pożarem endogenicznym w rejonie ściany inertyzowanej azotem (praca doktorska L. Świerczka z GiG).

Ilustracją tego może być ocena stanu zagrożenia pożarem endogenicznym zawierająca odniesienie stanu wg wskaźnika Grahama do oceny dokonanej z wykorzystaniem sieci neuronowej.

OKREŚLENIE KRYTERIUM CAŁKOWITEGO WYPEŁNIANIA PIANĄ LIKWIDOWANEGO WYROBISKA

Dla uproszczenia porównania przyjęto pewne poziomy odniesienia, z których poziom 3. rozpoczyna się od obligatoryjnego kryterium w postaci wskaźnika Grahama $G = 0,007$.

Wskaźnik Grahama G	Sposób postępowania	Umowne poziomy zagrożenia wg wsk. Grahama
$0 < G \leq 0,0025$	Sytuacja normalna — nie występuje zagrożenie pożarowe w zrobach.	1
$0,0025 < G \leq 0,0070$	WzmóŜona obserwacja atmosfery w zrobach, zwiększona częstotliwość pobierania prób powietrza.	2
$0,0070 < G \leq 0,0300$	Należy przystąpić do prac mających na celu likwidację lub ograniczenie zagrożenia przy zachowaniu normalnego ruchu w zagrożonym rejonie, przy czym plan tych prac opracowuje kierownik działu wentylacji, a zatwierdza kierownik ruchu zakładu górniczego.	3
$G > 0,0300$	Akcja przeciwpoŜarowa.	4

OKREŚLENIE KRYTERIUM CAŁKOWITEGO WYPEŁNIANIA PIANĄ LIKWIDOWANEGO WYROBISKA

W poniższym przykładzie – wartości wskaźnika Grahama są na poziomie wymagającym zwiększenia częstotliwości pobierania prób do wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych – poziom 2.

L. p.	Etan [ppm]	Etylen [ppm]	Propan [ppm]	Propylen [ppm]	Acetylen [ppm]	Tlenek węgla [ppm]	Tlen [%]	Azot [%]	Dw utl. węgla [%]	Metan [%]	Wodór [ppm]	Wartość wskaźnika Grahama	Wartość mianownika wskaźnika Grahama	Kryteria zagrożenia według wskaźnika Grahama	Kryteria zagrożenia według Sztucznej Sieci Neuro nowej
27	125,00	52,50	33,20	16,40	1,200	1320	3,01	94,97	1,92	0,10	1870,0	0,0060	22,16	2	4
28	128,00	50,00	37,50	16,50	0,486	1274	2,33	95,73	1,85	0,09	1800,0	0,0055	23,04	2	4
29	392,00	51,90	86,80	17,00	0,194	848	4,86	90,66	3,95	0,39	15,7	0,0044	19,16	2	4
30	17,27	0,26	0,96	0,15	0,002	230	15,13	82,56	1,40	0,88	8,6	0,0034	6,75	2	3
31	18,00	0,28	1,10	0,13	0,003	240	13,31	83,27	2,37	1,02	8,9	0,0027	8,76	2	3
32	16,62	0,25	0,91	0,16	0,001	240	11,98	81,17	5,72	1,10	6,4	0,0025	9,53	2	3
33	0,24	0,15	0,08	0,11	0,037	162	18,69	81,02	0,27	0,00	15,3	0,0058	2,78	2	3
34	35,30	1,49	7,03	1,34	0,003	420	14,48	83,00	1,70	0,77	29,4	0,0056	7,52	2	3
35	25,79	0,80	3,66	1,00	0,006	340	13,29	84,17	1,75	0,75	16,3	0,0038	9,02	2	3
36	20,80	1,34	4,73	1,53	0,008	350	10,24	88,55	0,86	0,31	41,8	0,0026	13,23	2	3
37	0,42	0,30	0,15	0,19	0,018	168	15,52	83,52	0,94	0,00	7,1	0,0025	6,61	2	3
38	0,37	0,33	0,12	0,21	0,034	270	16,64	82,78	0,55	0,00	5,1	0,0051	5,30	2	3
39	0,56	0,16	0,20	0,09	0,050	102	17,82	81,85	0,32	0,00	7,2	0,0026	3,87	2	2
40	108,00	0,28	2,54	0,10	0,001	215	13,32	82,11	1,41	3,13	14,3	0,0025	8,44	2	3
41	16,40	1,02	3,32	0,61	0,010	208	13,70	81,22	5,06	0,00	1,6	0,0027	7,82	2	3
42	28,70	0,42	3,72	0,22	0,027	333	14,78	84,63	0,55	0,00	6,4	0,0044	7,65	2	3
43	323,00	0,16	93,00	0,09	0,001	360	8,70	86,80	1,24	3,18	13,4	0,0025	14,30	2	3
44	154,27	0,33	4,41	0,13	0,001	290	11,83	81,82	2,40	3,90	11,7	0,0029	9,85	2	3
45	0,74	0,45	0,23	0,30	0,004	498	13,75	85,40	0,85	0,00	4,3	0,0056	8,88	2	3
46	0,23	0,13	0,08	0,09	0,011	99	18,74	81,02	0,23	0,00	2,1	0,0036	2,73	2	2
47	0,60	0,43	0,20	0,25	0,014	342	15,36	84,13	0,48	0,00	5,8	0,0049	6,93	2	3
48	0,22	0,15	0,07	0,11	0,003	234	17,69	81,71	0,58	0,00	4,0	0,0059	3,96	2	3
49	215,00	0,29	7,06	0,06	0,001	290	10,42	81,37	1,91	6,25	11,5	0,0026	11,14	2	3
50	0,38	0,25	0,13	0,19	0,032	225	16,03	83,20	0,77	0,00	6,0	0,0037	6,02	2	3
51	0,28	0,21	0,11	0,14	0,009	150	17,43	81,95	0,61	0,00	2,8	0,0035	4,29	2	2
52	0,21	0,16	0,07	0,07	0,060	215	15,35	84,35	0,28	0,00	6,4	0,0031	7,00	2	3

OKREŚLENIE KRYTERIUM CAŁKOWITEGO WYPEŁNIANIA PIANĄ LIKWIDOWANEGO WYROBISKA

W kolejnym przykładzie – wartości wskaźnika Grahama są na poziomie 3, wymagającym podjęcia prac profilaktycznych.

L.p.	Etan [ppm]	Etylen [ppm]	Propan [ppm]	Propylen [ppm]	Acetylen [ppm]	Tlenek węgla [ppm]	Tlen [%]	Azot [%]	Dwutl. węgla [%]	Metan [%]	Wodór [ppm]	Wartość wskaźnika Grahama	Wartość mianownika wskaźnika Grahama	Kryteria zagrożenia według wskaźnika Grahama	Kryteria zagrożenia według Sztucznej Sieci Neuronowej
1	0,67	0,28	0,13	0,22	0,018	474	16,78	82,55	0,67	0,00	7,9	0,0093	5,10	3	3
2	84,90	24,50	19,20	11,10	0,106	1130	13,80	82,54	3,58	0,08	700,0	0,0140	8,07	3	4
3	96,60	37,50	19,90	8,40	0,001	2900	10,92	85,21	3,80	0,07	830,0	0,0249	11,66	3	4
4	97,20	38,20	20,10	8,39	0,001	3090	10,56	85,39	3,95	0,10	690,0	0,0256	12,07	3	4
5	93,20	35,00	19,80	6,97	0,010	2380	11,10	84,90	3,88	0,12	280,0	0,0209	11,40	3	4
6	297,00	43,70	57,50	24,40	0,102	1800	9,02	86,06	4,06	0,34	3000,0	0,0131	13,79	3	4
7	487,36	73,96	90,99	43,96	0,110	2230	7,26	86,53	5,08	0,47	3700,0	0,0142	15,67	3	4
8	402,77	39,45	98,38	19,65	0,371	2650	11,00	83,33	0,90	4,43	156,0	0,0239	11,08	3	4
9	344,00	11,00	82,80	13,90	0,051	2825	7,43	86,03	1,34	6,20	276,0	0,0187	15,10	3	4
10	269,00	9,29	61,50	8,96	0,045	2400	8,99	84,43	1,12	5,46	274,0	0,0179	13,38	3	4
11	279,00	8,54	60,40	9,04	0,038	2326	7,27	84,74	1,22	6,77	255,0	0,0153	15,19	3	4
12	287,90	57,90	63,80	15,50	0,304	3825	6,73	83,90	8,49	0,40	500,0	0,0247	15,50	3	4
13	453,90	22,66	87,18	11,95	1,250	4600	8,10	90,17	0,28	0,92	87,5	0,0291	15,80	3	4
14	391,00	18,20	74,20	9,16	2,160	2770	6,78	91,74	0,20	0,96	53,9	0,0158	17,53	3	4
15	198,00	18,00	38,10	5,70	0,329	4300	7,57	83,13	4,58	4,17	900,0	0,0297	14,46	3	4
16	181,00	18,50	34,80	5,68	0,344	3900	8,90	83,39	3,69	3,52	900,0	0,0295	13,20	3	4
17	129,88	5,33	27,12	4,34	0,013	925	13,30	82,08	0,74	3,76	291,0	0,0109	8,45	3	4
18	740,00	39,70	194,00	58,90	0,424	1111	8,91	82,46	3,37	4,86	2000,0	0,0086	12,94	3	4
19	74,80	8,58	19,40	8,55	0,021	1119	8,41	89,54	1,92	0,00	40,0	0,0073	15,32	3	4
20	547,00	62,80	116,00	54,50	0,007	3169	5,52	87,83	4,98	0,56	8040,0	0,0178	17,75	3	4
21	145,00	51,20	35,00	16,30	0,178	1345	9,70	87,57	1,52	0,92	1300,0	0,0100	13,51	3	4
22	247,00	44,00	60,50	15,80	0,834	1516	3,67	91,82	2,86	1,44	213,0	0,0073	20,66	3	4
23	315,00	55,00	72,70	31,10	0,338	2100	5,95	91,26	2,26	0,25	250,0	0,0115	18,23	3	4
24	96,50	33,20	24,40	16,60	1,420	1248	16,76	81,80	1,11	0,10	840,0	0,0254	4,92	3	4
25	12,60	2,64	1,18	0,23	0,015	585	15,94	81,16	0,82	2,02	47,1	0,0105	5,57	3	3
26	19,50	0,69	9,15	1,78	0,003	610	14,56	81,62	3,45	0,30	9,0	0,0086	7,07	3	3

PODSUMOWANIE

Dla określenia kryterialnej wartości parametru, po przekroczeniu którego należy likwidowane wyrobisko przyścianowe całkowicie wypełniać pianą, konieczne jest:

- w przypadku nie stosowania inertyzacji azotem – przeprowadzenie badań węgla danego pokładu pod względem różnotemperaturowego wygrzewania dla określenia stężenia gazów istotnych określających kryterialną wartość wskaźnika Grahama $G = 0,007$,
- w przypadku stosowania inertyzacji azotem:
 - przeprowadzenie badań węgla danego pokładu pod względem różnotemperaturowego wygrzewania z obniżoną zawartością tlenu, odpowiadającą zawartości tlenu w inertyzacji azotem,
 - określenie skorygowanej wartości wskaźnika Grahama (G_{sk}), uwzględniającej wpływ nadmiarowego azotu na ocenę stanu zagrożenia pożarem endogenicznym.

PODSUMOWANIE

Częściowe wypełnianie przestrzeni likwidowanego wyrobiska przyścianowego za frontem ściany przewietrzanej sposobem na U za pomocą środków chemicznych, mineralnych lub innych materiałów jest bezpieczne przy zachowaniu następujących zasad:

- długość odcinka niewypełnianego, nie większa niż 4 m,
- grubość odcinka wypełnianego nie mniejsza niż 1 m,
- ocena zagrożenia pożarowego w zrobach ściany:
 - nieinertyzowanej azotem nie wykaże wartości wskaźnika Grahama $G > 0,007$,
 - inertyzowanej azotem nie wykaże wartości wskaźnika Grahama wyższej od określonego dla eksploatowanego ścianą pokładu wyższej od G_{sk} .

Dziękuję za uwagę

Stanisław Trenczek – GIG-PIB