

UDC 550-837.3

Kovalev N.I., Ph.D., Profesor asociado
Pukhliy V.A., Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor
Soldatova S.V., investigadora
Universidad Nacional de Energía e
Industria Nuclear de Sebastopol,
Sebastopol, Ucrania

SOBRE EL MECANISMO DE FORMACIÓN DE EXPLOSIONES VOLUMÉTRICAS Y DETONACIÓN DE GASES DE HIDROCARBUROS EN MINAS DE CARBÓN

Los problemas de autoignición, explosión volumétrica y Detonación de mezclas de gases de hidrocarburos en minas de carbón. Establece método para detectar áreas de acumulaciones de gases de hidrocarburos con alta presión ($>100 \text{ kg/cm}^2$), vetas de carbón subyacentes. Te hizo-agua sobre las causas de las explosiones volumétricas. Se proponen medidas preventivas para Prevención de explosiones volumétricas en minas de carbón.

Palabras clave: vetas de carbón, procesos de autoignición de mezclas de gas hidrocarburo-hidrógeno, explosiones volumétricas, detonación.

Introducción. El problema de seguridad en las minas con riesgo de metano es muy relevante. Cada año en las empresas de carbón por explosiones de gas. los mineros mueren, las operaciones de extracción de carbón se paran durante mucho tiempo y se causan importantes daños materiales.

En relación con la extracción de carbones térmicos a grandes profundidades, se han vuelto más frecuentes los casos de explosiones volumétricas de gas, que provocaron la muerte de un gran número de mineros y Destrucción de equipos mineros (Ucrania, Rusia). A pesar de que las empresas están tomando medidas serias para la desgasificación integral de las minas, se necesitan sistemas más avanzados para prevenir

Las explosiones, las explosiones volumétricas no cesan. Análisis de accidentes en minas de carbón. minas de Ucrania, realizadas bajo la dirección de un miembro correspondiente del AGN Ucrania, Doctor en Ciencias Geológicas E. Rudneva [1] muestra que las principales razones son (a partir de un análisis de 46

accidentes): 1. Explosiones con pérdida de vidas por entrada repentina en la fábrica. grandes volúmenes de metano e hidrocarburos pesados (40 accidentes), o muerte personas por lesiones y asfixia por gases (6

accidentes). Esto sólo puede suceder debido a la apertura instantánea de áreas con alta presión de gas debajo de las vetas de carbón durante el desarrollo de las vetas (las vetas de carbón se perforan antes del desarrollo, hay volúmenes de gas en ellas con no puede estar bajo alta presión). Además, estas explosiones no fueron iniciado por una chispa, y la mezcla de gas se encendió espontáneamente, y luego explosiones volumétricas y detonaciones.

2. La presencia de tectónica muy compleja y diversa - primaria (clásica) y secundaria (gravedad) en toda el área de la mina

Línea por la que puede fluir gas con altas presiones y temperaturas desde grandes profundidades (>1,5÷3,0 km). 3. Cuando los

gases de hidrocarburos ingresan a la mezcla desde grandes profundidades. que contiene metano e hidrocarburos más pesados, lo que puede provocar una ignición espontánea y una explosión de la mezcla si entra instantáneamente zona de producción de aire (a concentraciones de metano muy inferiores al 5%). Metas y objetivos de la investigación científica. Los principales objetivos del estudio. son:

Comprobación de la eficacia de los equipos geofísicos remotos.

complejo para detectar acumulaciones de gas ubicadas debajo

vetas de carbón y en fallas geológicas, caracterizadas por

valores de presión elevados (>10 KGs/cm²) y ubicados a profundidades de hasta 3000 m.

Determinación de rutas de migración de gas desde grandes profundidades o

desde fuentes ubicadas fuera de los límites de los campos minados (mina

lleva el nombre de A.F. Zasyadko - Ucrania, 2008; Mina Erunakovskaya – VIII, – JSC OUK "Yuzhkuzbasugol", (2009); minas – Zarechnaya, Oktyabrskaya, Sibirskaya, Polysaevskaya (2011, Rusia).

Búsqueda y delimitación de fuentes de gas con valores de alta presión y

temperatura ubicadas debajo de las vetas de carbón y más allá

frontera de campos minados;

Medición de valores de presión y temperatura de gas en fallas geológicas y en

áreas de acumulaciones de gases de hidrocarburos, así como del espesor de horizontes de gas ubicados bajo vetas de carbón, mediante equipos de campo remoto "Buscador".

Determinación de las causas de las explosiones volumétricas de gas y propuestas para prevenir estas explosiones en minas productoras de energía.

carbones valiosos a grandes profundidades.

Métodos de búsqueda. En el trabajo se utilizaron los siguientes métodos de investigación.

1. Para cumplir rápidamente las tareas asignadas se utilizaron métodos de exploración cosmogeológica remota y equipos de prueba de resonancia de campo del complejo de teledetección geofísica del subsuelo "Poisk" (desarrollado por SNUYAEiP). El equipo permite detectar de forma remota fuentes de acumulaciones de gas a profundidades de hasta 5 kilómetros, delimitarlas y determinar la dirección de migración del gas, el número de horizontes de gas, la presión del gas en cada horizonte, así como identificar los tipos de rocas de gas. -reservorios permeables.

La base para el uso del equipo Poisk para estos fines fue el exitoso trabajo de detección de anomalías de gas con alta presión de gas ubicadas debajo de los yacimientos de una mina de uranio.

(Mina Novokonstantinovskaya, Ucrania), estudio de las características de ocurrencia anomalías de gas en rocas de esquisto (Texas, EE. UU.) y áreas remotas

descubrimiento de campos industriales de petróleo y gas (Australia, Indonesia, Estados Unidos, Rusia, Ucrania, Mongolia). El trabajo fue realizado por

especialistas de SNUYAEiP junto con estructuras comerciales que participaron en la prestación del trabajo, así como el instituto principal del Ministerio de Combustible y Energía de Ucrania (UkrNIPromtekhologii y Centro de Investigación IGN de la Academia Nacional de Ciencias de Ucrania (NASU). El éxito de estos

trabajos se evidencia en la conclusión del Instituto de Ingeniería Civil de la Academia Nacional de Ciencias de Ucrania sobre viabilidad de utilizar equipos complejos remotos

“Búsqueda” para realizar trabajos de prospección y geología[9]. 2. El uso

de la perforación exploratoria de pozos para identificar acumulaciones de gas, determinar con precisión las profundidades de los horizontes de gas, las presiones y temperaturas del gas en ellos. Estos trabajos fueron realizados

especialistas en minería y estructuras geológicas de minas o empresas especializadas involucradas por los Clientes en la realización de prospecciones perforación

3. Prospección eléctrica y otros métodos geofísicos tradicionales para la búsqueda de anomalías de gas o análisis de materiales geológicos disponibles en minas (realizadas por SRC IGN NASU, Kiev) para confirmación (o comparación) de los resultados de la detección remota de anomalías de gas para inicio de las perforaciones

exploratorias. 4. Modelado matemático de los procesos de autoignición, explosiones volumétricas y detonación de mezclas de gases y cálculos para establecer condiciones límite para la autoignición de estas mezclas con diversos gases de hidrocarburos en condiciones cercanas a las condiciones reales del gas.

Condiciones en las minas de carbón. Realizado bajo la dirección del Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor de SNUYAEiP V.A. Pukhliy [2-7].

Durante el período de este trabajo, se examinó el campo minado de una mina de carbón. lleva el nombre de Zasyadko (Ucrania) con el equipo de prueba de campo resonante del complejo "Búsqueda" realizada por especialistas de SNUYAEiP (Sebastopol) junto con la empresa comercial MGSP (Donetsk) y el Centro de Investigación Científica IGN NASU, y también llevó a cabo trabajos de investigación en 5 minas de carbón de OJSC OCC "Yuzhkuz-bassugol" (región de Kemerovo, Rusia) – sólo por especialistas de SNUYAEiP [10].

Identificación (reconocimiento) remoto de anomalías de gas en las entrañas de la tierra (hasta una profundidad de 5 km) con el equipo del complejo "Poisk" se llevaron a cabo fenómenos de resonancia de sustancias bajo la influencia de radiación de radiofrecuencia sobre los átomos de los elementos (espectroscopia de RMN) incluidos en un tipo específico de hidrocarburos (petróleo, gas) y rocas de petróleo y gas, colectores nasales [8].

Para enviar radiación

resonante de radiofrecuencia a grandes profundidades se utilizaron generadores de radiación de microondas con un campo electromagnético giratorio. Los espectros de resonancia de frecuencia de átomos de elementos químicos de referencia de rocas yacimientos (Ni, V, C, P, Si, S, etc.) y los espectros de información y energía se modularon a la frecuencia de funcionamiento del generador de microondas.

tres muestras de petróleo, metano y gases de hidrocarburos superiores (etano, propano, butano).

Los espectros de resonancia (espectros de RMN) de átomos metálicos incluidos en la composición de las sustancias identificadas y seleccionados como elementos de referencia se registraron en instalaciones de RMN con una frecuencia de 60 MHz y 250 MHz [11, 13], y su información sobre los espectros de energía de las sustancias se registraron. grabado en Espectrofotómetro de absorción atómica (atomización de sustancias en un quemador de gas) con un accesorio sensible de amplia frecuencia. Información y espectros energéticos de identificación de gases y las rocas [14] se transfirieron a portadores magnéticos "de trabajo" ("matrices de trabajo"), y los espectros atómicos de los metales a "matrices de prueba" y se utilizaron para la excitación resonante de estas sustancias en las entrañas de la tierra (hasta profundidades 3 kilómetros). La excitación resonante de sustancias se llevó a cabo mediante exposición. en ellos las señales de los generadores de microondas moduladas por la frecuencia del resonante Espectros de RMN (atómicos) o por frecuencia de información-energía. espectros de la sustancia deseada.

Para estudiar la composición elemental de las rocas yacimientos, utilizamos Método de activación de neutrones para determinar la concentración de metales y no metales en ellos. Composición elemental de muestras de muestra y amplitudes de sus características espectrales integrales (medición de información espectros) se ingresaron en el banco de datos del complejo estacionario Poisk y se utilizaron como signos de reconocimiento de hidrocarburos y rocas yacimientos (ubicadas a profundidades de hasta 5000 m) al procesar los resultados del trabajo de campo [15]. Para configurar el equipo y confirmar la detección

(identificación) remota de tipos de hidrocarburos, antes del inicio de los trabajos de campo, se realizaron pruebas en condiciones de laboratorio de equipos estacionarios y portátiles del complejo Poisk para el registro selectivo de muestras (muestras) de gas y muestras de tipos de rocas reservorios desde diferentes distancias (25 my 50 m).

En condiciones de campo, se envía una señal modulada desde la unidad de alta frecuencia del generador de microondas utilizando una antena estrechamente direccional. en un cierto ángulo profundo en la Tierra para resonancia remota perturbaciones de los átomos de un elemento de referencia o de toda la sustancia identificable. En este caso, sobre el área del campo de hidrocarburos, se campo electromagnético de alta frecuencia característico de un tipo particular hidrocarburos y rocas. Este campo electromagnético es registrado por un dispositivo receptor sensible sintonizado a la frecuencia de resonancia un átomo específico de un elemento de referencia o el espectro integral de una sustancia (tipo de rocas, gas hidrocarburo). Esto permitió una identificación selectiva remota de una sustancia específica ubicada a varias profundidades. Con base en los resultados de la decodificación de

fotografías satelitales utilizando tecnologías químicas de radiación [16], en esta fotografía se determinan los límites de los contornos de áreas con anomalías de hidrocarburos. Datos

Los límites se aclaran en el campo utilizando equipos móviles y receptores GPS, luego se trazan en un mapa del área de búsqueda. El método de delimitación es prácticamente similar a los métodos de teledetección aeroespacial existentes, sin embargo, la probabilidad de una identificación práctica del tipo de hidrocarburos (gases de hidrocarburos) utilizando el equipo del complejo Poisk aumenta considerablemente (más confiable 95%).

El equipo de campo de prueba de resonancia le permite calcular la profundidad. aparición de horizontes de gas, su espesor y presión de gas en ellos.

Resultados del trabajo. Al inspeccionar el campo minado de una mina de carbón. lleva el nombre de Zasyadko (Fig.1) se encontró que se cruza de oeste a este 3 fallas geológicas de "canales" con mayor presión de gas en ellas y uno de norte a sur [17].



Figura 1. Contornos de anomalías geoelectricas de la ATZ y límites de permeables al gas. "canales" en el mapa topográfico del área de adjudicación minera de la mina de carbón

lleva el nombre de A.F. Zasyadko [17].

Las secciones verticales permeables al gas (pilares) se ubicaron fuera del campo minado ($1 \div 1,5$ km antes de su límite) y se ubicaron en cada una de las 3 fallas ("canales"). La migración se produjo a través de todos los "canales" gas de oeste a este, lo que aseguraba una cierta presión de gas en cada canal de la casa.

El ancho de los "canales" oscilaba entre 40 y 80 m. Cada "canal" tenía 4 horizontes permeables al gas, que representaban fracturas.

arenisca de grano medio que se encuentra en cada canal a profundidades de 410 m a 1690 m. El espesor de los horizontes portadores de gas osciló entre 20 y 80 m, el exceso de presión de gas en los horizontes (dependiendo de las profundidades) fue desde 16 kgf/cm² (horizonte superior) hasta 160 kgf/cm² (horizonte inferior). Gas Los horizontes estaban ubicados debajo de las vetas de carbón. Fuente principal de gas con alta presión estaba ubicado fuera del campo minado (a 5 km de a él). El gas procedente de él entró en el campo minado a través de tres fallas que cruzaban el campo minado. Además, la distribución de gas en el "canal" debajo de las vetas de carbón se produjo desde el horizonte inferior (1690 m) con alta presión de gas. (230 kgf/cm²) hasta el horizonte superior (16 kgf/cm²) a lo largo de la zona general permeable al gas "pilar" de sección vertical desde una profundidad de 1690 m hasta una profundidad de 410 m (Fig. 2).

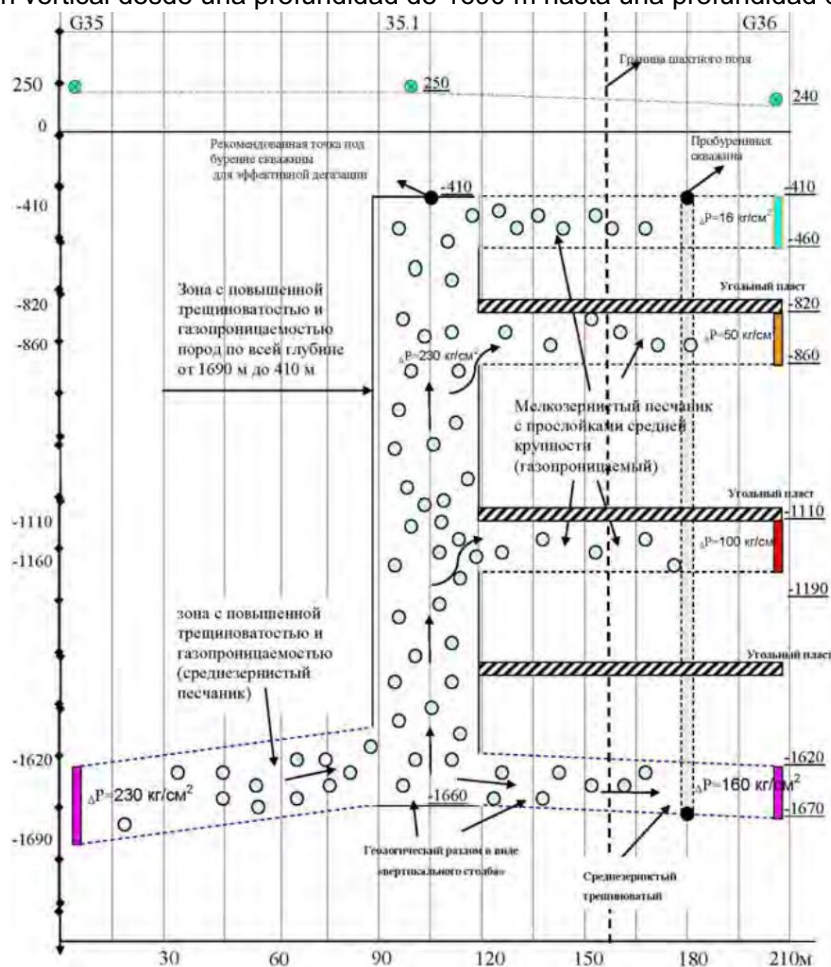


Figura 2. Sección de profundidad 035-036 del canal portador de gas en el campo minero de una mina

de carbón. A una distancia de 5 km al oeste del campo minado, una gran depósito que contiene gas (diámetro 4 km) con una presión de gas de 350 kgf/cm², de donde se originaron los "canales" de flujo de gas debajo de las vetas de carbón. A medida que nos acercábamos al campo minado, la presión del gas en los yacimientos que contenían gas disminuyó (se redujo a 230 kgf/cm²). Un análisis de los lugares de accidentes mineros con explosiones (y muertes) de metano mostró que se produjeron explosiones

cuando se desarrollan vetas de carbón sobre "canales" (fallas) que contienen gas con alta presión de gas ($>50 \text{ kgf/cm}^2$). Un pozo perforado en el

"canal 1" de gas del norte en los 4 horizontes confirmó la presencia de entradas naturales de hidrocarburos (y no "carbón") con presiones de gas correspondientes significativamente mayores ($P_4 = 160 \text{ kgf/cm}^2$) en las vetas de carbón (generalmente $5-10 \text{ kgf/cm}^2$). Eso. Se confirmaron los datos obtenidos de la determinación remota de los parámetros de los "canales" de gas (colectores), sus profundidades y la presión del gas en ellos. En consecuencia, si se perforan pozos de desgasificación

directamente en "pilares" o "canales" verticales permeables al gas, entonces esto

reducirá drásticamente la presión total del gas que se acerca al campo minado, lo que significa La situación debajo de las vetas de carbón en todo el campo minado mejorará.

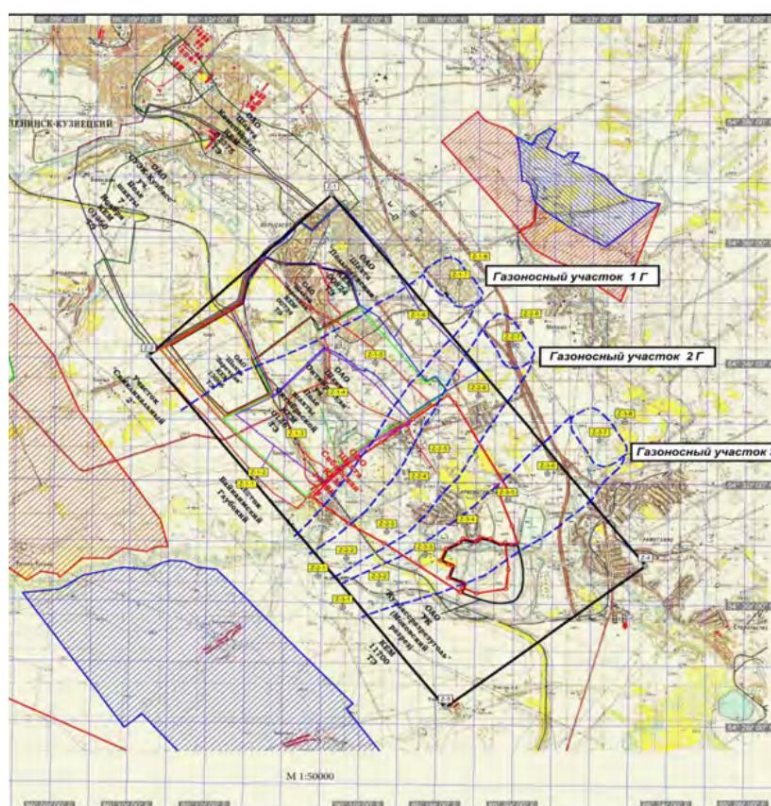


Fig. 3. Límites de anomalías de gas identificadas en el territorio de las parcelas mineras minas de carbón Polysaevskaya, Zarechnaya, Oktyabrskaya y Sibirskaya ($S=99 \text{ kilómetros}^2$).

Es ventajoso utilizar gas de un pozo de este tipo con un caudal industrial y una presión de 160 kg/cm^2 para las necesidades técnicas de la ciudad, en lugar de desgasificarlo en el sistema operativo. Una imagen similar fue revelada en varios rusos minas (Fig. 3, Fig. 4). Se dieron recomendaciones para la perforación y desgasificación. pozos en "colectores" de gas con alta presión de gas, lo que puede reducir significativamente el peligro del gas en todo el campo minado.

Trabajos similares realizados en cinco minas de carbón en Rusia confirmó una situación similar por la presencia de varios "canales" de entrada

Inyección de gas con alta presión $> 350 \text{ kg/cm}^2$ bajo vetas de carbón provenientes de fuentes ubicadas a grandes profundidades y más allá. campos minados.



Fig.4. Perfil de profundidad de la sección de gas No. 1G en el campo minado (mina "Zarechnaya", Rusia). Se

registraron altas presiones de gas debajo de las vetas de carbón en profundidades 500 m. Las acumulaciones de gas con alta presión ($>50 \text{ kg/cm}^2$) representan un gran peligro durante las operaciones mineras, porque Cuando se abren vetas de carbón cerca de tales acumulaciones, se produce una liberación instantánea de grandes volúmenes de una mezcla de gases al ambiente de aire y oxígeno de la carretera, donde se encuentra constantemente una mezcla de gas metano con una concentración de metano por debajo de la norma permitida ($3\pm 4\%$). Debido a la constante oxidación del gas. mezclas con tal concentración de metano en el aire a la deriva, esta mezcla tiene un cierto grado de disposición de "excitación" para encenderse. EN En el momento en que se inyectan grandes volúmenes de una mezcla de gases con un alto contenido de metano, se produce la autoignición instantánea de los gases de hidrocarburos y su explosión volumétrica incluso con concentraciones de CH_4 en la galería de trabajo es inferior a 5%. El sistema de alerta automatizado ni siquiera tiene tiempo de responder ante un aumento de la concentración de metano en la mezcla. Los resultados

de la modelización matemática de los procesos de autoignición y explosiones también confirman la posibilidad de explosiones volumétricas con Entrada repentina de gas en grandes volúmenes en la galería de trabajo. En este caso también se puede formar un frente de ondas de choque a una velocidad

>1000 m/seg, que es un factor iniciador adicional de una explosión volumétrica.

Detonación. Cabe señalar que la propagación de la llama y la combustión rápida de mezclas de hidrocarburos están determinadas por reacciones químicas que mantienen gradientes de concentración, así como por procesos de transporte molecular que hacen que estos gradientes se muevan hacia espacio. A

diferencia de estos procesos, la propagación de la detonación se produce mediante una onda de presión, que es alimentada por reacciones químicas y la consiguiente liberación de calor. Una propiedad característica de la detonación es $1000v$ m/s, la velocidad de propagación de la detonación es de un orden de magnitud mayor que la velocidad de propagación v de la llama de combustión de la mezcla de hidrocarburos (normalmente 0,5 m/s). Velocidad de propagación de la onda de detonación v

presión p de los gases quemados se calcula según la teoría de Chapman-Jouguet [4]. Ellos dependen de la presión p_u y de la densidad de los gases no quemados, del calor específico reacción q y sobre el valor de γ , determinado por la relación de capacidades caloríficas en volumen y presión constantes ($\gamma = \frac{C_p}{C_v}$).

Ecuaciones básicas de detonación de Chapman-Jouguet:

$$q = 1(2\tilde{v} \sqrt{\frac{p_u}{\rho_u}})^2 \quad \frac{v}{v_u} = \frac{1}{\gamma + 1} \quad \frac{v}{v_u} = 1(2 \frac{q}{p_u} \frac{\rho_u}{\rho_u})$$

Cabe destacar que la cuestión de la transición de la combustión rápida (deflagración) a la detonación es muy importante para muchas aplicaciones prácticas, en particular es muy importante para las minas de carbón. El modelado matemático permite analizar tales procesos. La figura 5 muestra la transición.

a la detonación en un ambiente de hidrógeno y oxígeno. La deflagración se acelera y se convierte en detonación. Cabe señalar

que, por regla general, las ondas de detonación no son planas; se observa experimentalmente la formación de una estructura celular del frente de detonación.

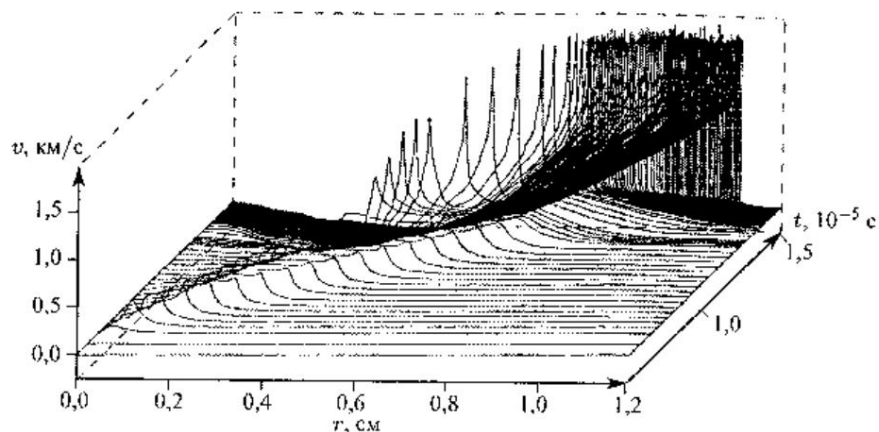


Fig.5. Perfiles de velocidad durante la formación de una onda de detonación en mezcla de hidrógeno y oxígeno H₂-O₂ a una presión inicial $p = 2 \text{ kgf/cm}^2$ [17].

En conclusión, observamos que para la descripción cinética de los procesos de combustión incluso de un combustible tan simple como el hidrógeno (la reacción total $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$) se requiere un mecanismo que incluya alrededor de 40 reacciones elementales. Para una descripción cinética de los procesos de combustión, especialmente los procesos de autoignición del combustible de hidrocarburos más simple: el metano (CH₄), el número total de reacciones teniendo en cuenta las reacciones superficiales en la química El mecanismo incluye varios miles de reacciones elementales. Todas estas cuestiones, a saber, la cinética química, los mecanismos de reacción, la simplificación de los mecanismos de reacción, etc., fueron consideradas previamente en los trabajos de los autores [2-7].

- Conclusiones 1. Debajo de las vetas de carbón en zonas de mayor fracturación hay áreas de acumulación de gases de hidrocarburos, que "instantáneamente se abren" en el momento de la eliminación de las vetas de carbón, y hay una liberación instantánea de gas con altas presiones y temperaturas en Producción con contenido de oxígeno y productos constantes en el aire. oxidación del metano, aunque su contenido está por debajo de la norma permitida (2÷3%), donde se produce una explosión volumétrica. 2. Debido a la entrada de gases de hidrocarburos con fracciones pesadas a alta presión y temperatura, se produce una eyección instantánea de roca y la mezcla se enciende espontáneamente a una concentración de gas mucho menor. 5% seguido de explosión volumétrica y detonación. si sucede suministro de gas en pequeños volúmenes (debido a la menor presión del gas en horizonte), entonces no se produce una explosión volumétrica, pero es posible envenenar a los mineros con gas. 3. La presencia de áreas de acumulación de gases de hidrocarburos con alta presión y temperatura debajo de las vetas de carbón crea las condiciones para la entrada instantánea de gas a las instalaciones con explosiones volumétricas posteriores. gas y detonación. 4. Las emisiones de gases (instantáneas), explosiones volumétricas y detonaciones más peligrosas pueden ocurrir durante el desarrollo de vetas de carbón a profundidades de carbón térmico de 500 m o más.

Ofertas

1. Se deben tomar medidas adicionales para garantizar seguridad del trabajo en minas de carbón térmico, especialmente al desarrollarlos a grandes profundidades (>500 m).
2. El equipamiento del complejo Poisk se puede utilizar con éxito para Detección de áreas de acumulación de gas con alta presión y temperatura bajo vetas de carbón y en fallas geológicas, asegurando

Seleccionar puntos para perforar pozos para una desgasificación efectiva del gas.

detrás.

3. Las medidas más efectivas para prevenir la entrada instantánea de gas a alta presión pueden ser la detección oportuna de gas en las fallas de los campos minados y su desgasificación mediante pozos perforados, así como la detección de gas cerca de los campos minados.
depósitos. Cerca de campos mineros con carbones térmicos, siempre hay depósitos de gas ubicados en grandes profundidades conectadas por fallas con depósitos de carbón. Antes de desarrollar vetas de carbón a profundidades cercanas a los 500 m, es necesario
Abrir depósitos de gas cerca de minas de carbón para reducir presión en ellos y mejorando así el peligro del gas en las minas.

Lista de literatura usada

1. Rudnev E.N. , Doctor en Geol. Ciencias (Academia de Ciencias Mineras de Ucrania) Sobre el tema lucha contra el metano en las minas de carbón de Ucrania // Carbón de Ucrania. -2009. - No. 1.-p.40-46
2. Pukhliy V.A. Combustión de polvo orgánico en un filtro de tambor, teniendo en cuenta Activación de la membrana a prueba de explosiones. – Física Química, RAS, 1997, volumen 16, n° 11, págs. 133-139.
3. Pukhliy V.A. Estudio de incendios secundarios durante una explosión de polvo orgánico. – Física de la combustión y la explosión, RAS, 2000, volumen 36, n° 3, páginas 60-64. 4. Pukhliy V.A. Termodinámica. Capítulos adicionales. – Sebastopol: Editorial "Instituto Científico y Técnico Central de Cherkasy", 2009. – 523 p.
5. Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiytsky I.Yu. Sobre algunos problemas de la cinética química en el Mar Negro. – En colección: Trabajos científicos SNUYAEiP, número 2(38), 2011, págs. 137-144.
6. Pukhliy V.A., Kovalev N.I., Sofiytsky I.Yu. Modelización matemática de los procesos de ignición y autoignición de hidrocarburos en cinética química. – En: Trabajos científicos de SNUYAEiP, número 4(40), 2011, pp.153-162. 7. Pukhliy V.A., Kovalev N.I. Mecanismos y vías de procesos de combustión de hidrocarburos en cinética química. – En: Trabajos científicos de SNUYAEiP, número 1(41), 2012, pp.144-153.
8. Kovalev N.I., Pukhliy V.A. y otros Resonancia magnética nuclear. Teoría y aplicaciones. Sebastopol, 2010. Cap. IX.-S. 610. 9. Conclusión sobre la metodología para la prospección y exploración de minerales utilizando el complejo de hardware Poisk NMR. NASU 2009. 10. Kovalev N.I., Filippov E.M., Soldatova S.V. "Experimental y metodológico Proporcionar un método remoto para identificar fallas de carbón. formación en el campo minado en las minas de OJSC OUK "Yuzhkuzbassugol"", Informe sobre Investigación, SNUYAEiP.-Novokuznetsk, 2009, 60 págs.
11. Belyavsky G.A., Kovalev N.I., Lavrentieva O.N. Tecnología de aplicación Equipos de RMN para la detección remota de objetos subterráneos y

- bajo el agua. – Informe en la IV Conferencia Internacional de Rescate. NTSB
Ministerio de Situaciones de Emergencia de
Ucrania.-Kiev, 2003, págs. 32-35. 12. Kovalev N.I., Gokh V.A., Soldatova S.V. y otros Uso del
complejo geoholográfico remoto "Poisk" para la detección y delimitación de depósitos de
hidrocarburos // Geoinformática. - 2009. - No. 3. - P. 83-87.
13. Bakai Z.A., Ivashchenko P.N., Kovalev N.I. El método de búsqueda de depósitos útiles.
fósiles // Pat. 35122 Ucrania. Del 26/08/2008 14. Pat. RF, No.
227-2305 de 20 de marzo de 2006, Ki. Gokh V.A., Akimov A.M., Kova-lev N.I., solicitantes y
titulares de patentes, "Método para la exploración de recursos minerales", solicitud N° 2004
132 154 de fecha 5 de noviembre de 2004, registrada B
Registro estatal de invenciones de la Federación de Rusia 20/04/2006 Validez hasta el
05/11/2024 15. Kovalev N.I., Belyavsky G.A., Filippov E.M., Soldatova S.V. y otros Determinación
de anomalías del gas natural en el campo minado de la mina Erunakovskaya-8: Informe de
investigación, SNUYAEiP. - Novokuznetsk, 2010. - 36 p.
16. Tecnología radioquímica en 1-25.M, 1979-1989 17. Kovalev N.I., Gokh
V.A., Kotelyanets I.I. etc. Selección de puntos para perforar.
Pozos de gas que contienen gas utilizando equipos remotos del complejo Poisk en el campo
minero de la mina de carbón Zasyadko: Informe de investigación, sh. Zasyadko / SNUYAEiP.,
GGN. - Donetsk, 2009. - 48 p.
18. Goyal G., Warnatz J., Maas U. Estudios numéricos de ignición de puntos calientes en H₂-O₂
y CH₄ – mezclas de aire. – 23° Simplicidad. Comb.-Pittsburgh, 1990, p.1767-1776.

Publicado: Colección de artículos de la Conferencia Científica y Práctica Internacional
"Desarrollo innovador de la ciencia moderna", Ufa, 2014, págs.