

Monitorowanie atmosfery zrobów ściany wydobywczej

Monitoring of long wall goaf atmosphere

Zatłaczanie azotu do zrobów stosowane jest od wielu lat w górnictwie światowym. Technologię tę zastosowano po raz pierwszy w kopalni Rozelay w zagłębiu Blanzj, Francja [1]. Stosuje się ją w czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (OKB – Ostrava-Karviná Coalbasin) – od wczesnych lat 80. Od 1993 roku działa w OKB rurociąg dostarczający azot na duże odległości w ilości 80 milionów m³ rocznie [2]. Niniejszy artykuł dotyczy wyników monitorowania procesu zatłaczania azotu do zrobów, które miało miejsce w OKB na głębokości 800 m pod powierzchnią. W ramach tych działań zmierzono stężenie tlenu na dwóch ścianach, do których zatłoczono azot. Stężenie tlenu mierzy się na podstawie próbek pobieranych w odległości, co 50 m pomiędzy punktami poboru próbek rozmieszczonymi w chodnikach z prądem świeżego powietrza doprowadzanego do zrobów jak i chodnikach zużytego powietrza odprowadzanego ze zrobów, przed i po zatłoczeniu azotu. Wyniki tego doświadczenia są przedstawione graficznie na schematach, które pokazują skuteczność inertyzacji w określonych warunkach.

Infusion of nitrogen in goaf spaces is applied for many years in mining worldwide. This technology was first used in the Rozelay Collier in the Blanzj Coalfield, France [1]. It has been used in the Czech part of the Upper Silesian Coalfield (OKB – Ostrava-Karviná Coalbasin) since the early 1980s. A long-distance nitrogen supply pipeline has been operated in OKB since 1993 with the annual supply at near 80 million cubic metres per year [2]. The present article deals with results of nitrogen infusion monitoring which took place in OKB in a depth of 800 m under the surface. Within the framework of these activities, concentration of oxygen was measured at two coalfaces to which the nitrogen was brought. Oxygen concentration is measured on samples taken by sampling tubes with 50-metre mutual distances between sampling points distributed in intake and upcast roads in goaf before and after the nitrogen infusion. Results of this experiment are visualised in diagrams which show efficiency of inertisation under the particular conditions.

1. MONITOROWANIE NAPEŁNIANIA AZOTEM NA ŚCIANIE NR 138 202

Eksperyment przeprowadzono na ścianie nr 138202 w kopalni Lazy w OKB. Jego celem była weryfikacja stężenia tlenu przed i podczas napełniania azotem, z punktem napełniania usytuowanym przy chodniku wchodzącym. Ściana była eksploatowana bez napełniania azotem do ustabilizowania warunków aerodynamicznych i gazodynamicznych w przestrzeni zrobów, czyli aż 300 m od przebitki (linia początkowa). Ściana miała 170 m długości, a wydobywanie odbywało się z pola umieszczonego na skośnej linii zawału

1. MONITORING OF NITROGEN INFUSION AT THE FACE NO. 138 202

The experiment at the face no. 138 202 took place at the Lazy Colliery in OKB. It was aimed at verification of the oxygen concentration before and during the nitrogen infusion when the nitrogen-infusion point is situated from the intake road. The face was operated without any nitrogen infusion until aerodynamic and gas-dynamic conditions were stabilised in the goaf space, i.e., as far as 300 m from the thirl (start line). The longwall face was 170 m long and was extracted from the field within a 7–10° slanting line.

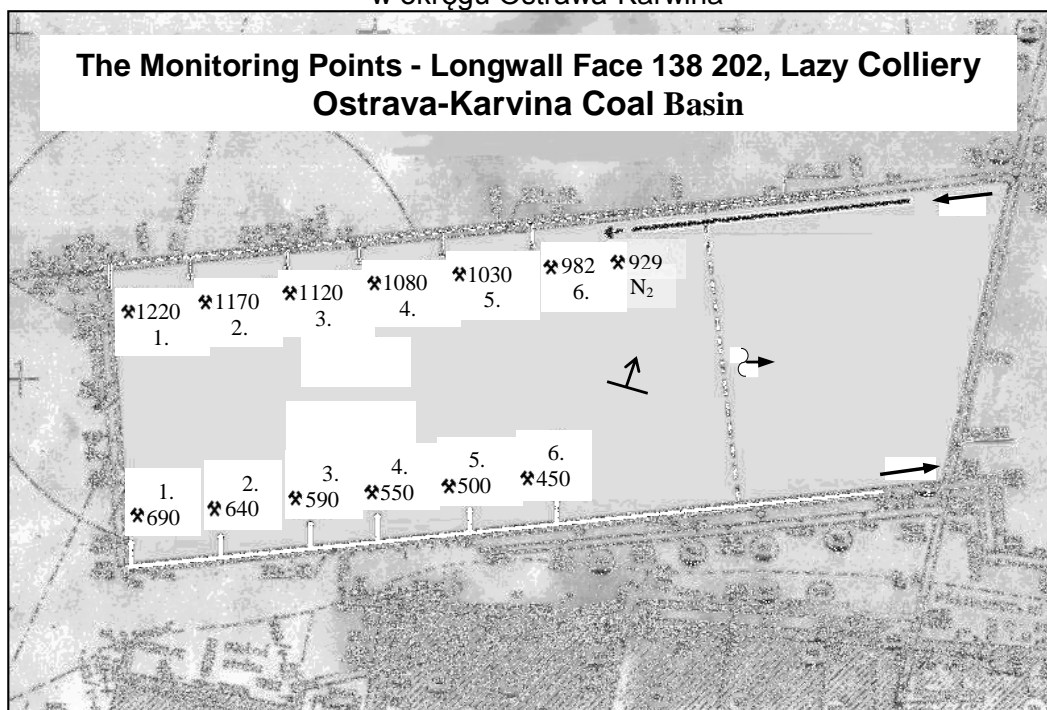
o nachyleniu 7–10°. Ściana była zabezpieczona za pomocą obudowy kroczącej. Wydajność kombajnu ścianowego wynosiła 3800 ton dziennie w warstwie o grubości 3,5–5,6 m. Objętościowa prędkość przepływu powietrza na wejściu wynosiła 26,3 m³/s; depresja na ścianie – 7 Pa, a przepuszczalność zrobów – 26% (utrata siły powietrza na skutek przejścia przez zrob). Objętość metanu wynosiła około 13 600 m³ w czasie trwania eksperymentu. Tamy uszczelnione pianką typu Iso Foam były stawiane regularnie na chodnikach wejściowych i wyjściowych na poziomie oddzielenia ściany i umieszczane w odległościach około 15 m jedna od drugiej (całkowita liczba tam – 44). Obudowy chodnikowe nie były zlikwidowane. Zawałowe skały stropowe zbudowane były z różnych materiałów, od piaskowca do drobnoziarnistego konglomeratu.

Punkty poboru próbek były połączone rurkami metalowymi o średnicy 100 mm, poprowadzonymi z chodników wejściowych i wyjściowych; na każdej gałęzi znajdowało się 6 rurek o średnicy 6 mm. Kolejna gałąź o średnicy 100 mm położona była w celu napełniania azotem z chodnika wejściowego. Zastosowany azot nie posiadał żadnych śladowych ilości tlenu. Schemat przedstawiający rozmieszczenie punktów pobierania próbek w przestrzeni zrobów pokazany jest na rysunku 1.

It was secured with the aid of self-advancing roof. The coal cutter-loader machine's capacity was 3,800 metric tons per day in a 3.5–5.6 m thick layer. Volumetric flowrate of air on the intake was 26.3 m³/s; depression on the face was 7 Pa and the permeability of the goaf was 26% (loss of wind through the gob). The methane exhalation capacity was approx. 13,600 m³ at the time of the experiment. Iso-foam sealing dams were regularly set up in the intake and upcast road on the level of the face break, with mutual distances of approx. 15 m (total of 44 dams). The support of the roads were not liquidated. A regularly caved roof rocks consisted of sandstone to fine-grained conglomerate.

The sampling points were interconnected by lost metal pipes of diameter 100 mm leading from the intake and upcast roads; each branch contained 6 sampling tubes with 6 mm inner diameter each. Another 100-mm diameter branch was laid for nitrogen infusion from the intake road. The nitrogen used did not contain any residual oxygen. A diagram of sampling points in the goaf space is shown in Fig. 1.

Punkty monitorowania – ściana nr 138 202 w kopalni Łazy
w okręgu Ostrawa-Karwina



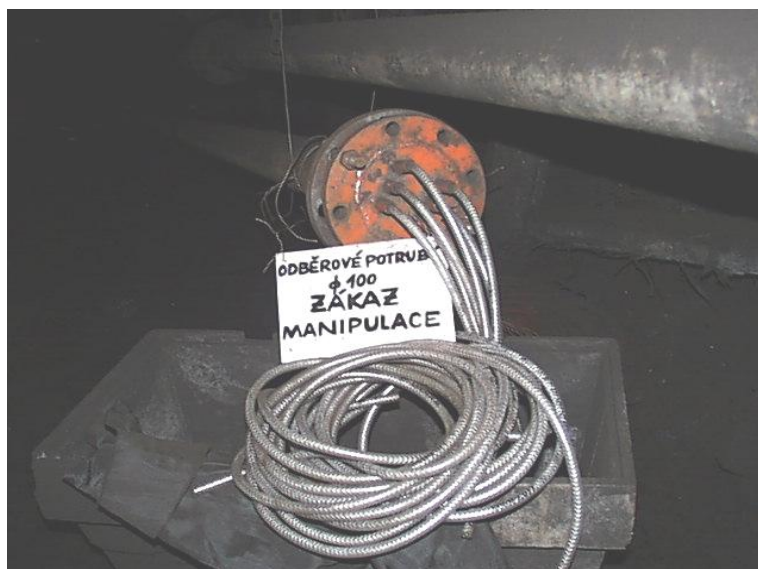
Rys. 1. Schemat próbkowania dla ściany; ściana nr 138 202 w kopalni Łazy
Fig. 1. Sampling diagram for face wall; face no. 138 202 of the Łazy Colliery

Instalacja do próbkowania przedstawiona jest na rysunku 2. Rysunek 3 natomiast przedstawia analizator tlenu.

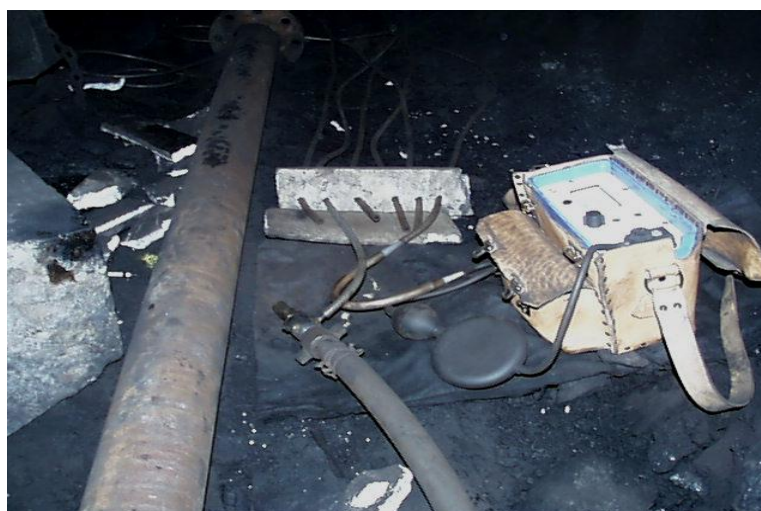
Na rysunku 4 przedstawiono wartości stężenia tlenu przed napełnieniem zrobów azotem. Należy zauważyć, że dla potrzeb wizualizacji obszary o częściowym stężeniu w przestrzeni zrobów zostały przedstawione na schematach w sposób uproszczony, tak aby odzwierciedlały wyłącznie wartości mierzone na brzegach tych obszarów. W środku obszarów należy spodziewać się korzystniejszych (niższych) wartości stężenia tlenu z powodu wyższego stopnia gęstości zrobów. Z drugiej strony, wartości stężenia tlenu będą wyższe w okolicy oddzielenia ściany (poza strefą napełniania i próbkowania) niż wartości przedstawione na schematach.

The sampling arrangement is shown in Fig. 2 and Fig. 3 shows oxygen analyser.

Fig. 4 shows oxygen concentration values before the nitrogen infusion. It should be noted to the diagrams that, for the sake of visualisation, partial concentration areas in the goaf space are simplified to reflect only the values measured at edges of the areas. In the centre of this areas, more favourable (i.e., lower) oxygen concentration values can be expected due to a higher degree of consolidation of the goaf. On the opposite, the oxygen concentration values will be higher near the face breaks (outside of the infusion and sampling range) than shown in the diagrams.

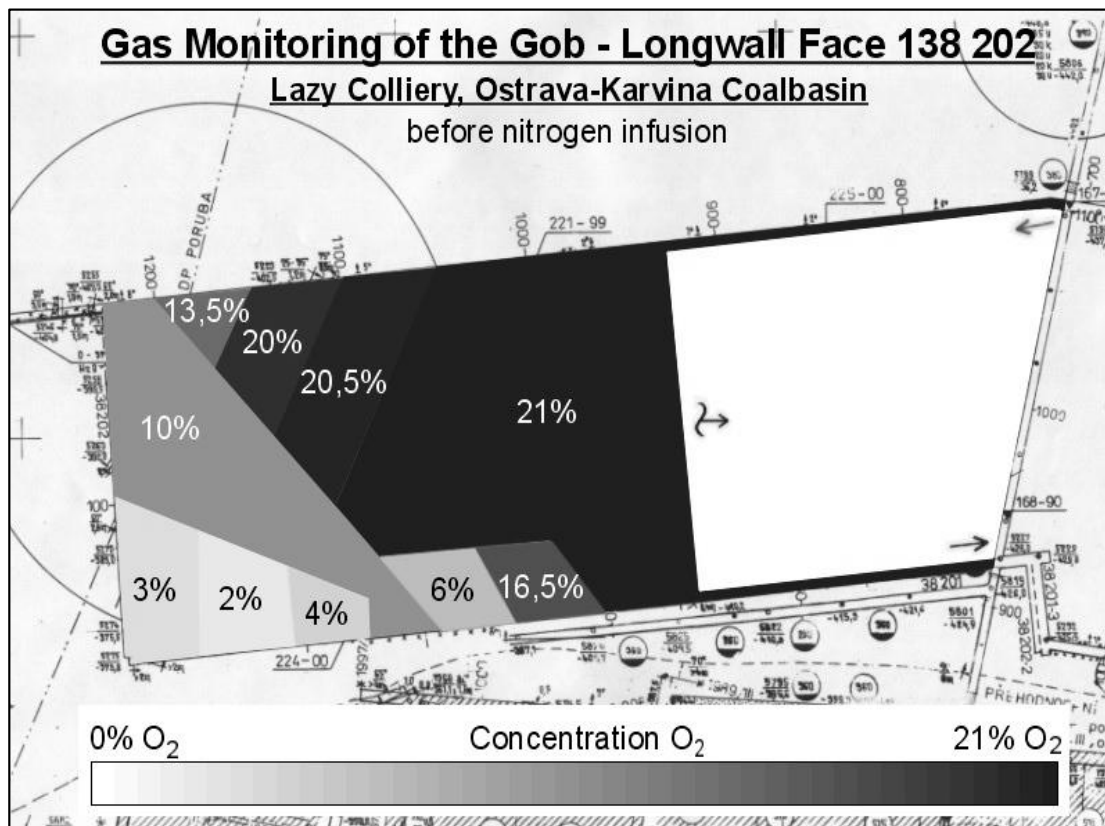


Rys. 2. Instalacja zgłębników rurkowych na ścianie nr 138 202 w kopalni Důl Lazy
Fig. 2. Installation of sampling tubes in face no. 138 202 of the Důl Lazy Collier



Rys. 3. Analizator tlenu SERVOMEX 652 A
Fig. 3. Oxygen analyser SERVOMEX 652 A

Monitorowanie stężenia gazu w zrobach – ściana nr 138 202
w kopalni Łazy, okręg Ostrawa-Karwina,
przed napełnieniem azotem



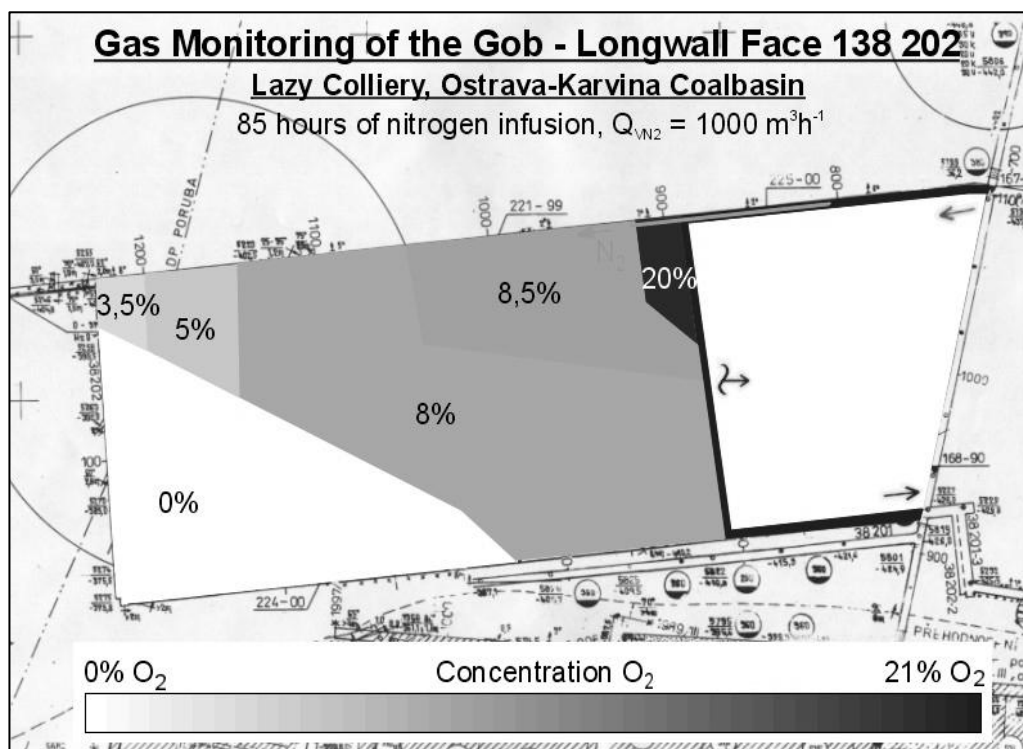
Rys. 4. Parametry atmosfery w przestrzeni zrobów, ściana nr 138 202 w kopalni Łazy przed napełnieniem azotem

Fig. 4. Air condition in the gob space, face no. 138 202 of the Łazy Colliery, before nitrogen infusion

Stężenie tlenu było regularnie monitorowane za pomocą wyrzutników zbierających suche próbki oraz za pomocą przenośnego paramagnetycznego miernika tlenu Servomex 652A. Napełnianie o intensywności (objętościowej prędkości przepływu) na poziomie około 1000 m³/h rozpoczęło, kiedy pracująca ściana znajdowała się 340 m od przebitki. Odległość punktu napełniania azotem od ściany wynosiła pomiędzy 40 a 50 metrów w dniach, kiedy przeprowadzano eksperyment. Odległość między najbliższym punktem poboru próbek (punkt nr 6) a punktem napełniania azotem wynosiła 53 metry. Rysunek 5 przedstawia wartości stężenia tlenu po trzech dniach napełniania azotem, przy objętościowej prędkości przepływu na poziomie około 1,000 m³/h. Kiedy rozpoczęto napełnianie, zaobserwowano dynamiczny spadek zawartości tlenu: po sześciu godzinach napełniania stężenie tlenu spadło do połowy wartości początkowej.

Oxygen concentration was regularly monitored by ejectors, taking dry samples, and by a Servomex 652A portable paramagnetic oxygen-meter. The infusion with intensity (volumetric flowrate) of approx. 1000 m³/h was begun when the active face was 340 m from the thirl. The nitrogen-infusion point's distance from the face was between 40 and 50 metres on the days of the experiment. The distance of the nearest sampling point (point no. 6) from the nitrogen-infusion point was 53 metres. Fig. 5 shows oxygen concentration values after three days of nitrogen infusion with the volumetric flowrate of about 1,000 m³/h. When the infusion was begun, dynamic drop of oxygen content was monitored: after six hours of infusion the oxygen concentration went down to one half of its original value.

Monitorowanie stężenia gazu w zrobach – ściana nr 138 202
w kopalni Lazy, okręg Ostrawa-Karwina,
85 godzina napełniania azotem, $Q_{VN_2} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$



Rys. 5. Parametry powietrza w przestrzeni zrobów, ściana nr 138 202 w kopalni Lazy, po trzech dniach napełniania azotem przy objętościowej prędkości przepływu $1000 \text{ m}^3/\text{h}$
Fig. 5. Air condition in the gob space, face no. 138 202 of the Lazy Colliery, after three days of nitrogen infusion at volumetric flowrate of $1,000 \text{ m}^3/\text{h}$

2. OCENA EKSPERYMENTÓW

Kolejny eksperyment przeprowadzono na ścianie nr 140 130 w kopalni Darkov 1 i uzyskano podobne wyniki. Eksperymenty potwierdziły, że objętościowe prędkości przepływu, występujące obecnie w OKB, są satysfakcjonujące dla inertyzacji i zapobiegają spontanicznym zapaleniom, tzn. zmniejszają stężenie tlenu w przestrzeni zrobów do poziomu 10% [3], [4]. Obecnie rekomendowana objętościowa prędkość przepływu w OKB to $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ azotu na jedną ścianę.

Wyniki eksperymentów pokazują, że w warunkach zbliżonych do panujących podczas przeprowadzania eksperymentów (parametry pracującej ściany, długość, grubość, prędkość pracy itp.) oraz przy podobnym rozprowadzaniu azotu w przestrzeni (podstawowy układ to napełnianie 40-100 m od linii zawalu chodnika wchodzącego, na pracującej ścianie), wartość docelowa stężenia tlenu ($10\% \text{ O}_2$) może być osiągnięta w przestrzeni zrobów, jeżeli zastosowana objętościowa prędkość przepływu azotu jest większa

2. EVALUATION OF EXPERIMENTS

The next experiment was realised in the long wall face nr. 140 103 at the Darkov 1 Colliery with similar results. The experiments verified that the volumetric flowrates currently used in OKB are satisfactory for inertisation to prevent spontaneous combustion, i.e., reducing oxygen concentration to 10% in gob spaces [3], [4]. The currently recommended volumetric flowrate in OKB is $1,000 \text{ m}^3/\text{h}$ of nitrogen per face.

The results of these experiments indicate that, under conditions comparable with those of the experiments (parameters of the working face, length, thickness, velocity of work, etc.) and if the distribution of nitrogen infusion in the space is similar (the applied volumetric flowrate of nitrogen is approximately more 1.0% of the general body of air intake flow rate of a face. In OKB this means $500 - 1,300 \text{ m}^3/\text{h}$ of nitrogen per active face. The particular value of the nitrogen volumetric flowrate to be applied should be

niż 1.0% prędkości przepływu dla całości powietrza wchodzącego danej ścian. W OKB oznacza to 500 – 1300 m³/h azotu na pracującą ścianę. Określona wartość objętościowej prędkości przepływu, jaka powinna być zastosowana, musi być dostosowana do specyficznych warunków układu oraz innych czynników mających wpływ na sytuację. Jeżeli napełnianie stosowane jest w celu stłumienia istniejącego spontanicznego pożaru, tzn. jeżeli oznaki takiego pożaru już się pojawiły, wymagana objętościowa prędkość przepływu będzie większa.

3. PODSUMOWANIE

Monitorowanie atmosfery na ścianie wydobywczej jest właściwe dla technologii napełniania azotem. Schemat monitorowania może być ograniczony do jednego lub dwóch punktów zlokalizowanych w zrobach ze strony wyjścia ściany. System może być zautomatyzowany. Problem stanowi stabilność czujników tlenu, które są wrażliwe na zmiany ciśnienia. Jest to nadal kwestia otwarta.

adjusted with respect to the specific basic arrangement means infusion at 40 – 100 m from a break edge of the intake road in an active face), the target value of the oxygen concentration (10% O₂) can be expected in the goaf space if the conditions of the setup and to other factors affecting the situation. If the infusion is to applied to suppress existing spontaneous combustion, i.e., if signs of the spontaneous combustion have already occurred, the required volumetric flowrate will be higher.

3. CONCLUSION

The monitoring of long wall atmosphere is suitable for a control of nitrogen infusion technology. A schema of monitoring can be reduced to one or two points (houses) located in a goaf from an outlet of a long wall face. The system could be automated. The problem is a stability of oxygen sensors which are sensitive on pressure changes. It is an open question.

Literatura

1. *Benech M.* (1977): Experiences d'injection d'azote dans les arriere-tailles a soutirage. Industrie Minerale. Juillet 1977, pp 363-371.
2. *Adamus A.*: Nitrogen inertization in mines. [online]. [cit. 21. 4. 2011]. VSB-TUO [Ostrava (Czech Republic)]: single concept website, founded in May 2001, last edit July 2009. URL: www.vsb.cz/nitrogen.
3. *Harašta M.*: Effect of Oxygen Concentration Changes on Kinetics of Coal Oxidation. Final report of Project No. P 10-125-401, VVUÚ Ostrava-Radvanice, 1995.
4. *Adamus A., Věžníková, H.*: Effect of Nitrogen Infusion on Kinetics of Coal Spontaneous Combustion. Final report of GA ČR Project No.105/95/1111. VŠB-TU Ostrava, January 1997.

References

1. *Benech, M.* (1977): Experiences d'injection d'azote dans les arriere-tailles a soutirage. Industrie Minerale. Juillet 1977, pp363-371.
2. *Adamus, A.*: Nitrogen inertization in mines. [online]. [cit. 21. 4. 2011]. VSB-TUO [Ostrava (Czech Republic)]: single concept website, founded in May 2001, last edit July 2009. URL: www.vsb.cz/nitrogen.
3. *Harašta, M.*: Effect of Oxygen Concentration Changes on Kinetics of Coal Oxidation. Final report of Project No. P 10-125-401, VVUÚ Ostrava-Radvanice, 1995.
4. *Adamus, A., Věžníková H.*: Effect of Nitrogen Infusion on Kinetics of Coal Spontaneous Combustion. Final report of GA ČR Project No.105/95/1111. VŠB-TU Ostrava, January 1997.

Recenzent: dr inż. Jerzy Mróz

МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРЫ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

Заполнение азотом выработанных пространств используется в мировой горной промышленности на протяжении долгих лет. Данную технологию впервые использовано в шахте Розелай в бассейне Бланзы, Франция [1]. Используется она также в чешской части Верхнесилезского Угольного Бассейна (ОКБ – Остраво-Карвинский Угольный Бассейн) – с начала 80-х годов. С 1993 года в ОКБ работает трубопровод, поставляющий азот на дальние расстояния в количестве 80 миллионов м³ в год [2]. Настоящая статья касается результатов мониторинга процесса заполнения азотом выработанных пространств, который проходил в ОКБ на глубине 800 м под поверхностью. В рамках данных действий выполнено измерение концентрации кислорода в двух лавах, которые заполнено азотом. Концентрация кислорода измеряется на основании проб, взятых на расстоянии, в пунктах взятия проб, размещённых каждые 50 м в штреках со струей свежего воздуха, доведённого к выработанным пространствам, а также в штреках отработанного воздуха, выходящего с выработанных пространств, перед и после заполнения азотом. Результаты данного опыта графически представлены на схемах, которые показывают эффективность инертизации в определённых условиях.