

Aleksiej WOWK, Wiktor KRAWIEC, Wiktoria ROGOŹNIKOWA  
Politechnika Kijowska, Ukraina  
Jan ZYCH  
Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni  
Politechniki Śląskiej

## STRZELNICZE METODY WYKONYWANIA NIEKTÓRYCH OBIEKTÓW INŻYNIERYJNYCH

Streszczenie. W artykule zawarto szereg problemów związanych z zagadnieniem teoretycznych, doświadczalnych i praktycznych badań w celu budowy specjalnych obiektów inżynierskich - szczelin kompensacyjnych głębokości do 20 m w górotworze o różnych własnościach, w tym i gruntach ściśliwych niestabilnych. Przedstawiono założenia projektowania robót wiertniczych i strzelniczych jako instrumentu formowania tych budowli.

## BLASTING METHODS IN EXECUTING SOME ENGINEERING CONSTRUCTIONS

Summary. A series of problems connected with the theoretical, empirical and practical researches for constructing special constructions - compensation slots with depth up to 20 m in the rock mass of different properties, including compressed, unstable soils has been included in this paper. The assumptions for drilling and blasting as a tool for creating them has been presented too.

## ВЗРЫВНЫЕ МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Резюме. В реферате рассмотрен ряд вопросов, связанных с постановкой теоретических, экспериментальных и производственных исследований по созданию специальных сооружений - компенсационных щелей глубиной до 20 м в различных горных породах, в том числе неустойчивых сжимаемых грунтах, изложены основные положения по проектированию буровзрывных работ как инструмента формирования таких сооружений.

Działalność inżynierska człowieka, skierowana na pozyskiwanie surowców mineralnych, prowadzi często do skomplikowanych geomechanicznych przekształceń górotworu i powierzchni terenu. Negatywne zjawiska tej działalności przy wydobywaniu surowca sprowadzają się do przemieszczeń nadległych skał, deformacji powierzchni oraz obiektów powierzchniowych, znajdujących się w zasięgu niecki osiadania. Eksploatacji górniczej towarzyszą również coraz częściej wstrząsy i tąpnięcia, od których domy mieszkalne i obiekty przemysłowe ulegają uszkodzeniu. Stosowanie w robotach podziemnych urabiania za pomocą techniki strzelniczej jest również znaczącym źródłem sejsmicznych obciążeń górotworu i obiektów na powierzchni. Wzrasta przy tym intensywność deformacji wewnątrz górotworu i na powierzchni.

Pojawiający się w wyniku eksploatacji i przy technologicznych wybuchach ładunków MW efekt sejsmiczny stwarza realne zagrożenie nie tylko w momencie jego występowania, ale może zasadniczo oddziaływać na przebieg deformacji związanych z eksploatacją i w sposób niekontrolowany wpływać na konsolidację górotworu. Równocześnie w obrębie obszaru górniczego, poddanego wpływom robót górniczych, zasadniczo zmieniają się podziemne i powierzchniowe stosunki wodne. Zmianom nachylenia i wysokości względnej powierzchni terenu towarzyszą zmiany sytuacji hydrograficznej na powierzchni oraz zmiany poziomu wód gruntowych. Zmiany stosunków hydrogeologicznych mogą być przyczyną powstania pustek krasowych i zapadlak w określonych warunkach geologicznych.

W zakładach przemysłowych z mokrym procesem technologicznym grunt powierzchni terenu przemysłowego jest w sposób ciągły poddawany procesowi infiltracji i akumulacji wód podziemnych wskutek zrzutów lub ubytków wody technologicznej. W konsekwencji nierzadko występują zjawiska osiadania fundamentów budynków i obiektów, szczególnie przy gruntach makroporowatych, mających tendencje do osiadań. Jeżeli nie ograniczać podnoszenia się wód gruntowych, to powstaje realne zagrożenie nie tylko rozwoju zjawisk osiadania, ale w określonych sytuacjach zagrożenie kontaktu z podziemnymi wodami agresywnymi, niosącymi domieszki substancji z produkcji szkodliwej dla środowiska lub naturalne siarczany o dużej koncentracji. W przypadku pierwszym powstaje zagrożenie dla środowiska naturalnego, w drugim - możliwość niszczenia fundamentów obiektów wskutek oddziaływania wód agresywnych.

Krótki przegląd wymienionych problemów i związanych z nimi możliwych skutków

wymaga opracowania efektywnych technologicznych środków izolacji powierzchniowych obiektów inżynierskich i ograniczonych bloków górotworu od szkodliwych geodynamicznych, filtracyjnych i sejsmicznych oddziaływań. Jednym z uniwersalnych środków ochronnych, umożliwiających rozwiązanie wymienionych problemów, jest wykonanie pionowych ekranów kompensacyjnych - głębokich szczelin ciągłych lub przerywanych przegród. Wykorzystanie głębokich szczelin pozwoli rozwiązać następujące problemy:

1. Ochrona budynków i obiektów przed wpływami robót górniczych poprzez izolację fundamentów systemem szczelin kompensacyjnych,
2. Ochrona podziemnych i powierzchniowych obiektów przed wpływem oddziaływania sejsmicznego poprzez wykonanie głębokich antysejsmicznych ekranów w postaci systemu otworów wiertniczych lub szczeliny ciągłej, wypełnionych odpowiednim materiałem kompensującym fale sejsmiczne,
3. Ochrona terenów użytkowych i górotworu przed wodami podziemnymi poprzez wykonanie systemów drenujących - pionowych szczelin lub systemu otworów wypełnionych materiałem drenującym.

Kompleks przedstawionych problemów rozwiązać można konstrukcyjnie podobnymi środkami - głębokimi pionowymi szczelinami lub siecią blisko względem siebie położonych otworów wiertniczych o odpowiedniej średnicy. W przypadku braku efektywnych mechanicznych środków wykonania wąskich pionowych szczelin o głębokości do 20 m mogą mieć zastosowanie technologie z wykorzystaniem techniki strzelniczej. Zaletami głębokich szczelin, wykonywanych za pomocą energii wybuchu, są:

- możliwość wykonania szczeliny do głębokości zapewniającej efektywną ochronę obiektów lub ograniczonych objętości górotworu;
- uniwersalność szczelin, umożliwiających w zależności od zastosowanego wypełniacza i rozmiarów kompensację przemieszczeń powierzchniowych, odkształceń poziomych, ekranowanie antysejsmiczne, drenaż wód, ekranowanie antyfiltracyjne;
- występowanie przy robotach w górotworze miękkim (porowatym) strefy zagęszczonej, uzyskanej poprzez wybuchy ładunków MW, charakteryzującej się podwyższonymi parametrami wytrzymałościowymi i antyfiltracyjnymi;
- możliwość kierowania parametrami i konstrukcją szczeliny ochronnej (ekranu);

- możliwość obróbki kombinowanej górotworu przy budowie szczeliny za pomocą MW poprzez wypełnienie komór ładowniczych (otworów strzałowych) roztworem utwardzającym, zdolnym podczas wybuchu iniekcjonować w okrażający górotwór;
- możliwość bezpośredniej ingerencji w procesy geomechaniczne na znaczne odległości od powierzchni, w celu stabilizacji, korekty i zapobiegania negatywnym zjawiskom.

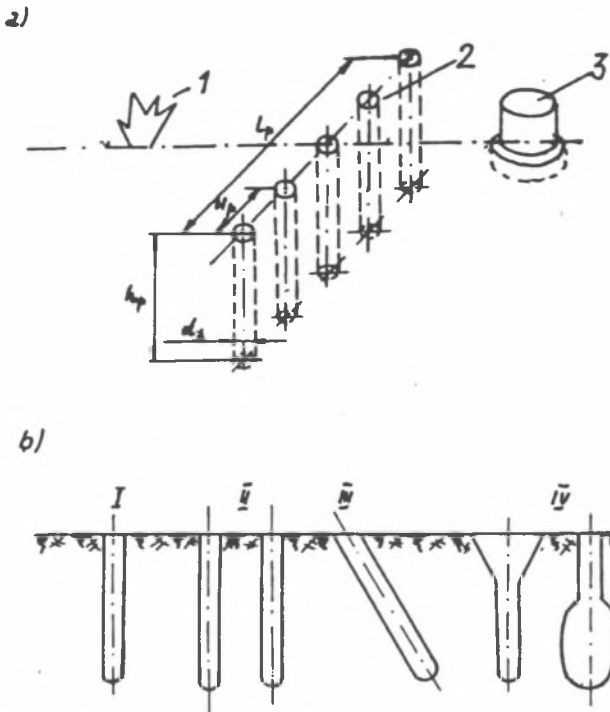
Problemy związane z wykonaniem pionowych szczelin ochronnych i systemu pustek techniką strzelniczą można podzielić na następujące grupy:

- 1) technologie wykonania głębokich szczelin techniką strzelniczą w skałach o różnych charakterystykach wytrzymałościowych, w tym i w strukturalnie niestabilnych gruntach (lessy, ility, torfowiska, piaski itp.) i w skałach zwięzłych;
- 2) materiały wypełniające szczeliny ochronne i kompensacyjne, środki i sposoby ich umieszczenia w szczelinie;
- 3) kompleks antysejsmicznych przedsięwzięć w procesie wykonywania zabezpieczeń obiektu techniką strzelniczą;
- 4) badanie procesów i zjawisk w skalnej warstwie wydzielonego chronionego bloku w przypadku głębokich szczelin kompensacyjnych;
- 5) opracowanie metod matematycznego modelowania, prognozowania i regulowania zjawisk geomechanicznych w górotworze ograniczonym systemem głębokich szczelin kompensacyjnych odpowiednich konstrukcji i wypełnienia, w zależności od warunków górnictwo-geologicznych i kategorii chronionego obiektu;
- 6) opracowanie założeń techniczno-ekonomicznych stosowania głębokich pionowych szczelin o różnym przeznaczeniu. W wymienionej problematyce autorzy posiadają praktyczne doświadczenie wykonywania szczeliny kompensacyjnej w skałach miękkich.

Jako przykład na rys. 1. zamieszczono schemat budowy szczeliny za pomocą wybuchu serii ładunków otworowych o głębokości  $h_p$  (2), wypełnionych MW (a), i możliwe schematy budowy antysejsmicznych ekranów (b). Ważnym problemem jest poznanie zachowania się ośrodka pod wpływem dynamicznego oddziaływania. Rozpatrzeniu podlegają dwie części systemu: ładunek MW, jako źródło oddziaływania, i ośrodek reagujący na te oddziaływania.

Mechanizm zachowania się ośrodka jest opisany analitycznie w różny sposób, w zależności od założeń wyjściowych (warunków początkowych i brzegowych), sformułowanych w stadium początkowym. Oczywiście jest, że ostateczne wyniki będą się zasadniczo różniły, i

kryterium jest tutaj dobrze zaprogramowany eksperyment. Z drugiej strony posiadając duże praktyczne doświadczenie w obecnym czasie można dosyć dokładnie wybrać model zachowania się ośrodka i analitycznie wyliczyć szereg potrzebnych parametrów, niezbędnych dla rozwiązań inżynierskich o charakterze stosowanym.



Rys.1. Schemat budowy ekranu antysejsmicznego za pomocą serii pionowych otworów (a) i możliwe schematy takich ekranów (b)

1 - źródło zaburzeń sejsmicznych; 2 - pojedynczy otwór szczeliny, otrzymany za pomocą wybuchu pojedynczego ładunku; 3 - obiekt chroniony;  $l_p$  - długość szczeliny  $w_p$  - odległość pomiędzy pojedynczymi otworami w rzędzie;  $h_p$  - głębokość szczeliny;  $d_s$  - średnica pojedynczej objętości szczeliny; I - jednorzędowy i II - dwurzędowy ekran pionowy; III - ekran pochyły; IV - ekran ze szczeliną o zmiennym przekroju.

Fig.1. The scheme of anti-seismic screen construction using a series of vertical boreholes (a) and possible schemes of this kind screens (b)

1 - source of seismic disorder; 2 - single borehole obtained using one charge blasting; 3 - protected object;  $l_p$  - slot length;  $w_p$  - distance between single boreholes in row;  $h_p$  - slot depth;  $d_s$  - slot diameter; I - single and II - double vertical screen; III - inclined screen; IV - screen with slot of changeable section.

Jednym z zasadniczych założeń przy rozwiązywaniu danych zadań jest założenie o momentalnym charakterze przyłożenia obciążenia na ośrodek, wykluczające charakter impulsowy, tj. uwzględnienie czasu obciążenia. W tym samym czasie skutek bezwładności procesu niszczenia (zagęszczania) ośrodka czynnik czasu przyłożenia obciążenia ma niekiedy decydujące znaczenie.

Wymienione problemy deklaracyjnie były przedstawione dosyć dawno i wychodząc z tych rozważań były prezentowane różne technologie (stosowanie odcinków i osłon powietrznych, strzelanie milisekundowe, ładunki kombinowane i rozczłonkowane).

Oddzielnie należy wspomnieć o rozwiązywaniu tych problemów poprzez opracowanie odpowiednich receptur MW, posiadających wymagane charakterystyki fizyko-mechaniczne, powodujących podwyższenie sprawności wybuchu. Przy tym zasadnicze jest oddziaływanie na proces formowania się impulsu wybuchowego w stadium detonacji, co ma decydujące znaczenie przy odpalaniu wydłużonych ładunków MW. Innymi słowy, detonacja ładunku powinna zachodzić w wymaganych (optymalnych) warunkach, w szczególności poprzez zwiększanie czasu oddziaływania impulsu w ośrodku kosztem zwiększenia strefy reakcji chemicznej, regulacji gęstości ładunku, podwyższonej odporności MW na działanie wody, zdolnego zachować swe charakterystyki podczas detonacji w warunkach podwodnych (w naszym przypadku w otworach zawodnionych).

Recenzent: Doc. dr inż. Marian KAWULOK

Wpłynęło do Redakcji w maju 1994 r.

### Abstract

Engineering activity directed towards obtainig raw minerals, leads very often to complicated, geomechanical changes in the rock mass and land surface. Negative phenomena of this activity cause the displacement of overlaying strata, the land surface and buildings deformations found in the range of the subsidence trough. One of the universal protecting remedies, that offers a possible solution to the problems mentioned above is the constructing of

vertical compensation screens - deep continuous slots or discontinuous partitions. The use of deep slots offers the following solution to problems as:

1. The buildings and other objects protection against the influences of underground mining by foundation isolation using system of compensation slots.
2. The protection of ground and underground constructions against seismic influences by performing deep anti-seismic screens in the shape of boreholes system or continuous slot, filled with suitable material for seismic waves compensation.
3. The protection of land surface and rock mass against underground water by performing the drainage systems - vertical slots or system of boreholes, filled with drainage material.