

Oleg MOROZ^{*}, Gennady SOLOVIEV^{*}, Alexander TOLKACHIOV^{*}, Natalia MALYSHEVA^{**},
Valentin NIEFIODOV^{**}, Jury PANFILOV^{***}

**MAINTENANCE OF STABILITY OF PREPARATORY MINE-WORKING
WITH LONGITUDINAL-RIGID STRENGTHENING OF THE MAIN TIMBERING**

**UDRŽOVÁNÍ STABILITY PŘÍPRAVNÉHO DŮLNÍHO DÍLA S VÝRAZNÝM PODÉLNÝM
ZESÍLENÍM HLAVNÍ VÝZTUŽE**

Abstract

Here represented the results of actual industrial test of the longitudinal sharp strengthening of the preparatory working main timbering in a zone of clearing works influence.

Abstrakt

Jsou zde prezentovány výsledky provozní průmyslové zkoušky podélného výrazného zesílení výztuže přípravného důlního díla v pásmu vlivu vyklízcích (likvidačních) prací.

Key words: stability of mine-working, strengthening timbering, speed of displacements.

Stability of mine-working which are being conducted in the zone of clearing works influence in specific conditions of deep mines in Donetsk basin is mainly determined by effective performance of the high-efficiency mechanized complexes. For last years the significant amount of various technological solutions on preparatory developments maintenance stability [1-4] was offered. However owing to the essential variability of mountain-geological conditions of operation in big depths of mine-working and misfit of implemented ways of mine-working maintenance parameters to conditions of mountain works conduction, the majority of the offered technological solutions has not received a wide circulation.

The scientists of Cathedra of Exploitation The Deposits of Mineral Resources in Donetsk National Technical University theoretically proved and experimentally confirmed a possibility of maintenance of a stable state of mine-working which are being held in the zone of clearing works influence on account of a redistribution of the increased load between overloaded and underloaded timbering sets along the working length with longitudinal-rigid timbering of strengthening [5-9]. The trial industrial check for an efficiency of a new way of longitudinal-rigid strengthening arch timbering of mine-working in a zone of influence of clearing works has been conducted in several mines of State Holding Company „Donetskugol“ (Yuzhnodonbasskaia №3 Mine, Abakumova Mine, Kalinina Mine and Skochinskogo Mine) which has confirmed the high efficiency of this method [5,6,8,9].

The flange rigid longitudinal beam №14 (fig.2) was used as strengthening timbering in Yuzhnodonbasskaia #3 Mine in conditions of the 4-th east lava of a layer c_{11} working over a column for restoration of a layer with use of combined working system (fig. 1). There were used 3 variants of strengthening timbering: single flange beam with additional segment of rigidity; single flange beam with segment of rigidity and strengthening of each arch timbering set with vertical centered chemical anchor of 2,5 m length; and two

* Dr., Donetsk National Technical University, Artema 58, 83000, Ukraine

** Donetsk National Technical University, Artema 58, 83000, Ukraine

*** Kalinin mine of the state holding company „Donetskugol“, Mira 44, 83017, Ukraine

parallel flange beams with segment of rigidity and installation on each timbering frame of two chemical anchors of 2,5 m length with an incline of their ground part on 30° in both directions from the vertical line.

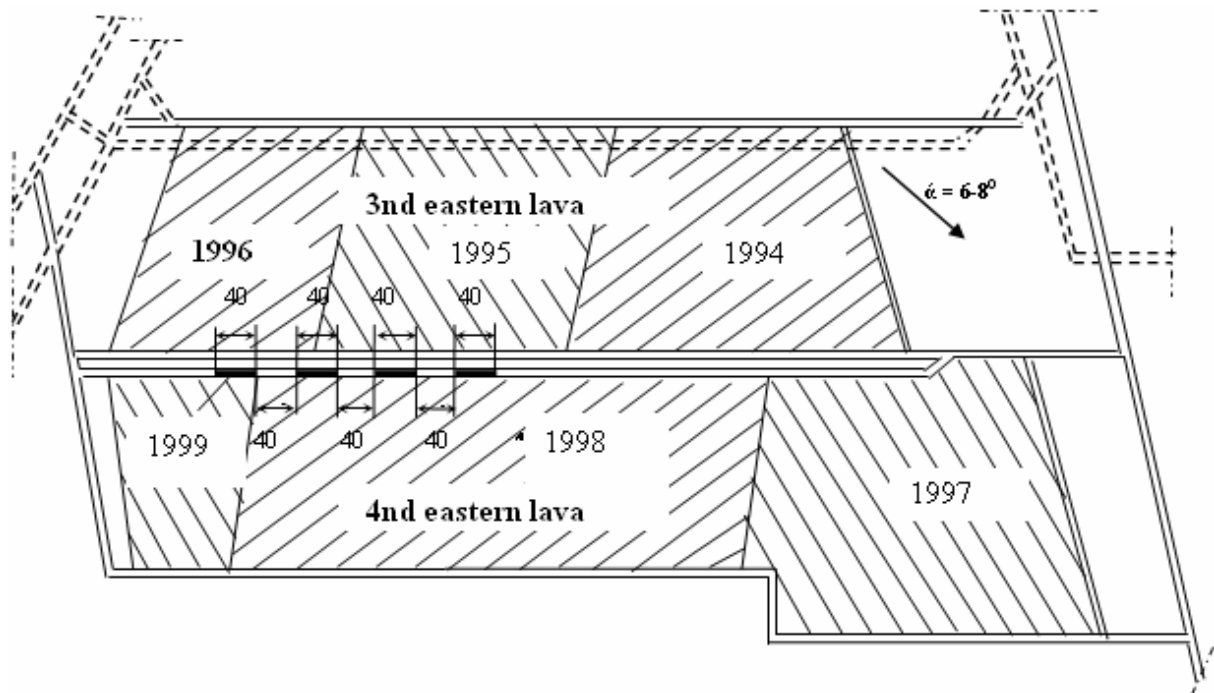


Fig. 1: Copy out of the mine-working scheme in layer c_{11} in Yuzhnodonbasskaia №3 Mine

Obr. 1: Schéma důlních děl ve sloji c_{11} v dole Južnodonbaskaja č. 3

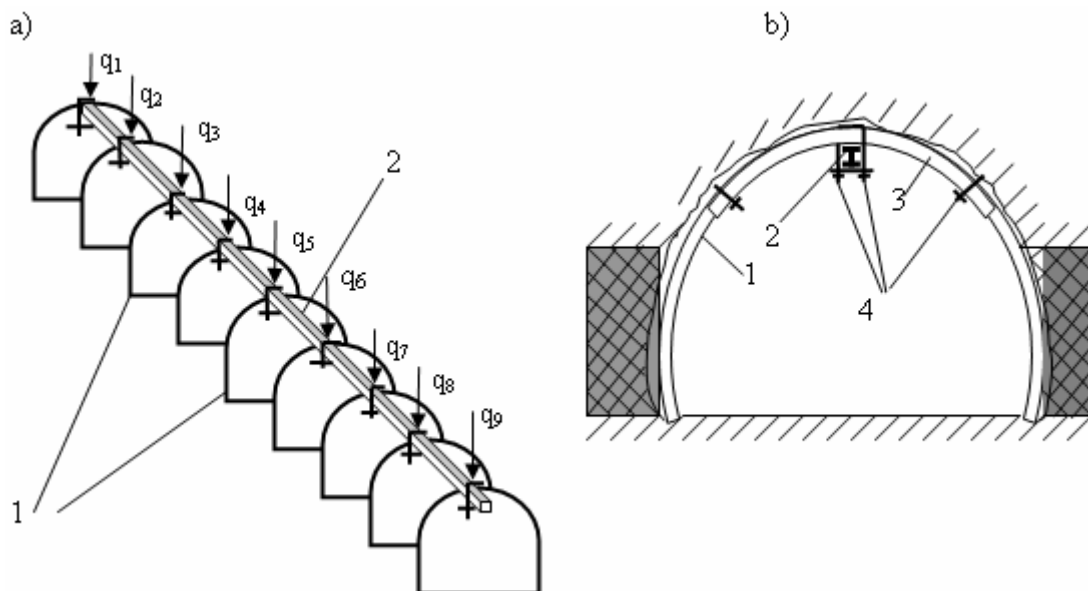


Fig. 2: Scheme of a longitudinal-rigid strengthening timbering disposition along the working length (a) and in its cross-section (b): 1 - timbering sets, 2 - flange longitudinal beam, 3 - rigidity segment, 4 - fastening elements of the beam and the rigidity segment

Obr. 2: Schéma podélného zajištění výztuže důlního díla (a) a v jeho průřezu (b): 1 - výztuže, 2 - podélný nosník profilu I, 3 - horní oblouk výztuže, 4 - upevňovací prvky nosníku na horní oblouk výztuže

The results of instrumental supervision over displacements and speeds of displacement of a working roof contour in controlled and 3 experimental parts over implementation of 3 variants of strengthening timbering are presented in fig. 3.

Submitted schedules show the longitudinal-rigid strengthening allows to reduce 2,2 - 2,5 times displacements and displacements' speed of a working on the most important technological section where lava meets conveyer working.

Use of longitudinal-rigid strengthening timbering has allowed to decline the use of aggregate timbering of junction in junction of the 4-th east lava with ventilation drift since the function of aggregate timbering was effectively carried out by the strengthening one.

The longitudinal-rigid strengthening timbering trial industrial check for an efficient parameters definition of mine-working maintenance in deep mines in a zone of influence of clearing works has being conducted in Kalinina Mine, in conveyer drift of the layer h_{10} in 2nd western lava since second half of 2002 (fig. 4). The layer h_{10} "Livenskiy" of 1,14-1,3 m wide and an angle of falling down of 18-23° was worked out on depth of 1180 m.

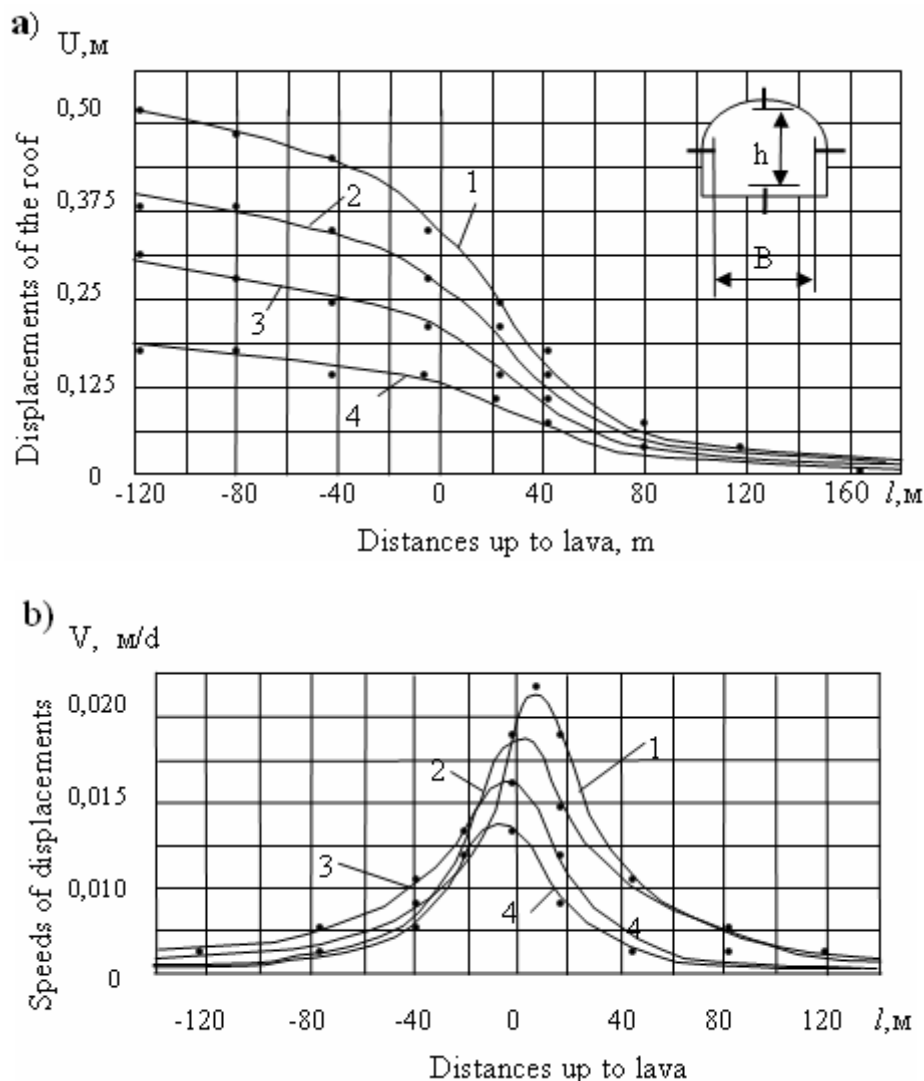


Fig. 3: Schedule of displacements (a) and speeds of displacements (b) of a roof contour of a ventilating drift distanced up to a lava on a controlled - 1, the first - 2, the second - 3 and the third - 4 experimental sectors

Obr. 3: Časový harmonogram posunutí (a) a rychlostí posunutí (b) obrysu stropu hodnocené větrní chodby na kontrolovaném - 1, prvním - 2, druhém - 3, třetím - 4 experimentálním sektoru

The movable arch timbering (AP-5/13,8 made of special profile SVP-27 with a step of installation of timbering frames - 0,5 m) of the conveyer drift was strengthened with single beamed longitudinal-rigid timbering as which there was used the long beam made of rectilinear profile (SVP-27) pieces of 4m length, connected with overlap of 0,5 m with two yokes. The beam was hung up over 2 special hooks with straps and screw-nuts in the center of every upper part of timbering.

At the first stage of trial check there was implemented the single beamed longitudinal-rigid strengthening timbering in the drift section of 80 m length. The strengthening timbering consisted of a long beam made of special rectilinear profile (SRP-27) pieces of 4m length, connected with overlap of 0,5 m with two yokes. The beam was hung up over 2 special hooks with straps and screw-nuts in the center of every upper part of timbering.

At the second stage there was installed the double-beamed strengthening timbering with a symmetric location of beams in the upper part distanced for 1,8 m from each other (fig. 6a) to prevent intensive lateral displacements of a working contour on the side of rock bedding in the drift.

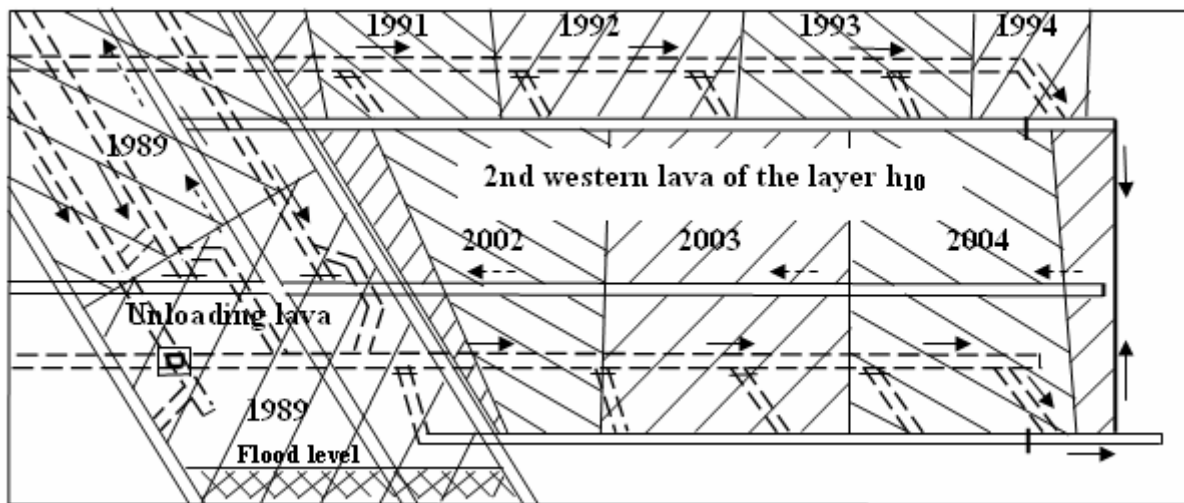


Fig. 4: Scheme of mine-working of the 2nd western lava of the layer h_{10} in Kalinina Mine

Obr. 4: Schéma důlních děl 2. západního porubu sloje h_{10} v dole Kalinina



Fig. 5: Arch timbering conveyer drift state without strengthening timbering implementation ove working retimbering behind the 2nd western lava face, distance - 220 m

Obr. 5: Dopravní chodba s obloukovou výztuží bez realizace zpevňující výztuže za čelbou 2. západního porubu, vzdálenost – 220 m

The double beamed strengthening timbering implementation allowed to use more effectively the perimeter of arch timbering on account of spatial consolidation of timbering sets and of a rigid frame construction creation.

There was defined in the result of analysis of visual and instrumental observations that the maximal manifestations of mountain pressure are being observed over a rock roof bedding (fig. 5). There was defined during a process of a rock contour deformation there happened a formation of local zones of the increased pressure where rock folds were formed due to focusing of increased loads on separate timbering (fig. 5). A decompaction of rock parts took place due to splitting and bursting of roof layers and sides on a working contour.

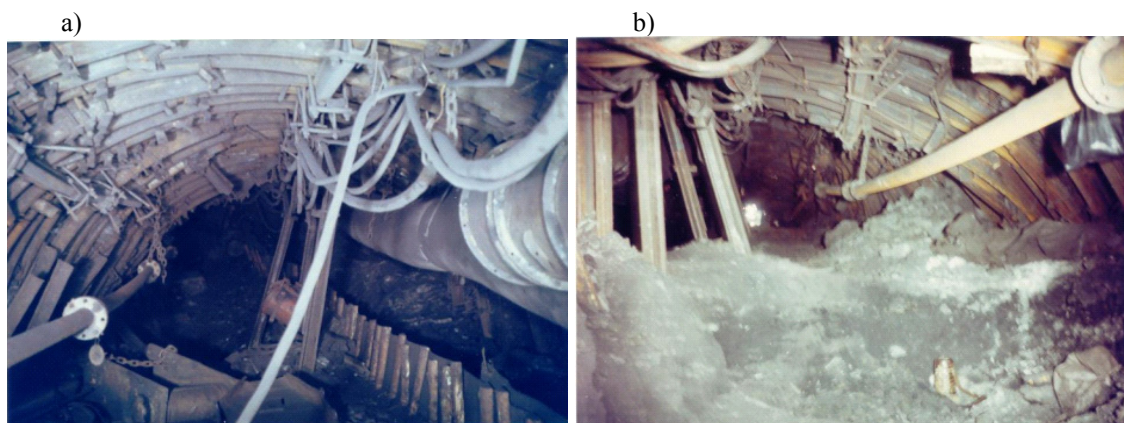


Fig. 6: Longitudinal-rigid strengthening timbering construction and conveyer drift state at a distance of 120 m (a) and over ground slashing (b) in 230 m behind the 2nd western lava clearing face

Obr. 6: Konstrukce podélného zpevnění výztuže a stav dopravní chodby ve vzdálenosti 120 m (a) a 230 m (b) za vyklízečí chodbou 2. západního porubu

That's why in the third stage of researches a beams position along the profile upper part has been changed for increasing quality of a rigid-longitudinal strengthening timbering work, and one beam has been placed in the middle of the upper part, and the second one - 0,2 m higher than an arch timbering lock – along the maximal loads of rock roof bedding's line (fig. 6b).

Implementation of longitudinal-rigid strengthening timbering has allowed consolidating of operating conditions of separated frames of the basic timbering on account of redistribution of increased and irregular loads between overloaded and underloaded arch timbering sets. Besides the presence of rigid-longitudinal strengthening connection has created preconditions for formation in the layer roof and in the mine-working side the local load-carrying zones preventing development of fold-forming process (fig. 5).

There represented the results of instrumental observations over displacements of lateral rocks without implementation and with strengthening timbering presented in figures 7a and 7b.

As shown at the charts the implementation of single longitudinal-rigid strengthening timbering allows to decrease displacements of rocks at 1,7-1,8 times and - displacements of mine-working sides at 1,3 - 1,4 times. Besides if transport drift passes ahead of lava for 45-50 m in preparatory mine-working, the supporting pressure zone before a clearing face is being formed and its presence leads to intensive displacements of a rock contour, and vertical displacements without strengthening timbering in alignment with the lava are 2,3 m, and horizontal - 1,7 m.

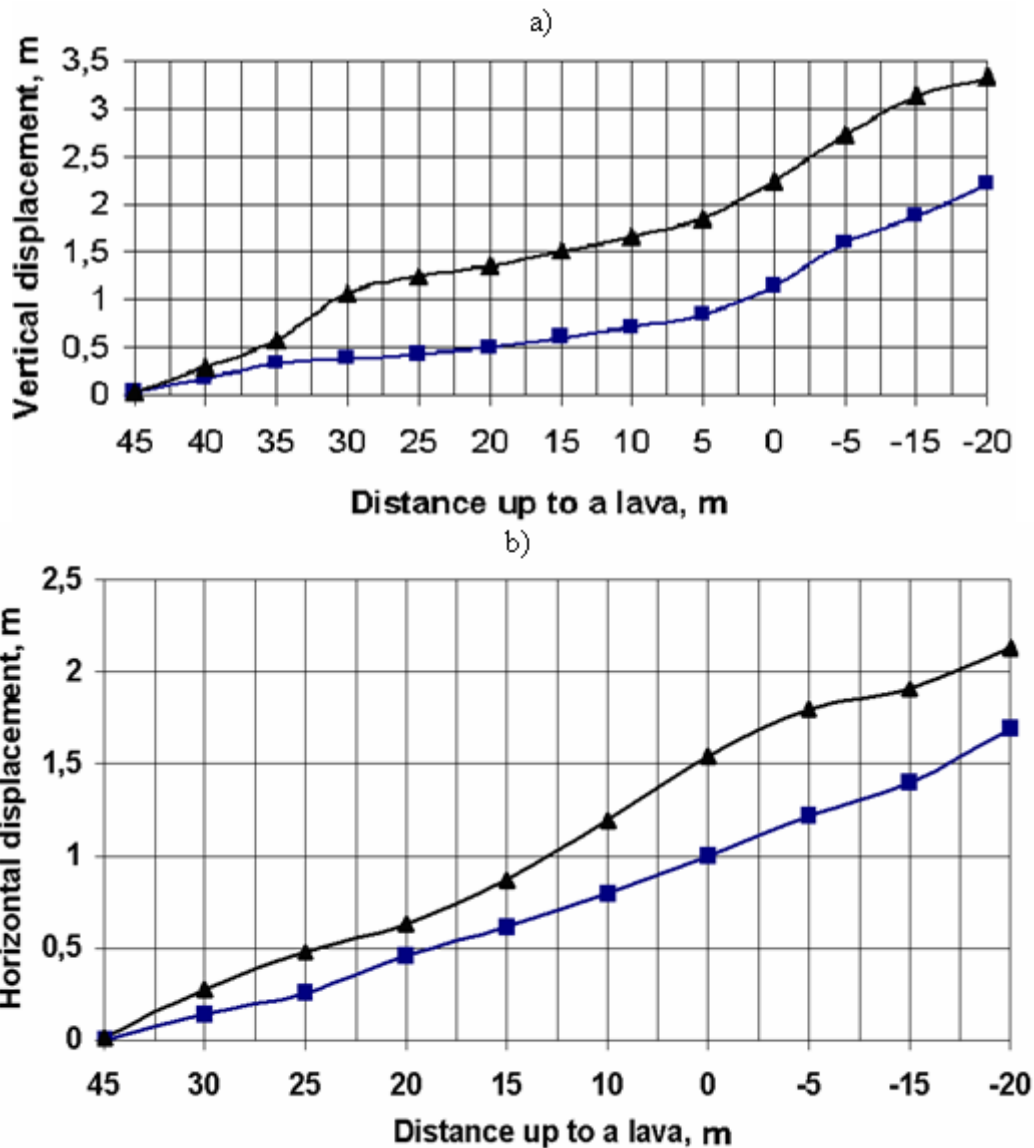


Fig. 7: Schedule of dependence for vertical (a) and horizontal (b) displacement of rock contour of the 2nd western lava transport drift of a layer h_{10} without implementation and with use of longitudinal-rigid strengthening timbering

Obr. 7: Závislost pro vertikální (a) a horizontální (b) posun obrysu chodby dopravní chodby 2. západního porubu sloje h_{10} bez realizace a s použitím doplňující podélné výztuže

Implementation of longitudinal-rigid strengthening timbering has allowed to decrease vertical displacements for 1m and horizontal – for 0.4m demanding minimal labor and financial costs and having created no technological obstacles to the main process - conducting clearing works in the lava.

References

- [1] Каретников, В., Н., Клейменов, В., Б., Нуждихин, А., Г.: Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. *Справочник*. – М.: Недра, 1989, 571 с.
- [2] Черняк, И., Л., Ярунин, С., А.: Управление состоянием массива горных пород. М.: Недра, 1995, 395 с.
- [3] Литвинский, Г., Г., Гайко, Г., И., Кулдыркаев, М., И.: Стальные рамные крепи горных выработок. – Техника, 1999, 216 с.

- [4] Долгун, А., И., Сдобников, П., В.: Исследование напряженного состояния металлической арочной крепи пространственной конструкции. *Шахтное строительство, 1990, №11, с. 23-24.*
- [5] Соловьев, Г., И., Захаров, В., С.: Особенности деформирования контура выработки при ее жестко-каркасном усилении. *Сборник научных трудов международной научно-практической конференции „Перспективы развития горных технологий в начале третьего тысячелетия“, Алчевск, 1999. с. 116-118.*
- [6] Бондаренко, Ю., В., Соловьев, Г., И., Кублицкий, Е., В., Мороз, О., К.: О влиянии жесткости каркасной крепи усиления на смещения пород кровли. *Известия Донецкого горного института, 2001, № 1., с.59-61.*
- [7] Бондаренко, Ю., В., Соловьев, Г., И., Кублицкий, Е., В., Демин, И., К.: О физической модели взаимодействия каркасной усиливающей крепи выемочной выработки с вмещающими породами. *Горный информационно-аналитический бюллетень Московского государственного горного университета, 2002, № 6, с. 183-187.*
- [8] Гребенкин, С., С., Соловьев, Г., И., Демин И., К., Панфилов, Ю., Н., Негрей, С., Г., Нефедов, В., Е., Малышева, Н., Н.: О сохранении устойчивости конвейерных штреков глубоких шахт. *Вестник НГАУ, Днепропетровск, 2003, № 10, с. 31-33.*
- [9] Соловьев, Г., И., Малышева, Н., Н., Нефедов, В., Е., Панфилов, Ю., Н.: О возможности перераспределения повышенной нагрузки между комплектами крепи по длине подготовительной выработки. *Вісті Донецького гірничого інститута, № 1, 2004, с. 122-126.*
- [10] Шевченко Ф., Л.: Изгиб стержневых систем. *Донецк, ДПИ, 1984.*

Resumé

Stabilita důlních děl prováděných v pásmu vlivu vyklízcích prací ve specifických podmínkách hlubokých dolů v Doněcku je hlavně určována efektivním výkonem vysoce účinných mechanizovaných komplexů. Během posledních let bylo dáno k dispozici značné množství různých technologických řešení pro zajištění stability přípravných důlních děl [1-4]. Kvůli značné variabilitě důlních a geologických podmínek těžby ve velkých hloubkách se většina navrhovaných technologických řešení nerozšířila.

Vědečtí pracovníci Katedry těžby ložisek surovinových zdrojů na Doněcké národní technické univerzitě teoreticky dokázali a experimentálně potvrdili možnost udržení stabilního stavu důlních děl, které jsou v zóně vlivu likvidačních prací kvůli redistribuci zvýšené zátěže mezi přetíženými a neúplně zatíženými dveřejemi podél pracovní délky porubu s podélně doplňující výztuží zpevnění [5-9]. Zkušební průmyslová kontrola zabývající se účinností nového způsobu zajištění obloukové výztuže podélnými nosníky, umístěnými v přípravných důlních dílech v zóně vlivu likvidačních prací byla provedena v několika dolech státní společnosti „Donetskugol“ (doly Yuzhnodonbasskaia No.3, Abakumova, Kalinina a Skochinskogo), a potvrdila vysokou účinnost této metody [5, 6, 8, 9].

Ocelový podélný nosník profilu I č. 14 (obr. 2) byl použit jako zpevňující výztuž v Dole Yuzhnodonbasskaia #3 v podmínkách 4. východního porubu sloje c_{11} s použitím kombinované dobývací metody (obr. 1). Byly použity 3 varianty doplňkové výztuže: jednoduchý nosník profilu I ve spojení s oblouky stávající výztuže, jednoduchý nosník profilu I ve spojení s oblouky a zesílením každého oblouku dveřejí s vertikálně umístěnou chemickou kotvou, dlouhou 2,5 m a dva paralelní nosníky profilu I ve spojení s oblouky stávající výztuže a instalací u každého oblouku výztuže dvou chemických kotev 2,5 m dlouhých s úklonem jejich základní části 30° v obou směrech od vertikálního směru.

Výsledky kontrolních měření posunu a rychlostí posunutí obrysu stropu díla v kontrolované oblasti a 3 experimentálních částech během realizace 3 variant zesilující výdřevy jsou uvedeny na obr. 3.

Předložené časové harmonogramy, ukazují že podélné zesílení umožňuje snížit 2,2-2,5 krát posunutí a rychlost posunutí stropu díla na nejdůležitější technologické sekci tam, kde se setkává porub s dopravní chodbou.

Pokusný ověřovací provoz s podélně zajišťovanou výztuží byl realizován v dole Kalinina, v dopravní chodbě sloje h_{10} v oblasti druhého západního porubu od druhé poloviny r. 2002 (obr. 4). Sloj h_{10} „Livenskiy“ měla mocnost 1,14-1,3 m a úhel úklonu byl od 18 do 23°. Dobývání probíhalo v hloubce 1180 m.

Oblouková výztuž (AP-5/13,8 tvořená speciálním profilem SVP-27 s hustotou budování oblouků 0,5 m) dopravní chodby byla zesílena podélně výztuží s jednoduchým nosníkem tak, jako byl použit dlouhý nosník, tvořený kusy přímého profilu (SVP-27) 4 m dlouhými, spojenými s překrytím 0,5 m dvěma třmeny. Nosník byl

zavěšen na 2 speciálních hácích maticemi ve středu každého horního oblouku stávající výztuže dlouhého důlního díla.

První fáze měření proběhla s podélným vyztužením chodby 80 m dlouhé. Zpevňující výztuž se skládala z dlouhého nosníku složeného z 4m kusů speciálního přímého profilu (SRP-27), spojeného s překrytím 0,5 m se dvěma třmeny. Nosník byl zavěšen na 2 speciálních hácích s pásky a maticemi ve středu každé horní části výdřevy.

Ve druhé fázi byla instalována dvounosníková zpevňující výztuž se symetrickým umístěním nosníků v hodní části vzdálenými od sebe 1,8 m (obr. 6a), aby se zabránilo intenzivním bočním posunům profilu díla.

Realizace zpevňující výztuže s dvojitým nosníkem nám umožnilo využít účinněji délku obvodu obloukové výztuže kvůli prostorové konsolidaci.

Ve výsledku analýzy vizuálních a měřických pozorování bylo definováno, že maximální projevy horského tlaku jsou pozorovány nad stropní horninovou vrstvou (obr. 5). Bylo definováno, že během procesu deformace profilu horniny vznikly lokální zóny zvýšeného tlaku tam, kde se vytvořily z horniny vrásky v důsledku působení zvýšeného tlaku na samostatnou výztuž (obr. 5). Rozvolňování částí hornin probíhalo v důsledku štěpení a oddělení stropních vrstev a boků na vrstevnici důlního díla.

Proto se ve třetí fázi výzkumu změnila poloha nosníků podél horní části profilu, aby se zlepšila kvalita konstrukce podélné zpevňující výztuže a jeden nosník byl umístěn do středu horní části a druhý – 0,1 m výše podél maximálního zatížení linie vrstevnatosti horninového stropu (obr. 6).

Realizace podélné výztuže umožnila konsolidaci provozních podmínek oddělených jednotlivých oblouků základní výdřevy kvůli redistribuci zvýšených a nepravidelných zátěží mezi přetíženou a málo zatíženou obloukovou výztuží. Kromě toho, přítomnost podélného zpevňujícího spojení vytvořilo předpoklady pro tvorbu vrstevového stropu a v boku důlního díla místní nosné zóny zabraňující vývoji procesu tvorby nadvýlomů (obr. 5).

Výsledky měřických pozorování při posunutí bočních hornin bez realizované a se zpevňující výztuže jsou uvedeny na obr. 7a a 7b. Jak je uvedeno v diagramech, realizace jednoho podélného nosníku umožňuje snížit posunutí hornin na 1,7–1,8 krát a posunutí boků důlního díla 1,3–1,4 krát.

Recenzenti: Prof. Ing. Jiří Horký, CSc., VŠB-TU Ostrava,
Doc. Ing. Petr Žůrek, CSc., VŠB-TU Ostrava.