

Код МРНТИ 52.35.29:52.13.23

V.F. Demin, D.R. Akhmaturov, *R.A. Mussin, N.M. Zamaliyev
 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

TECHNOLOGY OF GEOMECHANICAL PROCESS CONTROL TO INCREASE THE STABILITY OF THE CONTOUR MASSIF AROUND WORKINGS

Abstract. The stress-strain state, manifestations of rock pressure, and conditions for maintaining workings depending on mining and technological parameters were studied. The studies allowed us to establish the degree of their influence on the efficiency of using anchor support for mining workings. A method for managing geomechanical processes during mining operations at deep levels of coal mines was developed. The aim of the research is to create a technology for intensive and safe implementation of mining workings based on the identified patterns of behavior of adjacent rock massifs, optimization of the parameters of technological schemes for preparatory work, ensuring increased efficiency of underground mining operations. The idea of the research is to manage the technogenic stress-strain state (SSS) for the development of an efficient technology for supporting the marginal rock massif.

Key words: rock pressure, anchor fastening, stress state of the massif, massif disturbance, massif fracturing, fastening of mine workings.

Өндіру айналындағы контуртың тұрақтылығын арттыру үшін геомеханикалық процестерді бақылау технологиясы

Андатпа. Кернеу-деформациялық күйі, тау-кен және технологиялық параметрлерге байланысты тау жыныстарының қысымының көріністері және жұмыстарды ұстау шарттары зерттелді. Зерттеулер олардың даму дәрежесін қазба жұмыстарын анкерлік бекітуді пайдалану тиімділігіне анықтауға мүмкіндік берді. Көмір шахталарының терең деңгейіндегі тау-кен жұмыстары кезінде геомеханикалық процестерді бақылау әдісі әзірленді. Зерттеудің мақсаты – іргелес тау жыныстары массаларының мінез-құлқының анықталған заңдылықтары негізінде қазба кен жұмыстарын қарқынды және қауіпсіз жүргізу технологиясын құру, дайындық жұмыстарының технологиялық схемаларының параметрлерін оңтайландыру, жұмыс істеу тиімділігін арттыруды қамтамасыз ету жерасты тау-кен өндірісі. Зерттеудің идеясы шекаралық жыныс массасын бекітудің тиімді технологиясын әзірлеу үшін техногендік кернеу-деформациялық күйді (ТҚК) бақылау болып табылады.

Түйінді сөздер: тау жыныстарының қысымы, бекітпе, массивтің кернеулі күйі, массивтің бұзылуы, массивтің жарылуы, кен қазбаларын бекіту.

Технология управления геомеханическими процессами для повышения устойчивости законтурного массива вокруг выработок

Аннотация. Исследованы напряженно-деформированное состояние, проявления горного давления, условия поддержания выработок в зависимости от горнотехнических и технологических параметров. Исследования позволили установить степень их влияния разработки на эффективность применения анкерного крепления выемочных выработок. Разработан способ управления геомеханическими процессами при ведении горных работ на глубоких горизонтах угольных шахт. Целью исследований является создание технологии интенсивного и безопасного проведения выемочных горных выработок на основе выявленных закономерностей поведения примыкающих к ним массивов горных пород, оптимизации параметров технологических схем подготовительных работ, обеспечивающих повышение эффективности функционирования подземного горного производства. Идея исследований заключается в управлении техногенным напряженно-деформированным состоянием (НДС) для разработки эффективной технологии крепления приконтурного горного массива.

Ключевые слова: горное давление, анкерное крепление, напряженное состояние массива, нарушенность массива, трещиноватость массива, крепление горных выработок.

Introduction

Modern technologies of fastening of underground mine workings include consecutive consideration of the following issues: determination of parameters of rock pressure and physical and mechanical properties of the host rocks; assessment of technology, means and types of fastening, at coal mines and mines; analysis of theories used in the calculation justification of parameters of fastening of mine workings; principles of fastening, geomechanical models and experience of application; methods of carrying out and fastening of mine workings; methods of calculation of fastenings; monitoring of the condition of mine workings.

Mining pressure is the stresses arising in the rock massif, near the walls of workings, boreholes, in pillars, on the surfaces of the contact «rock – fastener» as a result of gravitational forces, as well as tectonic forces and temperature changes in the upper layers of the Earth's crust [1].

There are five main theories used in the design justification of the anchorage parameters: suspension of the immediate roof to stable rocks (Figure 1, a); formation of the load-bearing structure (Figure 1, b); compression of the supporting rocks (Figure 1, c); joint operation of the anchorage and the massif (Figure 1, d); energy theory (Figure 1, e) [2, 3].

The following schemes of anchoring of mine workings are distinguished – Figure 2: one-level scheme of anchoring with metal arch support (Figure 2, a), one-level scheme of anchoring (Figure 2, b), two-level scheme of anchoring (Figure 2, c).

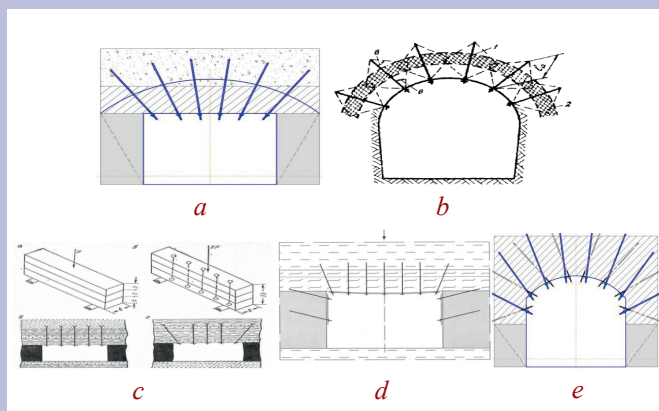
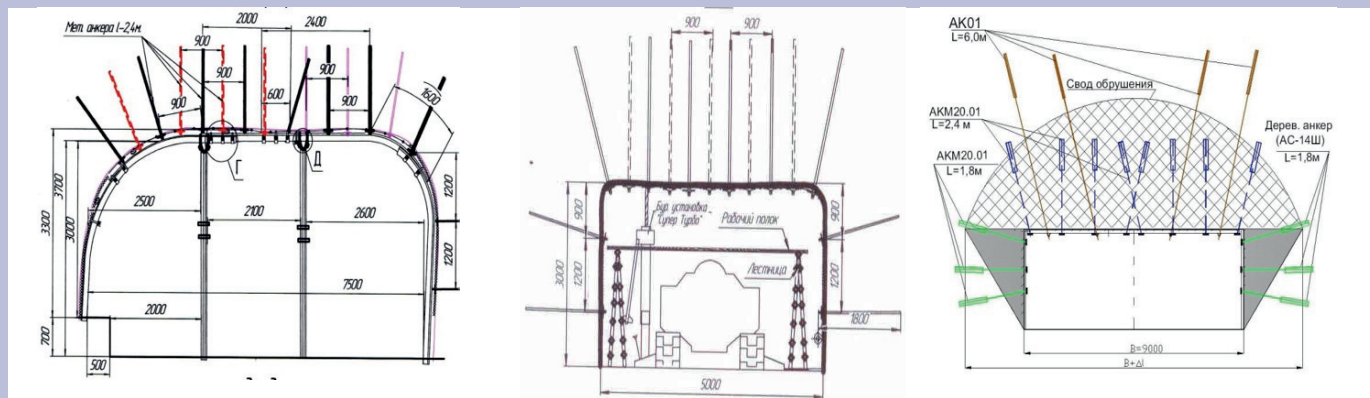


Figure 1. Theories used in the calculation justification of the parameters of anchor support.

Сурет 1. Анкерлік тірек параметрлерін есептеу негіздеуінде қолданылатын теориялар.

Рис. 1. Теории, применяемые при расчетном обосновании параметров анкерной крепи.

There are the following types of anchors used in mines and mines, which can be divided by the structural design of the anchor rod: metal lock anchors; metal lockless (blast) anchors; wooden anchors; reinforced concrete anchors; steel-mineral anchors; steel-polymer anchors; plastic anchors; basalt plastic anchors; friction anchors; injection anchors; self-drilling anchors; rope anchors; bundle anchors.



a – one-level scheme of anchoring with metal arch support

b – one-level scheme of anchoring

c – two-level scheme of anchoring

Figure 2. Anchor fastening schemes for mine workings.

Сурет 2. Кен қазбаларын бекіту схемалары.

Рис. 2. Схемы анкерного крепления горных выработок.

Modern trends in the development of anchoring technologies (methods of excavation and anchoring, etc.) include application of two-level anchoring in the following conditions: maintaining workings and interfaces up to 12 m and more wide (Figure 3, a); pre-cut and formed dismantling chambers (Figure 3, b); interfaces of a cut-and-cover furnace with a 19.7 m wide conveyor workings (Figure 3, c); reinforcement of workings fastening for their reuse and aimless mining of coal reserves; for the operation of the mine face without mechanized interfaces (Figure 3, d); for their preservation for the purpose of gas control, drainage, emergency exits; in the zone of advanced bearing pressure; in unstable rocks, in zones of geological disturbances; installation of suspended monorails; foundationless installation of belt conveyor stations [4, 5].

There are methods for calculating the parameters of deep anchors in mine workings with a width of 8-12 m (Figure 4,

a) and the parameters of anchoring of dismantling chambers (Figure 4, b).

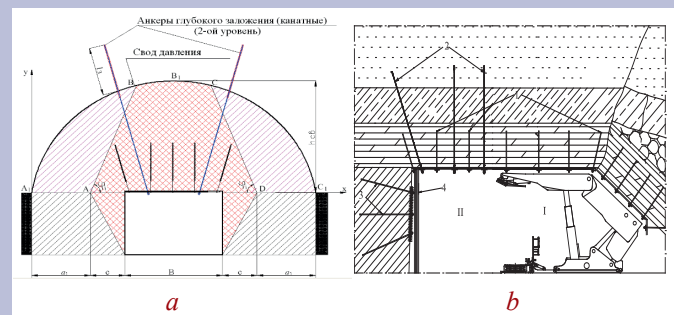


Figure 4. Schemes of methods for calculating the parameters of deep-laid anchors.

Сурет 4. Терең анкерлердің параметрлерін есептеу әдістерінің диаграммалары.

Рис. 4. Схемы методов расчетов параметров анкеров глубокого заложения.

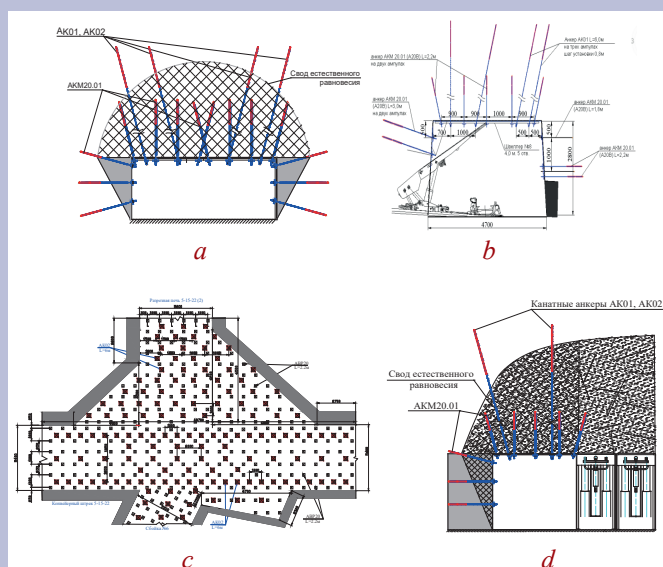


Figure 3. Application of two-level anchor support.

Сурет 3. Екі деңгейлі бекітуді қолдану.

Рис. 3. Применение двухуровневой анкерной крепи.

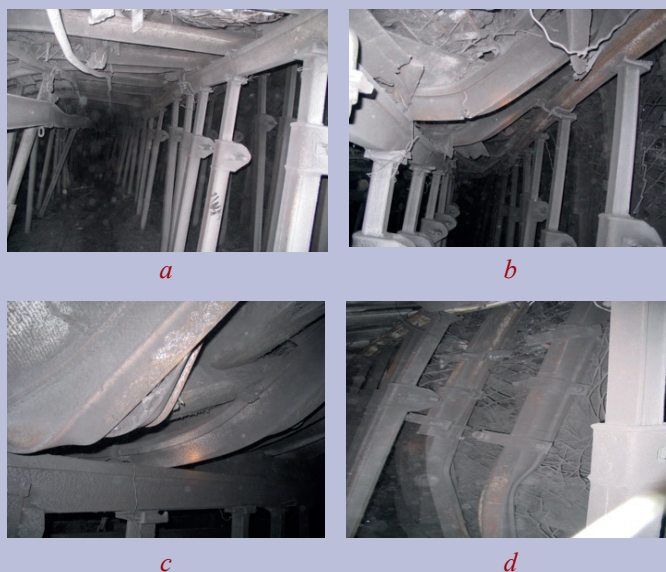
To maintain high productivity, the mine face must move 8-12 m/day, with reserve preparation at 15-25 m/day. Modern longwall coal mining employs three schemes: (1) reusing workings, (2) creating workings in mined-out space, and (3) twin workings with adjacent longwall excavation. The most advanced scheme preserves excavation workings along the boundary of the excavation space, stabilizing them with two-level deep-embedded anchor fasteners and reinforcing supports.

Second-level anchorage, installed after roof rock displacements (up to 50 mm), creates a load-bearing layer, while displacements of 50-200 mm reduce the system's bearing capacity by 15-65%. To limit sliding prism effects, 2.4-5.2 m anchor rods are used, reducing displacement to 200-250 mm [6].

At greater depths, excavation stability is critical, with up to 60-70% cross-sectional loss due to mining pressure. Annually, 20% of mine workings are repaired, accounting for 15-20% of coal production costs. Increased size and density of met-

al frame bracing have shown limited effectiveness due to deformation issues. Modernizing fasteners alone cannot resolve these challenges [7].

Geomechanical processes remain understudied. At the Kostenko mine (Karaganda, Kazakhstan), conditions in conveyor drift 49k10-z were analyzed. The k10 seam (3.7-4.0 m thick) has an immediate roof of mudstones (3-7 m) and a main roof of weakly fractured sandstones (24-32 m). Soil displacement reached 0.55 m in two years. Pre-mining the drift by 0.5-0.6 m ensured a stable cross-section. Optimal conditions were achieved in a 50 m semi-arched section secured with mixed bracing (anchors and MRC) at 1.33 frames/m.



a – mixed bracing; *b* – deformation of the topside;
c – rupture of the topside; *d* – deformation of the struts

Figure 5. Condition of the conveyor intermediate drift 49_{k10-z} in the zone of influence of mining operations at the Kostenko mine.

Сурет 5. 49_{k10-z} атындағы шахтада тазалау жұмыстарының әсер ету аймағындағы аралық жол конвейерінің жағдайы Костенко.

Рис. 5. Состояние конвейерного промежуточного штрэка 49_{k10-z} в зоне влияния очистных работ на шахте им. Костенко.

This section of excavation is characterized by the following changes in the condition of the support: deformation of the top layer and its tearing (Figure 5, b, c) along the lines of the purlins – 60%; deformation of the composite struts (Figure 5, d) in the vertical plane – 1.5%; deviation of the friction struts from the vertical position, mainly along the line of the first run from the face – 70%.

In this regard, the study of the peculiarities of rock mass deformation around preparatory excavations with anchoring at different angles of bed dip and anchoring depth, justification of anchoring parameters and determination of rational area of its use, is an urgent task of mining production.

The purpose of the research is to create a technology for intensive and safe mining excavations on the basis of the identified regularities of the behavior of adjacent rock massifs, optimization of the parameters of technological schemes

of preparatory work, providing an increase in the efficiency of underground mining operations. The idea of the research is to manage the technogenic stress-strain state (STS) for the development of an effective technology for fixing the adjacent rock massif.

The diversity of mining and geological and mining engineering conditions of mine workings operation and the associated mechanism of interaction between rocks and supports has led to the emergence of a number of different geomechanical models of the state of the rock mass around mine workings. At the same time, the most promising at present is mathematical modeling with the use of computers.

In the presented studies analytical modeling is performed using the numerical finite element method. Modeling is carried out for conditions of seam conveyor mining of seam k₁₀ of mine named after Kostenko of Karaganda coal basin at mining depth of 400 m and thickness of seam 3.8 m. Kostenko mine of Karaganda coal basin at the depth of development of 400 m and the thickness of the seam 3.8 m. Studies are made on mathematical models using the ANSYS program complex allows to establish the influence of mining and geological factors on the conditions of operation of mine workings supports.

A model of the host rock massif was built in the ANSYS program complex, corresponding to the conditions of occurrence of the k₁₀ formation.

The influence of the shape of the mine cross-section and the angle of dip of the coal seam on the magnitude of the maximum stresses in the rock mass at anchoring of the excavation.

In case of vaulted (arched) cross-sectional shape of the mine face, normal stresses (σ_y) grow with increasing dip angle (α) from 10 to 13.5 MPa according to the exponential function. The distribution of stresses in the zones of the host lateral rocks surrounding the mine face is shown in Figures 6, a and 6, b.

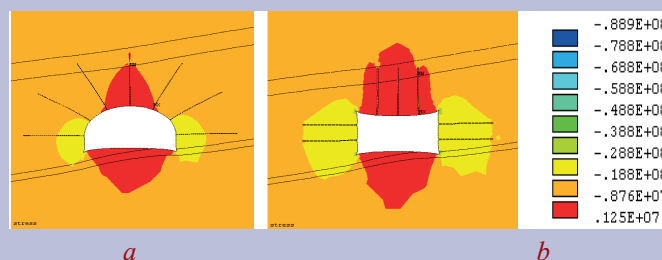


Figure 6. Distribution of maximum stresses in the zones of host wall rocks surrounding a mine working of arched (a) and rectangular (b) cross-sectional shape.

Сурет 6. Доғалы (a) және тік бұрышты (б) қимасы бар шахтаны қоршап тұрған негізгі тау жыныстарының аймақтарындағы максималды кернеулердің таралуы.

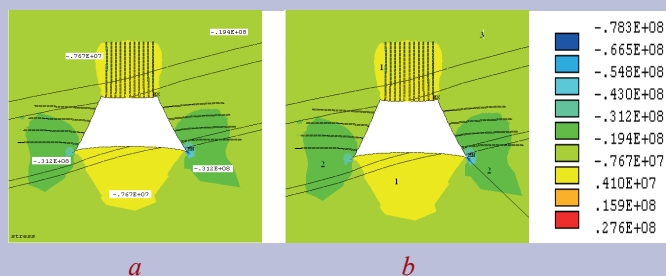
Рис. 6. Распределение максимальных напряжений в зонах вмещающих боковых пород, окружающих горную выработку арочной (a) и прямоугольной (б) формы поперечного сечения.

For mine workings with a polygonal cross-section, the stress-strain state trends are similar to those of rectangular cross-sections, with notable differences: stresses (σ_y) are 1.5 times higher, (σ_x) is 2-3 MPa lower, and (τ_{xy}) is 1.5-2.0 times

higher. [8, 9] Studies indicate that rectangular cross-sections with anchored host rocks are preferable for the k10 seam at the Kostenko mine.

The stress-strain state of host rocks was also analyzed for varying thicknesses of easily collapsible rock layers and different anchor lengths. For a trapezoidal cross-section with a 15° dip, a 3.8 m seam, and a depth of 600 m, the following was observed: stresses increase proportionally with anchor length (1.5-6.0 m) and collapsible layer thickness (1-6 m). Tensile stresses decrease, while compressive stresses jump at an anchor length of 3.0-3.5 m and remain in a narrow range (42-48 MPa). Tangential stresses increase with thicker collapsible layers and vary with anchor length. Borehole diameter increases (up to 0.05 m) negatively affect stress, doubling it across the range.

These studies highlight the stress distribution and behavior of lateral rocks around excavations, offering insights for optimizing support systems [10].



1 – zone very unstable; 2 – zone unstable; 3 – zone unstable; 4 – zone of average stability; at the point of minimum the zone is stable

Figure 7. Distributions of normal (a) and longitudinal (b) stresses.

Сурет 7. Қалыпты (a) және бойлық (б) кернеулердің таралуы.

Рис. 7. Распределения нормальных (a) и продольных (б) напряжений.

The analysis of stress distribution shows that zones of unstable rock formations occur around the excavation. To a greater extent it concerns the roof and soil of the excavation, as well as its sides in the area of the lower part of the lateral sides of the excavation contour. The maximum value of normal stresses occurs in the anchor located on the roof of the excavation in the rightmost anchor in the place of its fixation. The maximum value of longitudinal stress occurs in the anchor located on the right-side surface of the excavation (first from the bottom).

The above theoretical and practical recommendations allow to form progressive technological schemes of anchoring of mine workings, one of which is presented below. Method of anchoring the preparatory mine workings. The purpose of this method is to provide anchoring works in the zone with increased stresses in the contour rocks, especially in the conditions of excavation of mine workings in the emission-hazardous formations.

The application of the proposed method of fixing the preparatory mine workings will allow to fix rocks in advance in the zone of high stress state, thus preventing deformations

(reduced by 20 - 30%) at their exposure in the process of mining.

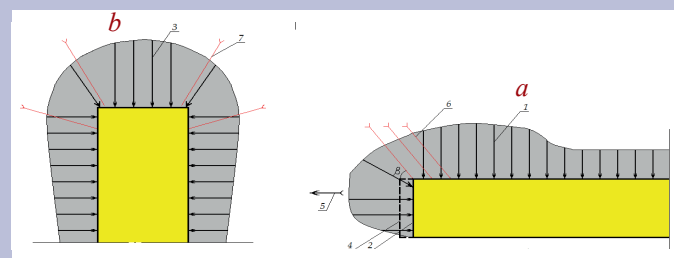
The method of fixing the preparatory mine workings [11, 12], in which the layers of host rocks, fix anchors and place them at an angle to the overlay, characterized by the fact that the anchors are located forward directed to the zone with increased stress state, located at an angle along the front of the excavation, determined by the formula:

$$\beta = \frac{\gamma_m + \gamma_n}{2},$$

where γ_m and γ_n are the directions of action of the vertical and lateral stress vectors, respectively.

Figure 8, a shows a longitudinal view of the method of fixing the preparatory mine workings, and Figure 8, b shows a plan view.

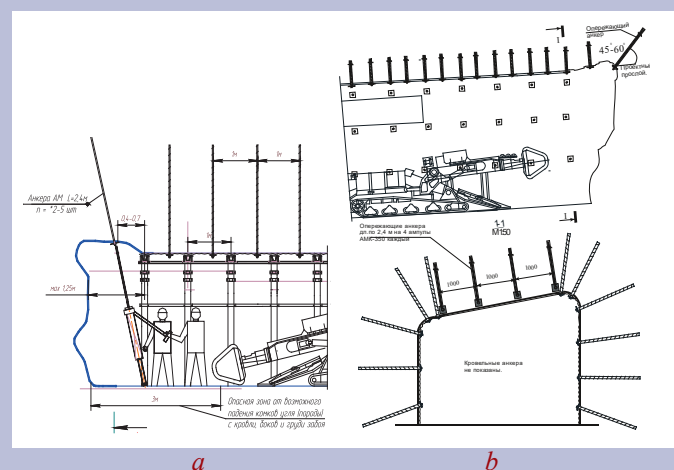
The zone of increased supporting rock pressure 1 (with the



a – longitudinal view of the excavation, b – plan view

Figure 8. Method of fastening preparatory mine workings.

Сурет 8. Кен қазбаларын өңдеуді қамтамасыз ету әдісі. Рис. 8. Способ крепления подготовительных горных выработок.



a – erection process; b – technological scheme

Figure 9. Technology of using advanced support for unstable roofs (Saranskaya mine, Karaganda coal basin).

Сурет 9. Тұрақсыз шатырларға арналған жетілдірілген тіректерді қолдану технологиясы (Саран кеніші, Қарағанды көмір бассейні).

Рис. 9. Технология применения передовой крепи при неустойчивой кровле (шахта «Саранская», Карагинский угольный бассейн).

value of $1.3-1.5\gamma H$, where γ is the density of the host rocks t/m^3 ; H is the depth of the excavation, m) is located in the roof and sides of the excavation contour and is adjacent directly to the moving plane 2 of the tunnel face and its wave 3 comes out in front of the excavation advancement front.

When stripping the next cycle 4 of rock mass along the front 5 of the excavation advancement, boreholes are drilled in the roof and sides of the excavation and anchors 6 and 7 are installed forward into the zone of increased stresses, thus achieving «cross-linking» of the side rocks in this zone. The position angle of the anchors is β .

A concrete realization of this method of advanced support installation is shown in Figure 9.

In case of roof collapse, as a consequence of disturbance of the stability of the surrounding rocks, when the face breast goes more than 0.75 m – in case of anchoring and 1.25 m – in case of mixed anchoring, inclined steel-polymer anchors are installed in the roof of the excavation.

Conclusion

The technological methods of controlling geomechanical processes to improve the stability of the contour massif around the workings have been considered. The study of stress-strain state, manifestation of rock pressure depending on the condition of workings support and mining and technological parameters was carried out, which allowed to establish the degree of their influence on the efficiency of anchoring of mine workings. An effective way to control geomechanical processes during mining operations at deep horizons of coal mines was developed.

Acknowledgments

The research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan as part of program-targeted funding for the implementation of the scientific and scientific-technical program IRN №BR24993009.

REFERENCES

1. Makarov A.B. Otsenka prirodnoho napryazhennogo sostoyaniya massiva na rudnike Zhaman-Aibat. / A.B. Makarov, D.V. Mosyakin, A.A. Karpikov. // Gornyi zhurnal. 2005. №9-10. S. 49-52 [Makarov A.B. Assessment of the natural stress state of the massif at the Zhaman-Aybat mine. / A.B. Makarov, D.V. Mosyakin, A.A. Karpikov. // Mining Magazine. 2005. №9-10. P. 49-52 (in Russian)]
2. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Application and Development of the Method of Geodynamic Zoning According to Geodynamic Hazard Forecasting at Coal Mines in China. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. – V. 221. – P. 1-8 (in English)
3. Andrian Batugin, Valeria Musina, Irina Golovko. Analysis of Geodynamical Conditions of Region of Burning Coal Dumps Location. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017. – V. 95. – Issue 4. – P. 1-8 (in English)
4. Diomin V.F. Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. / Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. // Scientific Bulletin of the National Mining University. 2019. №5. P. 16-21 (in English)
5. Zholmagambetov N. Ensuring a safe geomechanical state of the rock mass surrounding the mine workings in the Karaganda coal basin, Kazakhstan. / Zholmagambetov N., Khalikova E., Demin V., Balabas A., Abdrashev R., Suiintayeva S. // Mining of Mineral Deposits. 2023. V. 17 (1). P. 74-83 (in English)
6. Diomin V.F. Technology of Controlling Geomechanical Processes for Increasing Stability of Coal-Rock Massive Around Workings. / Diomin V.F., Mussin R.A., Khalikova E.R., Zhumabekova A.E. // Proceedings of the University, Karaganda: Karaganda State Technical University. 2018. №3. P. 64-67 (in English)
7. Valker S. Sistema kreplenija gornyh vyrabotok. // World Koal. 2003. S. 17-22 [Valker S. Mine workings support system // World Koal. 2003. P. 17-22] (in Russian)
8. Liming D. Applications of Bolter Miners for Longwall Site Preparation. / Liming D., Oltaun'yan P. // Glyukauf. 2001. №2 (4). P. 27-32 (in English)
9. Demin V.F. Issledovanie haraktera deformirovaniya bokovyh porod vokrug gornoj vyrabotki s ankernym krepleniem v zavisimosti ot ugla padeniya i glubiny ankerirovaniya prikonturnogo massiva. / V.F. Demin, S.B. Aliev, K.K. Kushekov i dr. // Gornyj informacionnyj analiticheskiy bjulleten'. 2012. №2. S. 191-203 [Demin V.F. Study of the nature of deformation of wall rocks around a mine working with anchor fastening depending on the angle of incidence and the depth of anchoring of the marginal massif. / Demin V.F., Aliev S.B., Kushekov K.K. and others. // Mining Information Analytical Bulletin. 2012. №2. P. 191-203] (in Russian)
10. Demin V.F. Vlijanie ugla naklona na naprjazhenno-deformirovannoe sostojanie massiva gornyh porod vokrug vyrabotki. / Demin V.F., Javorskij V.V., Demina T.V. i dr. // Ugol'. 2012. №11. S. 66-69 [Demin V.F. The influence of the angle of inclination on the stress-strain state of the rock mass around the workings. / Demin V.F., Javorskii V.V., Demina T.V. and others. // Coal. 2012. №11. P. 66-69] (in Russian)

11. Aliev S.B. *Ustanovlenie parametrov anernogo krepnenija v zavisimosti ot gorno-tehnologicheskikh uslovij jekspluatatsii vyrabotok.* / S.B. Aliev, V.F. Demin, T.V. Demina i dr. // *Ugol'*. 2013. №1. S. 69-72 [Aliev S.B. *Setting the parameters of anchor fastening depending on the mining and technological conditions of the workings operation.* / Aliev S.B., Demin V.F., Demina T.V. and others. // *Coal*. 2013. №1. P. 69-72] (in Russian)
12. Demin V.F. *Prognozirovanie smeshhenij prikonturnogo massiva porod gornyh vyrabotok.* / V.F. Demin, N.B. Bahtybaev, T.V. Demina i dr. // *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*. 2012. Otdel'nyj yurusk 7. S. 9-21 [Demin V.F. *Forecasting displacements of the marginal rock mass of mine workings.* / Demin V.F., Bakhtybaev N.B., Demina T.V. and others. // *Mining Information Analytical Bulletin. Separate issue №7*. 2012. P. 9-21] (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Макаров А.Б. Жаманай-Айбат кенішіндегі массивтің табиғи кернеу жағдайын бағалау. / А.Б. Макаров, Д.В. Мосякин, А.А. Карпиков. // *Тау журналы*. 2005. №9-10. Б. 49-52 (орыс тілінде)
2. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Қытай көмір шахталарында геодинамикалық қауіптілік болжамының деректері бойынша геодинамикалық аудандастыру әдісін қолдану және дамыту. // *ИОР конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар*, 2019. – Т. 221. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
3. Andrian Batugin, Valeria Musina, Irina Golovko. Жанып жатқан көмір үйінділерінің орналасу аймағының геодинамикалық жағдайларын талдау. // *ИОР конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар*, 2017. – Т. 95. – Шығ. 4. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
4. Diomin V.F. Көмір қабаттарының пайда болуының тектоникалық бұзылыстарының тау-кен қазбаларын якорь бекіткішімен бекіту параметрлеріне әсерін зерттеу. / V.F. Diomin, E.R. Khalikova, T.V. Diomina, V.V. Zhurov. // *Ұлттық тау-кен университетінің Ғылыми хабаршысы*. 2019. №5. Б. 16-21 (ағылшын тілінде)
5. Zholmagambetov N. Қарағанды көмір бассейніндегі тау-кен қазбаларын қоршап тұрған тау жыныстары массивінің қауіпсіз геомеханикалық жай-күйін қамтамасыз ету, Қазақстан. / N. Zholmagambetov, E. Khalikova, V. Demin, A. Balabas, R. Abdrashev, S. Suiintayeva. // *Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру*. 2023. Т. 17 (1). Б. 74-83 (ағылшын тілінде)
6. Diomin V.F. Қазбалар айналасындағы көмір-жыныс массивінің тұрақтылығын арттыру үшін геомеханикалық процестерді басқару технологиясы. / V.F. Diomin, R.A. Mussin, E.R. Khalikova, A.E. Zhutabekova. // *Университет еңбектері, Қарағанды: ҚарМТУ*. 2018. №3. Б. 64-67 (ағылшын тілінде)
7. Валкер С. Кен өндіруді қолдау жүйесі. // *World Coal*. 2003. Б. 17-22 (орыс тілінде)
8. Лиминг Д. Volter Miner комбайндарын ұзын қабырғаларды дайындау үшін қолдану. / Д. Лиминг, П. Олтауньян. // *Глюкауф*. 2001. №2 (4). С. 27-32 (орыс тілінде)
9. Демин В.Ф. Контурлық массивтің түсу бұрышы мен бекіту тереңдігіне байланысты бекітпемен жұмыс істейтін шахтаның айналасындағы бүйірлік жыныстардың деформациялану сипатын зерттеу. / В.Ф. Демин, С.Б. Алиев, К.К. Кушеков және т.б. // *Тау-кен ақпараттық аналитикалық бюллетень*. 2012. №2. Б. 191-203 (орыс тілінде)
10. Демин В.Ф. Көлбеу бұрышының қазба айналасындағы тау жыныстары массасының кернеулі-деформациялық күйіне әсері. / Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. және т.б. // *Көмір*. 2012. №11. Б. 66-69 (орыс тілінде)
11. Алиев С.Б. Өңдеудің тау-кен және технологиялық жұмыс жағдайына байланысты бекіту параметрлерін белгілеу. / С.Б. Алиев, В.Ф. Демин, Т.В. Демина және т.б. // *Көмір*. 2013. №1. Б. 69-72 (орыс тілінде)
12. Демин В.Ф. Кен қазбаларында тау жыныстарының шекаралық массивінің жылжуын болжау. / В.Ф. Демин, Н.Б. Бахтыбаев, Т.В. Демина және т.б. // *Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетень*. 2012. 7-бөлек шығ. Б. 9-21 (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров А.Б. Оценка природного напряженного состояния массива на руднике Жаман-Айбат. / А.Б. Макаров, Д.В. Мосякин, А.А. Карпиков. // *Горный журнал*. 2005. №9-10. С. 49-52 (на русском языке)
2. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Применение и развитие метода геодинамического районирования по данным прогноза геодинамической опасности на угольных шахтах Китая. // *Серия конференций ИОР: Науки о Земле и окружающей среде*, 2019. – Т. 221. – С. 1-8 (на английском языке)
3. Andrian Batugin, Valeria Musina, Irina Golovko. Анализ геодинамических условий района расположения горящих угольных отвалов. // *Серия конференций ИОР: Науки о Земле и окружающей среде*, 2017. – Т. 95. – Вып. 4. – С. 1-8 (на английском языке)

4. *Diomin V.F. Изучение влияния тектонических нарушений залегания угольных пластов на параметры крепления горных выработок анкерной крепью. / V.F. Diomin, E.R. Khalikova, T.V. Diomina, V.V. Zhurov. // Научный вестник Национального горного университета. 2019. №5. С. 16-21 (на английском языке)*
5. *Zholmagambetov N. Обеспечение безопасного геомеханического состояния массива горных пород, окружающих горные выработки в Карагандинском угольном бассейне, Казахстан. / N. Zholmagambetov, E. Khalikova, V. Demin, A. Balabas, R. Abdrashev, S. Suiintayeva. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 17 (1). С. 74-83 (на английском языке)*
6. *Diomin V.F. Технология управления геомеханическими процессами для повышения устойчивости угольно-породного массива вокруг выработок. / V.F. Diomin, R.A. Mussin, E.R. Khalikova, A.E. Zhutabekova. // Труды университета, Караганда: КарГТУ. 2018. №3. С. 64-67 (на английском языке)*
7. *Валкер С. Система крепления горных выработок. // World Coal. 2003. С. 17-22 (на русском языке)*
8. *Лиминг Д. Применения комбайнов «Больтер Майнер» для подготовки участков длинными очистными забоями. / Д. Лиминг, П. Олтауныян. // Глюкауф. 2001. №2 (4). С. 27-32 (на русском языке)*
9. *Демин В.Ф. Исследование характера деформирования боковых пород вокруг горной выработки с анкерным креплением в зависимости от угла падения и глубины анкерирования приконтурного массива. / В.Ф. Демин, С.Б. Алиев, К.К. Кушеков и др. // Горный информационный аналитический бюллетень. 2012. №2. С. 191-203 (на русском языке)*
10. *Демин В.Ф. Влияние угла наклона на напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг выработки. / Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. и др. // Уголь. 2012. №11. С. 66-69 (на русском языке)*
11. *Алиев С.Б. Установление параметров анкерного крепления в зависимости от горно-технологических условий эксплуатации выработок. / С.Б. Алиев, В.Ф. Демин, Т.В. Демина и др. // Уголь. 2013. №1. С. 69-72 (на русском языке)*
12. *Демин В.Ф. Прогнозирование смещений приконтурного массива пород горных выработок. / В.Ф. Демин, Н.Б. Бахтыбаев, Т.В. Демина и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. Отдельный выпуск 7. С. 9-21 (на русском языке)*

Information about the authors:

Demin V., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), vladfdemin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1718-856X>

Akhmaturov D., Ph.D, Head of the Testing Laboratory «Methane Energy in the Mining and Metallurgical Complex» of the Non-Commercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), d_akhmaturov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9485-3669>

Mussin R., Ph.D, Docent of the Department of «Development of Mineral Deposits» of Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), R.A.Mussin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

Zamaliyev N., Ph.D, Docent of the Department of «Development of Mineral Deposits» of Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), nailzamaliyev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0628-2654>

Авторлар туралы мәліметтер:

Демин В.Ф., т.ғ.д., «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының профессор (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ахматұров Д.Р., Ph.D, «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Тау-кен металлургия кешеніндегі метан энергиясы» сынақ зертханасының меңгерушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Мусин Р.А., Ph.D, «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Замалиев Н.М., «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Демин В.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Ахматұров Д.Р., Ph.D доктор, руководитель испытательной лаборатории «Метановая энергетика в горно-металлургическом комплексе» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Мусин Р.А., Ph.D доктор, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Замалиев Н.М., Ph.D доктор, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)