

V.F. Demin, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
N.A. Nemova, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
T.V. Demina, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
A.D. Karataev

Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan,  
e-mail: vladfdemin@mail.ru; nemova-nataly@mail.ru;  
tdemina@mail.ru; karataev@mail.ru

## DEFORMATION OF ENCLOSING ROCKS NEAR MINE WORKINGS DEPENDING ON FACTORS AFFECTING

В.Ф. Дьомін, д-р техн. наук, проф.,  
Н.А. Немова, канд. техн. наук,  
Т.В. Дьоміна, канд. техн. наук,  
А.Д. Каратаєв

Карагандинський державний технічний університет, м. Караганда, Казахстан, e-mail: vladfdemin@mail.ru; nemova-nataly@mail.ru; tdemina@mail.ru; aibolat\_karataev@mail.ru

## ДЕФОРМУВАННЯ ВМІЩУЮЧИХ ПОРІД ПОБЛИЗУ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВПЛИВАЮЧИХ ФАКТОРІВ

**Purpose.** Creating a technology of intensive and safe excavation mining on the basis of identified behavior patterns of the adjacent rock massif, optimizing the parameters of preparatory work technological schemes that enhance the underground mining efficiency. The idea is to use man-caused stress-deformed state (SDS) to develop an effective technology of the marginal massif reinforcement.

**Methodology.** Methods of the bolting selection involves computational modeling complex and field measurements in underground conditions. Implementation of analytical and experimental studies has revealed the dynamics of deformation processes in coal-rock massif around workings which allows to control the progress of geomechanical processes in the marginal massif in order to overcome the undesirable rock pressure phenomenon and ensure stability of supported excavations.

**Findings.** Identified change patterns of coal rock massif stress-deformed state (displacements, strain, fracture zones) related to the main geological and mining factors allow to determine the optimum reinforcement parameters for enhancing development working stability. This will allow to develop new and improve the existing technologies for effective and safe reinforcement of marginal rocks for mining on flat and inclined coal-beds, relative to changing geological and mining conditions.

**Originality.** Originality of the proposed method arises from the following:

- the massif state regularities are revealed for its geomechanical characteristic control are revealed;
- identifying patterns of the SDS change allow to select the best bolting option, when the joint work of the anchor and the rock makes it possible to adjust bolting features to the massif marginal deformation characteristics.

**Practical value.** The advanced technological solutions have been developed to provide innovative ways and means of excavation bolting, adaptive to various mining conditions.

**Keywords:** *mine tunnel bolting and maintaining, deformation of rock massif, mine opening, geological and mining conditions*

**Problem statement.** In-seam workings are most susceptible to rock pressure. The cross-sectional area loss runs up to 60–70%. As a result, 20% of the workings are annually repaired and re-walled. The cost share of opening, bolting and supporting the workings reaches 15–20% of the coal mining cost. More than 10% of underground workers are engaged in repairs [1, 2].

One of the main technical advances in the field of reinforcement and support of workings suggests the application of resource-saving technology of development workings with bolting, particularly in combination with a metal arch support of a rectangular cross section.

In this regard, the study of the rock massif deformation features in the area around development workings with bolting at different seam inclinations and anchoring depth, providing the rationale for the parameters of bolting and defining feasible fields of its use are important tasks of mining production.

**Identification of the main problem.** Excavation workings disturb equilibrium state of the rock and lead to redistribution of strain in the surrounding massif, the strain intensity on the workings margin being much higher than that

in the disturbed massif. Increased strain on the workings margin leads to the formation of inelastic deformations zone around the working. The zone structure and the nature of rock deformation in it depend on the working depth, rock type and its physical, mechanical and technological properties, working size, type and characteristics of bolting, seam inclination of enclosing rocks.

**Analysis of the research results.** The diversity of geological and mining conditions of workings operation and associated mechanism of interaction between rocks and bolting, has given rise to a number of different geomechanical models of rock massif state in the vicinity of mine workings. At present, mathematical computer simulation is the most promising [3, 4].

**Basic material. Numerical modeling of the rock stress-deformed state nearby the mine workings.** To identify SDS rock features near the workings, numerical simulations were carried out.

The mine “Abai” of Karaganda coal basin opened at the depth of 500 m was chosen as the object of study. The rectangular cross section of the working has the following dimensions: 3.8 m height and 5.0 m width. The working was driven on coal seam. In the seam roof, there is siltstone of 6 m thickness and uniaxial compressive strength 32 МПа,

and above siltstone, there is sandstone of 10 m thickness. The sandstone uniaxial compression strength is 60 MPa. Mudstones deposited of 6.5 m thickness and uniaxial compression strength 24 MPa are deposited in the soil layer. Below mudstone, there is siltstone with 15 m thickness.

To identify how the development of the conventional inelastic deformation zones (CIDZ) depends on the depth of workings, numerical simulation has carried out. Fig. 1 shows the boundaries of conventional inelastic deformation zones near the working, which operate according to the angle of main strain impact.

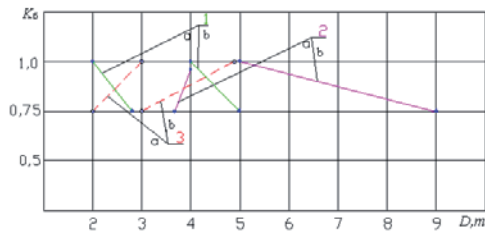


Fig. 1. The boundaries of conventional inelastic deformation zones ( $D, m$ ) near the working, in regard to the main stress impact angle and Poisson's ratio ( $K_a$ ): 1 – roof; 2 – side walls; 3 – footwall; a and b – non-disturbed – and disturbed state

Resulting from the above presented research, the empirical dependences of the CIDZ zone development were established along the rock massif depth taking into account the dynamics of the working depth growth.

Analysis of simulation results has shown that the CIDZ development in time depends on the working depth according to the logarithmic law.

In general, the dependence of CIDZ size ( $H_{CIDZ}, m$ ) on working depth ( $H, m$ ) can be represented as

$$H_{CIDZ} = a \ln(H) - b, \quad (1)$$

where  $a, b$  – empirical coefficients considering rock strength, working size, and other factors influencing the working stability, particularly, for the considered example:  $a = 2,9$ ;  $b = 16,1$ .

Factors influencing the CIDZ development near the mine working are the rock strength and the fracturing degree. The rock massif stability near the workings driven through the rocks of different strength depends on the size and strength of CIDZ rocks ( $f$ ) according to the exponential law

$$H_{CIDZ} = ae^{bf}. \quad (2)$$

Fig. 4 shows the dynamics of CIDZ size change depending on the rock strength. Fig. 2 shows the boundaries of CIDZ ( $H_{CIDZ}$ ) in the marginal working massif depending on the depth of excavation ( $H$ ) for rocks of the working ground, roof and walls.

**The deformation study of the enclosing rocks near the working with anchor bolting depending on the influencing factors.** Analytical deformation modeling of the enclosing rocks near the working with anchor bolting depending on influencing factors was performed by means of numerical finite element method for the conditions of in-seam conveyor working of the K10 coal seam at mine “Abai” of Kara-

ganda coal basin at 500 m depth and the coal seam thickness of 3.8 m. The massif SDS around the operating working has been studied. The task is solved in the elastic formulation due to the relatively short period of rock deformation in the vicinity of the development working during its advance. In contrast to the known approaches, the sizes of stress extension zone are specified and their parameters are analysed.

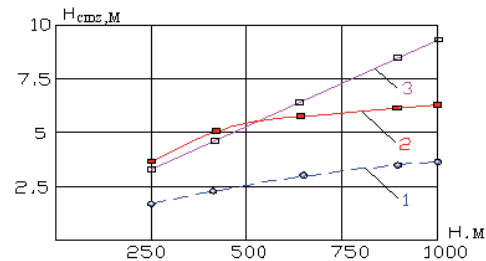


Fig. 2. Boundaries of CIDZ ( $H_{CIDZ}$ ) in the marginal working massif in relation to the excavation depth ( $H$ ): 1 – walls; 2 – roof; 3 – ground

Studies have been conducted on mathematical models using the ANSYS software which allowed to determine the influence of geological factors on the operating conditions of mine workings.

The model of enclosing rock massif was built in the ANSYS program complex, according to the conditions of the K<sub>10</sub> coal seam position.

The SDS of the enclosing rock was studied, depending on the seam thickness of easily falling rocks at different length of their anchoring taking as an example the working of trapezoidal cross-section workings with the following parameters of calculation scheme: seam inclination – 15°, its thickness – 3.8 m; development depth – 400 m; working cross section – 15.5 m<sup>2</sup>; anchor diameter – 0.022 m.

The character of changes and stress distribution in the working roof, walls and ground has been researched. When the thickness of the easily falling rock is from 1.03 to 6.0 m and the anchor length is from 2.4 to 5.0 m, the following stress changes around the working take place. The maximum and minimum normal strains grow in linear proportion with increasing anchor length (from 1.5 to 6.0 m) and easily falling rock (for example, mudstone) thickness (from 1 to 6 m) (fig. 3).

Fig. 4 shows the distribution of longitudinal stresses around the working of trapezoidal cross-section with mudstone seam 1 m thick along the hole length which allows to conclude only the area of the marginal blast-holes in the rock roof is subjected to considerable stress, which requires an increase in their density in this zone.

The stress distribution analysis shows that there are areas of unstable rocks around the working. It is related mostly to the roof and ground of the working, and also to the walls in the bottom of the working marginal sides. The maximum values of the normal stresses occur in the anchor located on top of the working in the rightmost anchor at the fixing point. The maximum value of the longitudinal stress occurs in the anchor located on the right side surface of the working (first from the bottom).

The numerical modeling study was confirmed by the experiments at mines of the Karaganda coal basin [5, 6].

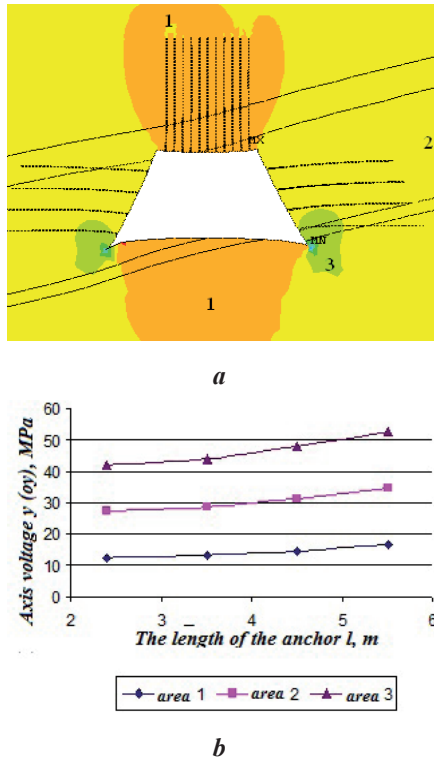


Fig. 3. The distribution diagram and the dependence of the normal stress in the enclosing rocks on their anchoring depths: a – distribution curve  $\sigma_y$ ; b – dependence  $\sigma_y(l)$

Experiments were carried out for the intermediate roadway 33 k<sub>10-C</sub> 65 m off the assembly chamber 3 down the conveyor coal heading with section 15 m<sup>2</sup>: total gas content – 19.3 m<sup>3</sup>/t, gas content at 1 bar pressure – 2.8 m<sup>3</sup>/t, the desorbed gas volume – 16.5 m<sup>3</sup>/t. Experiments were carried out along an extended mine working in order to determine the bearing pressure around the development working into the massif depth, which in an intense zone was 4.0 m (mine “Abai” of Karaganda coal basin) – fig. 5/1.

An industrial surveillance was conducted for the condition of ventilation plane 4.04d6-1z with cross-section of 15m<sup>2</sup> and 179 m length into the working depth: total gas content – 19.4 m<sup>3</sup>/t, the gas content at a pressure of 1 bar – 2.3 m<sup>3</sup>/t, the desorb gas volume – 171 m<sup>3</sup>/t.

The experiments were performed to determine the area of the wave rock pressure ahead of the entry front (mine “Kazakhstan” Karaganda coal basin), which was 6.0 m long in the active zone – fig. 5, 2.

**Conclusions.** Analysis of stress distribution shows that there are areas of unstable rocks around the workings. This applies mostly to the roof contours and working ground, and its walls in the bottom part the working sides. The maximum value of the normal stresses occurs in the anchor located at the top of the working in the rightmost anchor in the fixing point, requiring increased bolting density in these zones.

The unstable areas are identified in the wall rocks and dynamics of the zones of active fracturing advance both ahead of the working front (up to 3–5 m), and at its sides (up to 5.0–7.5 m). The optimal length of steel-polymer an-

chors for the working roof bolting is 3.0–3.7 m, which allows to create a bridge from the reinforced rock in the insecure weak rock of the seam roof.

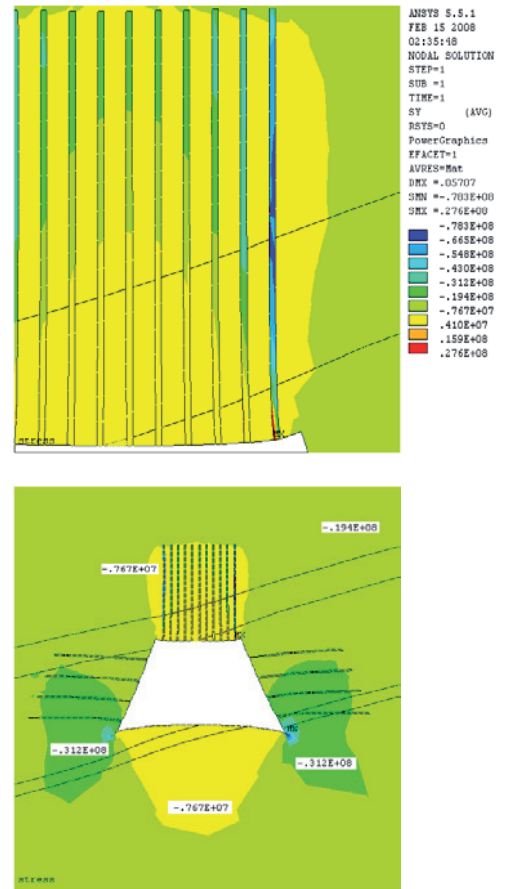


Fig. 4. Distribution of longitudinal stresses around the trapezoidal working mudstone seam of 1 m thickness along the hole length

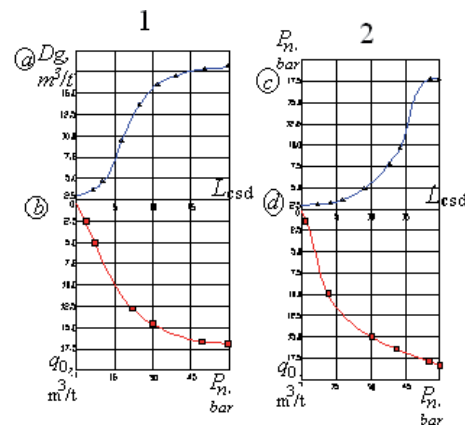


Fig. 5. Change of the coal seam gas content ( $D_g$ ) into the depth ( $L_{csd}$ ) of the marginal working massif (a, c) and its isotherm ( $P_n$ ) sorption (b, d): 1 – seam K<sub>10</sub> at mine “Abai”; 2 – seam d<sub>6</sub> at mine “Kazakhstan”

**References / Список літератури**

1. Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2000), *The IRMR/MRMR Rock Mass Classification System for Jointed Rock Masses*, SME 2000.

2. Hudson, J.A. and Harrison, J.P. (1997), *Engineering Rock Mechanics. An Introduction to the principles*, London.
3. Segerlind, L. (1979), *Primeneniye metoda konechnykh elementov* [Application of the Finite Element Method], Mir, Moscow, Russia.

Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Сегерлинд Л. – М.: Мир, 1979.

4. Gritsko G.I. (1995), "Determination of tension-strain state of extended around the reservoir workings experimental and analytical methods", FTPRPI, no. 6.

Грицко Г.И. Определение напряженно-деформированного состояния массива вокруг протяженных пластовых выработок экспериментально-аналитическим методом / Г.И. Грицко // ФТПРПИ. – 1995. – № 6.

5. Kurlenya, M.V., Baryshnikov, V.D. and Gakhova, L.N. (2012), "Development of experimental and analytical method for assessing the stability of mine workings", FTPRPI, no. 4.

Курленя М.В. Развитие экспериментально-аналитического метода оценки устойчивости горных выработок / М.В. Курленя, В.Д. Барышников, Л.Н. Гахова // ФТПРПИ – 2012. – № 4.

6. Balkema, A.A. (1983), *Mining with Backfill*, Edited by S. Grauholm, Luleo University of Technology, Rotterdam, Sweden.

**Мета.** Створення технології інтенсивного та безпечного проведення виймальних гірничих виробок на основі виявлених закономірностей поведінки прилеглих до них масивів гірських порід, оптимізації параметрів технологічних схем підготовчих робіт, що забезпечують підвищення ефективності функціонування підземного гірничого виробництва. Ідея полягає у використанні техногенного напружено-деформованого стану (НДС) для розробки ефективної технології кріплення приконтурного гірського масиву.

**Методика.** Методика вибору варіанту анкерного кріплення включає проведення комплексу чисельного моделювання та натурних вимірів у підземних умовах. Виконаний комплекс аналітичних і експериментальних досліджень дозволив встановити динаміку розвитку деформаційних процесів у вуглепородному масиві довкола виробок, дає можливість управляти ходом геомеханічних процесів у приконтурному масиві виробки та впливати на нього для подолання небажаних проявів гірського тиску й забезпечення стійкості підтримуваних виробок.

**Результати.** Виявлені закономірності зміни напружено-деформованого стану вугілля породних масивів (зсувів, напруги, зон тріщиноутворення) залежно від основних гірничо-геологічних і гірничотехнічних чинників дозволять у конкретних умовах експлуатації встановлювати оптимальні параметри кріплення для підвищення стійкості підготовчих гірничих виробок. Це дозволить розробляти нові та удосконалювати існуючі технології ефективного й безпечного кріплення приконтурних порід при проведенні гірничих виробок на пологих і похилих вугільних пластах, адаптивні до гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовам експлуатації, що змінюються.

**Наукова новизна.** Наукова новизна запропонованих у роботі способів полягає в наступному:

- виявлені закономірності стану гірського масиву для управління його геомеханічною характеристикою;
- виявлені закономірності зміни напружено-деформованого стану дозволяють обрати оптимальний варіант анкерного кріплення, коли в результаті спільної роботи анкера та породи характеристика кріплення відповідатиме деформаційній характеристиці приконтурного масиву.

**Практична значимість.** Полягає в розробці прогресивних технологічних рішень по способам і засобам анкерного кріплення виїмкових виробок, адаптивних до різних гірничотехнічних умов експлуатації.

**Ключові слова:** області кріплення та підтримки гірничих виробок, деформування породного масиву, проведення гірничої виробки, гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови експлуатації виробок

**Цель.** 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 заключается в использовании техногенного напряженно-деформированного состояния (НДС) для разработки эффективной технологии крепления приконтурного горного массива.

**Методика.** Методика выбора варианта анкерного крепления включает проведение комплекса численного моделирования и натурных замеров в подземных условиях. Выполненный комплекс аналитических и экспериментальных исследований позволил установить динамику развития деформационных процессов в углепородном массиве вокруг выработок, дает возможность управлять ходом геомеханических процессов в приконтурном массиве выработки, воздействовать на него для преодоления нежелательных проявлений горного давления и обеспечения устойчивости поддерживаемых выработок.

**Результаты.** Выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния угля породных массивов (смещений, напряжений, зон трещинообразования) в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических факторов позволят в конкретных условиях эксплуатации устанавливать оптимальные параметры крепления для повышения устойчивости подготовительных горных выработок. Это позволит разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии эффективного и безопасного крепления приконтурных пород при проведении горных выработок на пологих и наклонных угольных пластах, адаптивные к изменяющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям эксплуатации.

**Научная новизна.** Научная новизна предложенных в работе способов заключается в следующем:

- выявлены закономерности состояния горного массива для управления его геомеханической характеристикой;

- выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния позволяют выбрать оптимальный вариант анкерного крепления, когда в результате совместной работы анкера и породы характеристика крепи будет соответствовать деформационной характеристике приконтурного массива.

**Практическая значимость.** Заключается в разработке прогрессивных технологических решений по способам и средствам анкерного крепления выемочных

УДК 622.272:624.191.5

А.Н. Роечко<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
С.А. Харин<sup>2</sup>, д-р техн. наук, доц.

выработок, адаптивных к различным горнотехническим условиям эксплуатации.

**Ключевые слова:** области крепления и поддержания горных выработок, деформирования породного массива, проведение горной выработки, горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации выработок

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Ф.К. Нізаметдіновим. Дата надходження рукопису 10.05.14.*

1 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепр опетровск, Украина  
2 – Областное коммунальное высшее учебное заведение „Институт предпринимательства „Стратегия“, г. Желтые Воды, Украина

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕМПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫРАБОТОК

A.N. Royenko<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
S.A. Kharin<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine  
2 – Regional Municipal Higher Educational Institution “Institute of Business “Strategy”, Zhovti Vody, Ukraine

## AUTOMATION OF THE RESEARCH OF THE DRILLING EQUIPMENT PERFORMANCE IMPACT ON THE OPENINGS CONSTRUCTION PACE

**Цель.** Разработать программное обеспечение и исследовать вопросы организации проходки стволов глубоких шахт под влиянием изменения параметров бурового оборудования и горно-геологических условий, изменения темпов строительства.

**Методика.** Использован комплексный подход, который включает обобщение и анализ литературных источников, теоретические исследования, базирующиеся на методах математического моделирования, применение языка программирования C++.

**Результаты.** Разработано программное обеспечение для проведения исследований. Проведены исследования организационно-технологических параметров проходки выработок для различных условий. Установлен характер изменения темпов проведения горных выработок при меняющемся коэффициенте крепости пород, диаметре ствола и различных значениях эксплуатационной производительности бурового оборудования.

**Научная новизна.** Установлено, что скорость проходки выработки логарифмически зависит от производительности бурового оборудования. Определен характер изменения соотношения скорости проходки стволов различного диаметра при изменении коэффициента крепости пород. Установлено, что при росте коэффициента крепости пород отношение скоростей проходки выработки при различной эксплуатационной производительности бурового оборудования увеличивается. При росте эксплуатационной производительности бурового оборудования и увеличении коэффициента крепости пород соотношение скоростей проходки ствола одинакового диаметра снижается. При увеличении диаметра ствола соотношение скоростей проходки выработки растет с увеличением эксплуатационной производительности бурового оборудования.

**Практическая значимость.** Предложена программа расчета организационно-технологических параметров проходки горных выработок, что позволяет автоматизировать процессы проектирования сооружения шахт на больших глубинах разработки.

**Ключевые слова:** алгоритм, программа, горная выработка, параметры, скорость, производительность, оборудование, организация, шахта

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Устойчивое функционирование горного производства является условием эффективного развития экономики Украины. Задача реконструкции производственных мощностей в условиях значительных глу-

бин разработки должна сопровождаться интенсивными усилиями в направлении исследований, направленных на совершенствование всех технологических процессов, которые требуют соответствующей автоматизации для обеспечения достоверности результатов.

**Анализ исследований и публикаций.** Проблеме строительства горных выработок на больших глуби-