

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 443 (2020), 71 – 80

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.106>

UDC 622.281 (574.32)

V. Demin¹, R. Mussin¹, T. Demina², A. Zhumabekova¹¹Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan;²Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia.

E-mail: vladfdemin@mail.ru, r.a.mussin@mail.ru, dentalia@mail.ru, aila1980@mail.ru

**STUDY OF EDGE PROTECTING ANCHORS INFLUENCE
ON SOIL HEAVING OF THE MINE WORKING**

Abstract. To achieve the objective with the claimed technical result, a method of fastening mine workings of predominantly rectangular cross-sectional shape with anchor bolts was used, while the applied task of reducing the heaving of soil rocks is to increase the efficiency of mine workings by ensuring that the mine workings. Ensuring the possibility of reliable and of good quality fortified rocks along the contour of making within the boundaries of the zone of possible collapse of rocks. The length of the soil anchors did not significantly affect the condition of the soil rocks. Consequently, that on the deformations and stresses both in the lateral and in the soils are not soil, but lateral anchors. The use of these technological developments will reduce the cost of conducting and maintaining workings by 7–10% with soil anchors (reducing maintenance costs by 7–10%) and will provide an economic effect of 10–15 thousand tenge per running meter of output.

Key words: mine working, anchoring technology, soil heaving, roof bolting, side anchors, rock pressure, rock resistance.

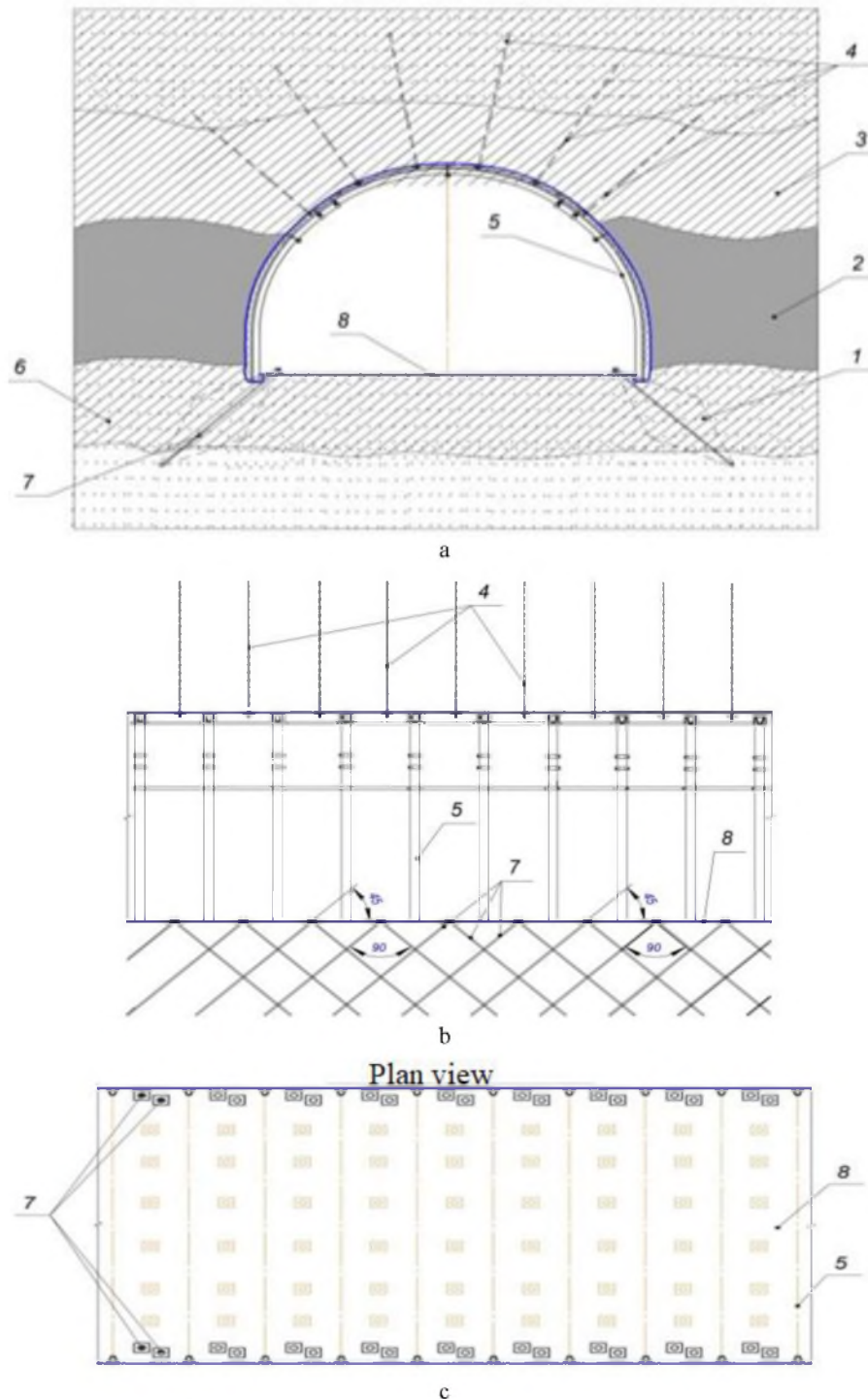
Results of the carried out tests of the effect of soil anchors mounting on the mine working soil rocks heaving. To carry out experimental verification of the roof bolting technology aimed at reducing soil heaving, metal anchors were mounted in the soil along the sides of the workings in sections of 10 m long and gauging stations to control deformations every 5 meters in the experimental section and in adjacent sections of 50 m long each side every 10 m. Surveying services of the mines monitor manifestation of deformations (leveling the soil) twice a week, and when deformations are shown once a week with presenting data of the rock pressure manifestations dynamics.

At the Kazakhstanskaya mine of the Karaganda coal basin, work was done to mount metal anchors into the soil of the gas-drainage drift 322Д7-3 on PK21-22 (section of the UPR-3 advance works). However, the presented working has not yet fallen into the zone of the stoping effect, therefore, intensive heaving of the soil was not observed.

Experimental work was carried out at the Saranskaya mine to strengthen soil rocks in the conveyor drift 52К7-3 of PK1-PK6 with seven double anchors 1.6 m long in 42 mm diameter holes for six AMK-350 ampoules each. Observations have shown that in this working and in the experimental section heaving of rocks is absent.

Anchors were mounted in the conveyor roadway 22К12-с in section PK55+3 m along PK56+3 m at the Abayskaya mine to carry out a pilot test aimed at reducing heaving of the soil rocks.

At the Kostenko mine there were mounted soil anchors (figure 1) in the development face of the 4th east conveyor roadway К4 of PK42-PK62, but only at one side of the working. The anchors were mounted at the angle of 45° every 1.0 m, which led to decreasing the convergence of the soil and working sides by 0.6–0.7 m. In order to obtain a greater effect, it is recommended to mount soil anchors at both sides of the working alongside with anchoring the working sides.

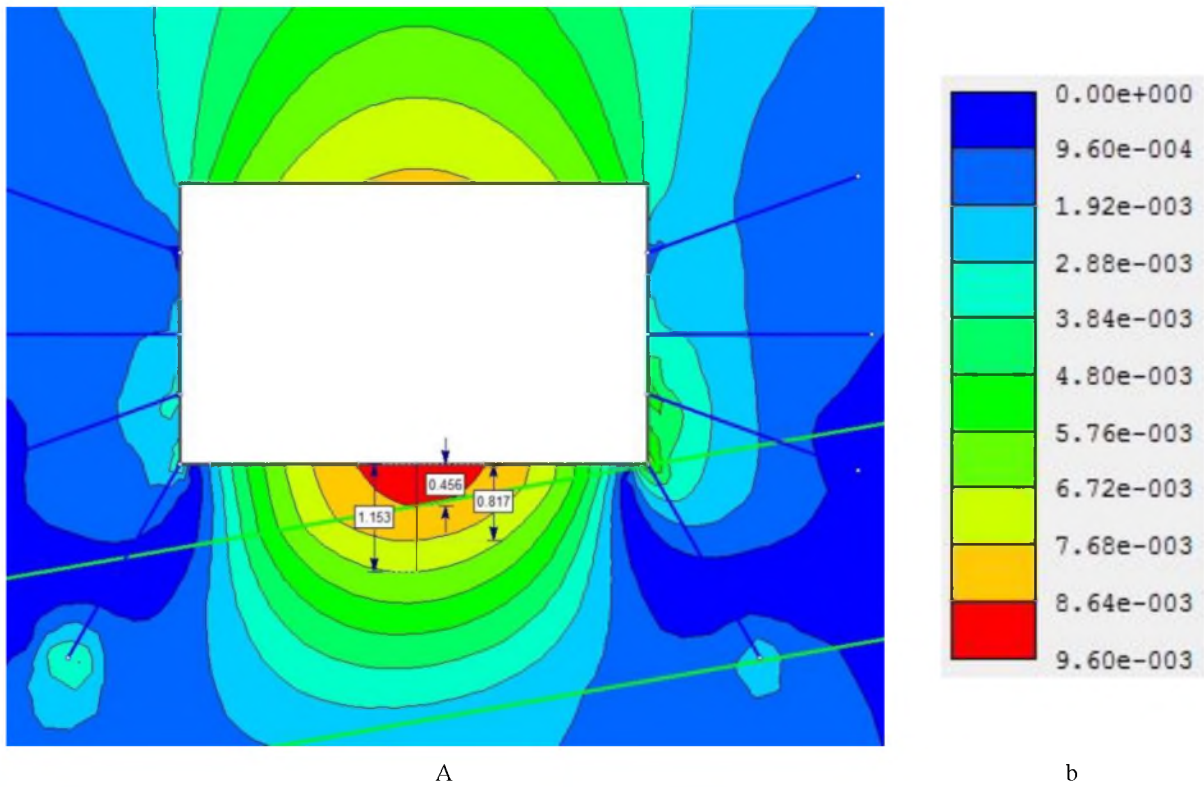


a – transverse section (1 – zone of strengthening impact; 2 – coal seam; 3 – rocks of the immediate roof; 4 – roof anchors; 5 – metal-arch support; 6 – soil rocks; 7 – soil anchors; 8 – working soil); b – longitudinal section of the working with soil anchors; c – plan view: scheme of mounting soil anchors relative to the arches of the metal-arch support

Figure 1 – Technological scheme of mounting soil anchors at the Kostenko mine

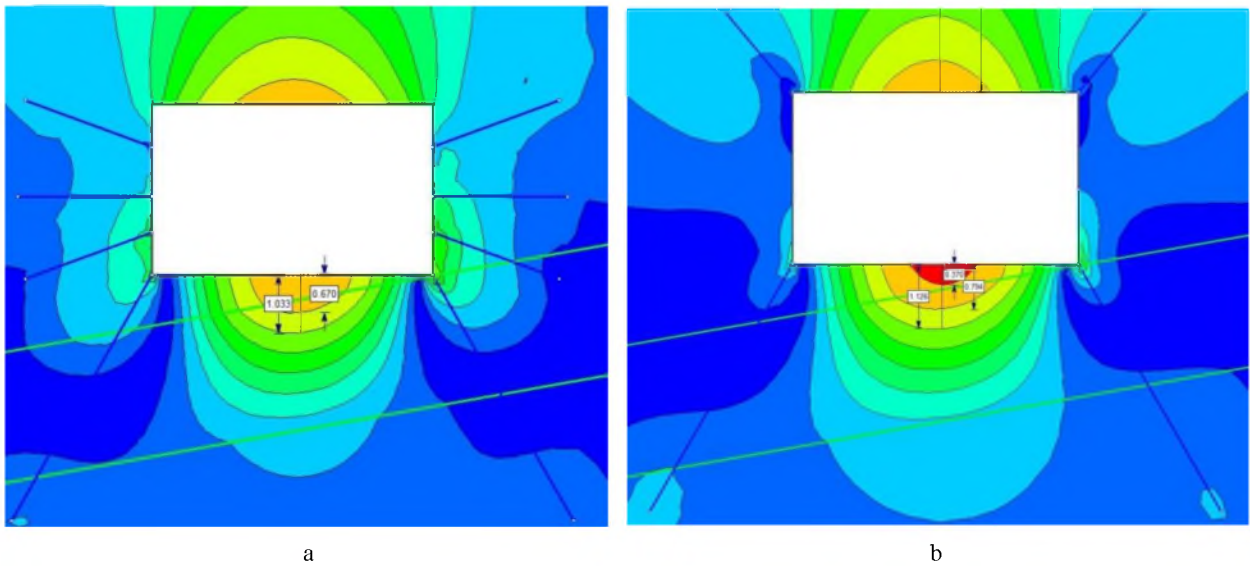
Analytical modeling of the soil anchors location scheme according to the results of experimental mine observations. Calculations were made using the Flac 2 program [1-6] for various mining conditions of the coal seams development of the Karaganda basin.

Rectangular and arched sections of the workings were used with soil and corner roofing anchors of various lengths, which allowed analyzing the technological schemes to reduce of mine workings soil rocks heaving (figures 2-5).



a - deformation pattern; b – displacement scale;
 red color - the zone of destruction; orange - cracking;
 light green - lamination (all three upper zones are zones of unloading);
 4, 5 zones of cracking; 6 - zone of microdeformations

Figure 2 - Rectangular cross section of the working with inclined anchors into the soil 2.4 m long



a – into the soil 5.0 m long; b – into the soil and into the roof 5.0 m long

Figure 3 – Rectangular cross section of the working with inclined anchors

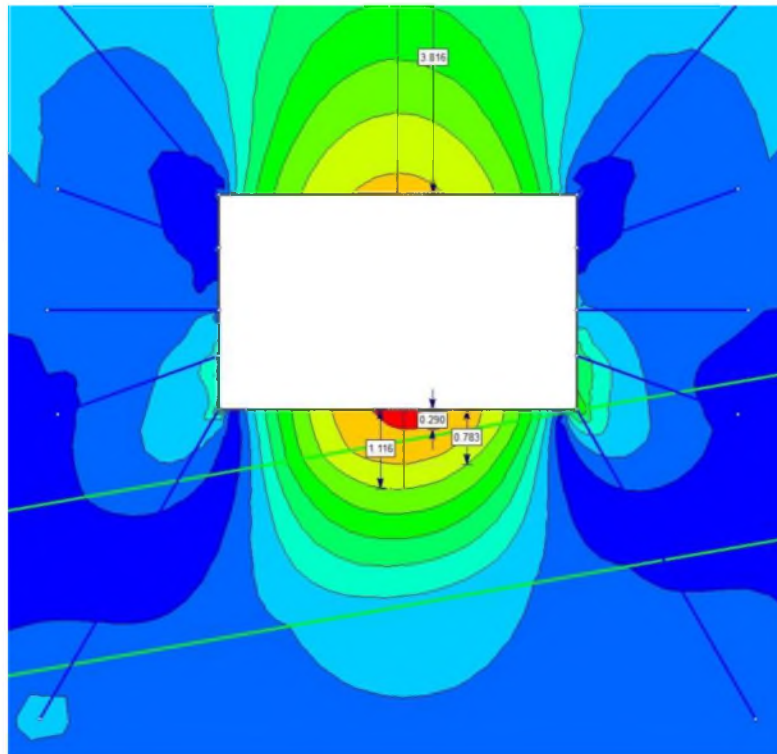
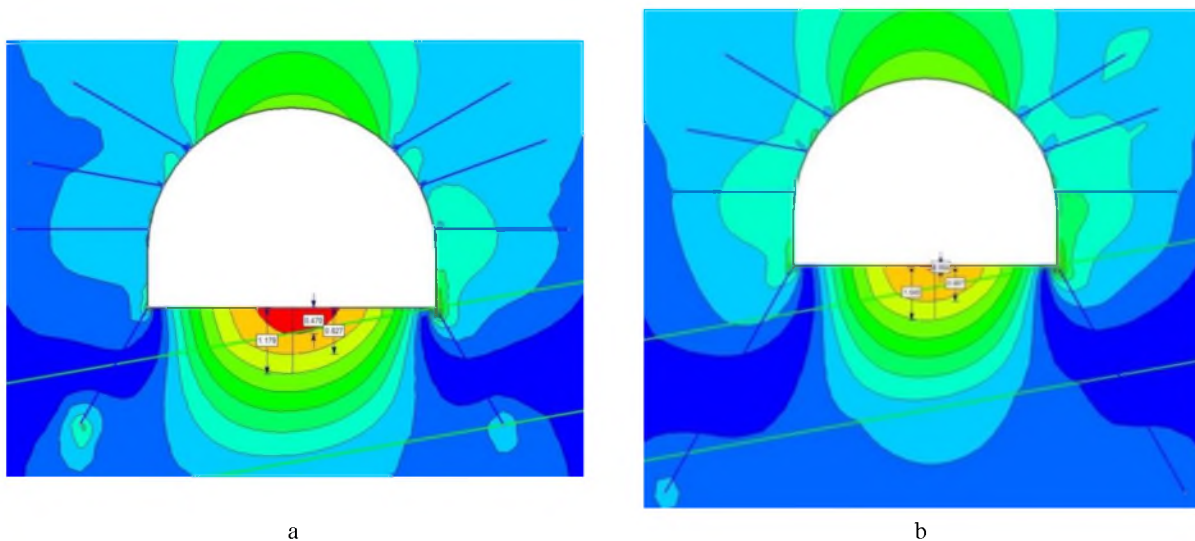


Figure 4 – Rectangular cross section of the working with inclined anchors into the soil and into the roof 5,0 m long alongside with the side anchors



a

b

a – 2.4 m long; b – 5.0 m long

Figure 5 – Metal-arch support of the working with inclined anchors into the soil

The analysis of the plots of deformation patterns allows concluding that it is advisable to use a rectangular cross-section of the workings with inclined anchors into the soil 5.0 m long, which ensures the absence of destructive deformations, decreasing degradation (by 20–22 %) and delamination (by 12–14 %) of the soil rocks.

When using a protecting soil anchor system (figure 6), deformations can be reduced by 40–50 % and provide little maintenance of workings according to the stability conditions of the soil rocks of the workings.

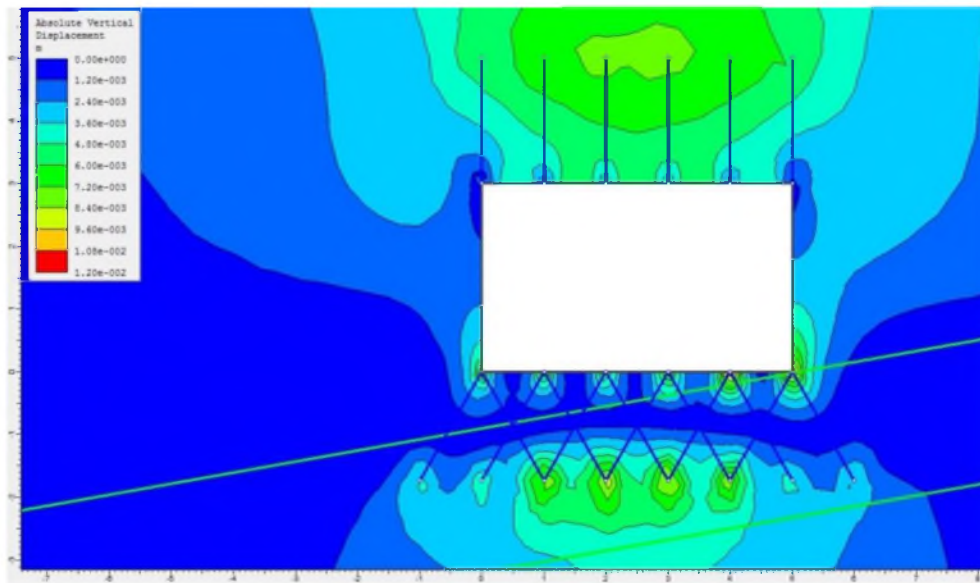


Figure 6 – Technology of soil rock strengthening with a protecting soil system of the roof bolting

Considering that the greatest effect from the strengthening effect was obtained with a rectangular cross section of the mine working, analytical modeling was carried out taking into account presence of the roof bolting and the location of the side anchors according to the combined scheme with their mounting in such a way that the upper side anchor (deep-earth, as a rule) was placed in the zone of the reference pressure beyond the working contour in the enclosing rocks in order to shift the peak of the rock pressure deeper into the massif beyond the zone of propagation the deformations around the working effect zone, while the lower deep-earth anchor was positioned to serve as the protecting zone for spreading and squeezing the wall rocks into the working soil (figure 7) [7-13].

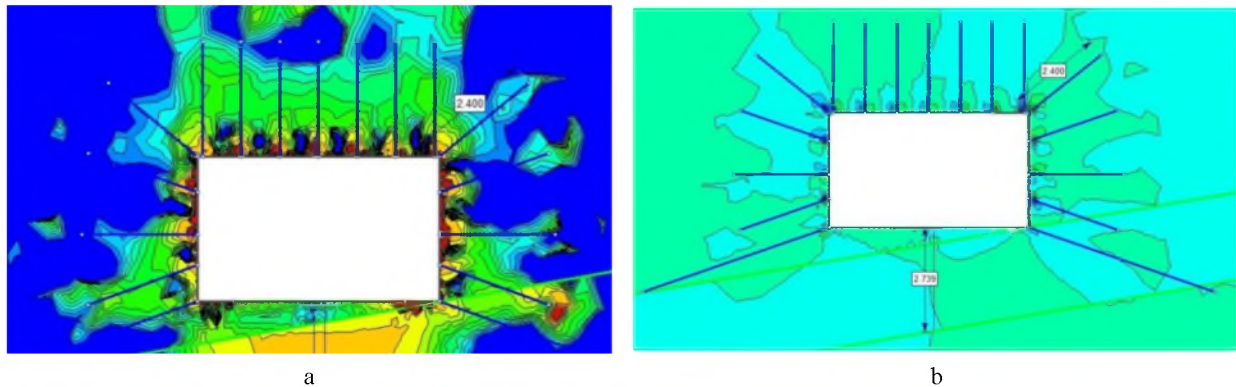


Figure 7 – Development of deformations (a) and tangential stresses (b) in the soil rocks with upper side anchors 2.4 m long and with the soil anchors 5.0 m long

Applied developments for implementation in production. The applied task of reducing the heaving of soil rocks is to increase the efficiency of supporting mine workings by providing the possibility of reliable and high-quality supporting due to the formation of a zone of strengthened rocks along the contour of the mine working within the boundaries of the zone of possible rock collapse.

Figure 8 shows the general view of the technological scheme of the proposed method, figure 9 shows the modeling of the stress-strain state at the location of the working in a coal seam with different length of soil anchors from 5.0 to 2.4 m.

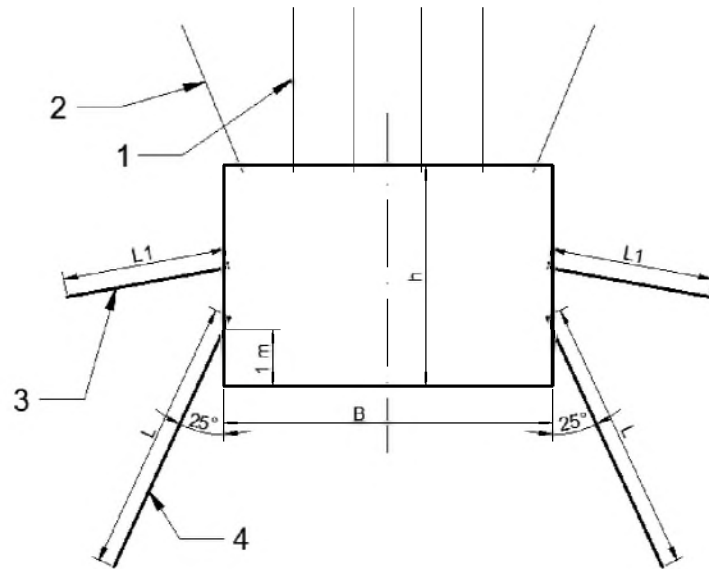


Figure 8 – General view of the technological scheme of the proposed method

To achieve the task with the claimed technical result, when using the method of supporting mine workings of a predominantly rectangular cross-sectional shape with anchor roof bolting, including drilling holes in the roof of the mine in the process of mounting anchors in them, as well as anchors in the side of the mine, the roof of the working in the process of its drilling and mounting anchors 1 in them, simultaneously with drilling inclined holes 2 in the roof of the working there are drilled inclined holes in the sides of the working 3. Next, for strengthening side rocks, in the lower part of the working and strengthening the working soil, at the height of one meter from the working soil there is mounted composite anchor 4 at an angle of 20-25° from the working side.

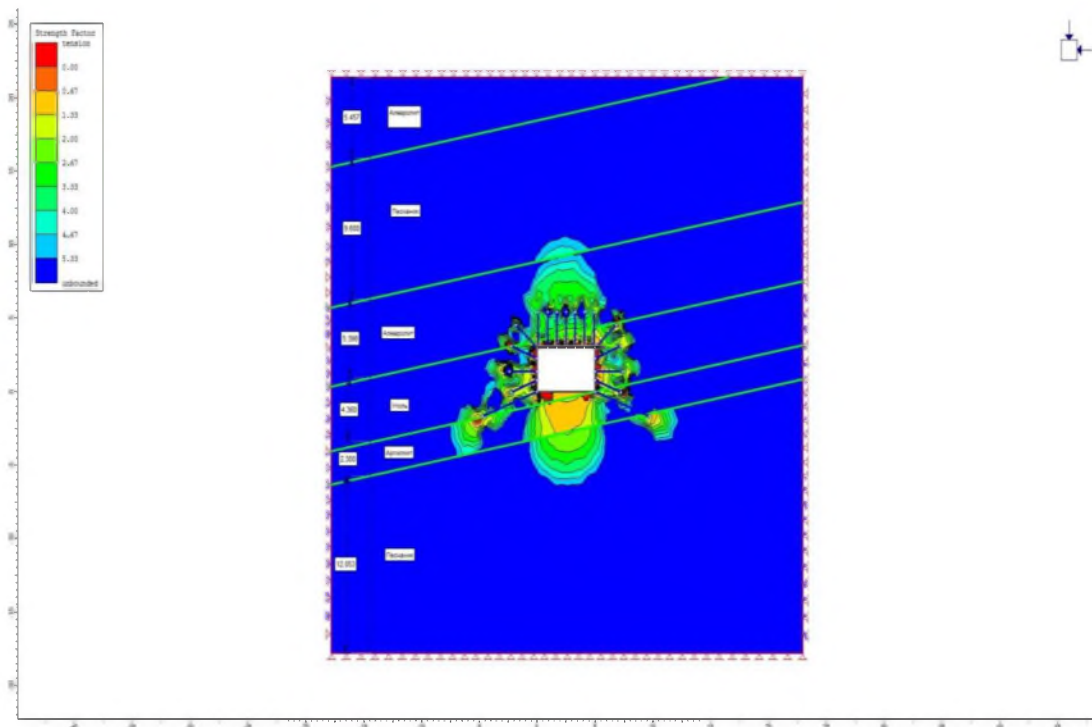


Figure 9 – Simulating the stress-strain state with different working location in the coal seam and with different length of the soil anchors

The technology of the roof bolting provides for its mounting in the direction of the soil along the sides of the mine workings, by drilling inclined holes for composite anchors at the angle of 20-25° to the vertical. The length of the anchors mounted in the side of the working is recommended to be determined by the empirical formula:

$$L = k_f * B_b * H_{\pi} / N_{\pi}, \text{ m,}$$

where k_f is an empirical coefficient depending on the shape of the mine working cross section; B_b – the width of mine workings in rough, m; H_{π} - the probable amount of soil rocks heaving, m; N_{π} - soil rock compressive strength, MPa.

The height of the hole on the side walls of the working from its soil is 1/3 of the height of the working in the light (h).

There is provided the combination of functions of the mounted side anchors for supporting the sides and preventing the working soil rocks heaving.

The stress-strain state was simulated using the Flac 2 program with the location of the working in the coal seam with different length of soil anchors from 5.0 to 2.4 m (see figure 9) and the presence of side anchors. The length of the soil anchors did not significantly affect the condition of the soil rocks. It should be concluded that deformations and stresses both in the side rocks and in the soil rocks are not affected by the soil but by side anchors.

The technical result which achievement provides a solution to the problem, is expressed in the technology of supporting the working sides and reducing its soil rock heaving.

According to the given information Karaganda basin is divided into 4 zones. Geological and geophysical data were analyzed to perform basin modeling of Karaganda coal basin. In this regard, the basic material was selected, including geological structure [14].

Results. Using the technological developments will reduce the cost of driving and supporting mine workings by 7–10 % with soil anchors (reducing maintenance costs by 7–10 %) and will provide the economic effect of 10–15 thousand tenges per running meter of the working.

В. Ф. Демин¹, Р. А. Мусин¹, Т. В. Демина², А. Е. Жумабекова¹

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қазақстан;

²Орал мемлекеттік тау-кен университеті, Екатеринбург, Ресей

ҚАЗБА ТОПЫРАҚ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ КӨТЕРІЛУІНЕ ШЕКТЕМЕ СЫРТЫНДАҒЫ ҚОРШАУ АНКЕРЛЕРІНІҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Тау жыныстарының ісінуін азайтуға бағытталған анкерлі бекіту технологиясына эксперименталды тексеру жүргізу үшін тау жынысына ұзындығы 10 м учаскеде және эксперименталды учаскеде 5 м сайын және әр жағынан ұзындығы 50 м іргелес учаскеде деформацияны бақылау үшін өлшеу станцияларында металл анкерлер орнату бойынша жұмыс жүргізілді.

Қарағанды көмір бассейнінің «Қазақстан» шахтасында ПК21-22 (УПР-3 ұңғымалық жұмыстар учаскесі) 322д7-3 газдренажды штрек жынысында металл анкерлерді орнату бойынша жұмыстар орындалды. Алайда ұсынылған қазба әлі күнге дейін тазарту жұмыстарының әсер ету аймағына түскен жоқ, сондықтан жыныстардың қарқынды ісінуі байқалмады.

«Саран» шахтасында 52к7-3 ПК1-ПК6 конвейерлік штректе әрқайсысы алты АМК-350 ампуласына диаметрі 42 мм теспеге ұзындығы 1,6 м жеті қосарланған анкер бойынша тау жыныстарын нығайту бойынша эксперименталды жұмыстар қолға алынды. Бақылау осы қазбада және эксперименттік учаскеде жыныстардың ісінбегендігін көрсетті.

«Абай» шахтасында тау жыныстарының шоғырлануын төмендетуге бағытталған эксперименталды тексеру жүргізу үшін ПК56+3 м пк55+3 м учаскесінде 22к12-с конвейерлік штректе анкер орнатылған.

Костенк атындағы шахтада ПК42-ПК62 арналған к4 4-шы шығыс конвейерлік штректердің дайындық кенжарына жер қыртысының жамылғысында қазбаның бір жағын ғана қамтитын анкерлер орнатылды. Анкер 1,0 м кейін 45° бұрышпен қойылып, топырақ конвергенциясы мен қазба бүйірлері 0,6-0,7 м-ге азайды.

Қарағанды бассейнінің көмір қабаттарын әзірлеудің түрлі тау-кен техникалық шарттарына Flac 2 бағдарламасын пайдаланып, есептеулер жүргізілді. Тау-кен қазбалары тау жыныстарының шоғырлануын азайтудың технологиялық сызбасын талдауға мүмкіндік беретін, түрлі ұзындықтағы көмкерілген және бұрыштық шатыр анкерлері негізінде қазбалардың тік бұрышты және аралы қимасы қолданылды.

Тау жыныстарының ісінуін азайту жөніндегі қолданбалы міндет – жыныстардың опырылуы ықтимал аймақ шекара шегінде қазба контуры бойынша бекітілген жыныстар аймағының пайда болуына негізделген қазбаларды сенімді және сапалы бекіту мүмкіндігін қамтамасыз ету есебінен тау-кен қазбаларын бекіту тиімділігін арттыру.

Анкерлік бекітпемен жұмыс істеу технологиясы тау-кен қазба ернеулерінің бойында жыныс бағытында орнатуды, тік бұрыштағы 20-25° құрамдас анкерлер астына көлбеу теспелерді бұрғылауды көздейді. Қазба жағдайына орнатылатын анкерлердің ұзындығын эмпирикалық формула бойынша анықтау жолдары ұсынылады:

$$L = k_f * V_b * H_{\text{п}} / N_{\text{п}}, \text{ м}$$

мұнда k_f - тау-кен қазбасы көлденең қимасының нысанына байланысты эмпирикалық коэффициент; V_b - тау-кен қазбасының ені, м; $H_{\text{п}}$ - тау жыныстары ісінуінің ықтимал шамасы, м; $N_{\text{п}}$ - қысуға топырақ жыныстарының беріктігі, МПа.

Қазбаның бүйір қабырғаларында теспелердің орналасу биіктігі оның жыныстарынан қазбаның жарықта биіктігінің 1/3 бөлігін құрайды (h).

Бүйірлерді бекіту және қазба топырағы жыныстарының шоғырлануын болдырмау бойынша орнатылатын бүйірлік анкерлер функцияларын біріктіру қамтамасыз етіледі.

Көмір қабатындағы қазбаның 5,0-ден 2,4 м-ге дейін әртүрлі ұзындықта орналасқанда және бүйір анкерлер болған кезде Flac 2 бағдарламасын пайдалана отырып, кернеулі-деформацияланған жай-күйі модельделді. Тау жыныстары күйіне орнатылған анкерлердің ұзындығы айтарлықтай әсер ерпеді. Жыныстарында да, бүйір жыныстарына да табан жыныстарына да бүйір кернеу негізіндегі деформациялар әсер етеді.

Алға қойған міндетті шешуді қамтамасыз ететін техникалық нәтиже қазба ернеулерін бекіту технологиясында және топырақ жыныстарының шоғырлануын азайту барысында көрінеді.

Технологиялық әзірлемелерді қолдану қазбаларды жүргізуге және ұстап тұруға арналған шығындарды 7-10%-ға азайтуға (ұстап тұруға арналған шығындарды 7-10%-ға қысқарту) және жүргізіліп жатқан әзірлеменің қума метріне 10-15 мың теңге экономикалық ықпал етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: кен өндіру, анкерлеу технологиясы, топырақты тастау, шатыр болттары, бүйірлік анкерлер, тау жыныстары қысымы, тау жыныстарының кедергісі.

В. Ф. Демин¹, Р. А. Мусин¹, Т. В. Демина², А. Е. Жумабекова¹

¹Қарагандинский государственный технический университет, Казахстан;

²Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАКОНТУРНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ АНКЕРОВ НА ПОДУТИЕ ПОРОД ПОЧВЫ ВЫРАБОТКИ

Аннотация. Для проведения экспериментальной проверки технологии анкерного крепления, направленной на снижение пучения пород почвы, выполнены работы по установке в почву металлических анкерров вдоль бортов выработок на участках длиной 10 м и замерных станций для контроля деформаций через 5 м на экспериментальном участке и на прилегающих участках длиной 50 м с каждой стороны через 10 м. Маркшейдерские службы шахт производят контроль за проявлением деформаций (нивелировка почвы) два раза в неделю, а при проявлении деформаций один раз в неделю с представлением данных по динамике проявлений горного давления.

На шахте «Казахстанская» Карагандинского угольного бассейна выполнены работы по установке металлических анкерров в почву газодренажного штрека 322д₇-з на ПК21-22 (участок проходческих работ УПР-3). Однако представленная выработка до сих пор не попала в зону влияния очистных работ, поэтому интенсивного пучения почвы не наблюдалось.

На шахте «Саранская» проведены экспериментальные работы по упрочнению пород почвы в конвейерном штреке 52к₇-з ПК1-ПК6 по семь спаренных анкерров длиной 1,6 м в шурупы диаметром 42 мм на шесть

ампул АМК-350 в каждый. Наблюдения показали, что в данной выработке и на экспериментальном участке пучение пород отсутствует.

На шахте «Абайская» для проведения экспериментальной проверки, направленной на снижение пучения пород почвы установлены анкера на конвейерном штреке 22к₁₂-с на участке ПК55+3 м по ПК56+3 м.

На шахте им. Костенко произведена установка напочвенных анкеров в подготовительном забое 4-го восточного конвейерного штрека к₄ на ПК42-ПК62, но только с одной стороны выработки. Анкера установлены под углом 45° через 1,0 м, что привело к уменьшению конвергенции почвы и боков выработки на 0,6–0,7 м. Рекомендовано с целью получения большего эффекта производить установку напочвенных анкеров с обеих сторон выработки совместно с анкерированием боков выработки.

Произведены расчеты с использованием программы Flac 2 для различных горнотехнических условий разработки угольных пластов Карагандинского бассейна. Применены прямоугольное и арочное сечение выработок с припочвенными и угловыми кровельными анкерами различной длины, позволившими проанализировать технологические схемы снижения пучения пород почвы горных выработок.

Прикладная задача по снижению пучения пород почвы заключается в повышении эффективности крепления горных выработок за счет обеспечения возможности надежного и качественного закрепления выработок, обусловленного образованием зоны укрепленных пород по контуру выработки в пределах границы зоны возможного обрушения пород.

Технология работ анкерной крепью предусматривает ее установку в направлении почвы вдоль бортов горной выработки, забуриванием наклонных шпуров под составные анкера под углом 20-25° к вертикали. Длину анкеров, устанавливаемых в борта выработки, рекомендуется определять по эмпирической формуле:

$$L = k_f * B_b * N_{п} / N_{п}, \text{ м}$$

где k_f – эмпирический коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения горной выработки; B_b – ширина горной выработки в черне, м; $N_{п}$ – вероятная величина пучения пород почвы, м; $N_{п}$ – прочность пород почвы на сжатие, МПа.

Высота расположения шпуров на боковых стенках выработки от ее почвы составляет 1/3 часть высоты выработки в свету (h).

Обеспечивается совмещение функций устанавливаемых боковых анкеров по креплению боков и предотвращению пучения пород почвы выработки.

Произведено моделирование напряженно-деформированного состояния с использованием программы Flac 2 при расположении выработки в угольном пласте при различной длине припочвенных анкеров от 5,0 до 2,4 м и наличии боковых анкеров. Существенного влияния длина припочвенных анкеров на состояние пород почвы не оказало. Следует сделать вывод о том, что на деформации и напряжения в как боковых, так и в породах почвы оказывают не припочвенные, а боковые анкера.

Технический результат, достижение которого обеспечивает решение поставленной задачи, выражается в технологии крепления бортов выработки и снижении пучения пород ее почвы.

Применение технологических разработок позволит снизить затраты на проведение и поддержание выработок на 7 – 10% с припочвенными анкерами (сокращение затрат на поддержание на 7 – 10%) и позволит получить экономический эффект 10 - 15 тыс. тенге на погонный метр проводимой выработки.

Ключевые слова: горная выработка, технология анкерного крепления, подутье пород почвы, анкерная крепь, боковые анкера, горное давление, устойчивость пород.

Information about authors:

Demin Vladimir, doctor of technical sciences, Professor of the Department, Karaganda State Technical University, department "Development of mineral deposits", Karaganda, Kazakhstan; vladfdemin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1718-856X>

Mussin Ravi, PhD student in the specialty 6D070700 "Mining", Karaganda State Technical University, department "Development of mineral deposits", Karaganda, Kazakhstan; r.a.mussin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

Demina Tatiana, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia, Department of Mining Production Safety, Karaganda, Kazakhstan; dentalia@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0042-7886>

Zhumabekova Aila, PhD student in the specialty 6D070700 "Mining", Karaganda State Technical University, department "Development of mineral deposits", Karaganda, Kazakhstan; aila1980@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1501-5382>

REFERENCES

- [1] Molinda G.M., Dolinar D.R. Analysis of roof bolt systems Christopher Mark, Chief, Rock Mechanics Section // Mining Engineer NIOSH. Pennsylvania, 2007. P. 34-56. <https://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/aorbs.pdf>
- [2] Altonyan P. Anchoring in the mines of the Karaganda basin: presentation-55 slides // Arcelor Mittal. 2008. 35 p.
- [3] Guidelines for calculation and using roof bolting in the coal mines of Kuzbass. SPb.: JSC VNIIMI, 2011. 150 p.
- [4] Huber O. Development and supply of digital modeling tools. Karaganda, 2011. 10 p.
- [5] Katsaga T.Ya. Parametric modeling. Karaganda: Sanat, 2004. 65 p.
- [6] Katsaga T.Ya. Simulation of the working state in the running and in the zone of the stoping impact using FLAC 3D. Karaganda, 2011. 10 p.
- [7] Carr F. Recent innovations in roof bolting of rocks in the mines of the state coal management of Great Britain // Reports at the anchorage symposium. London, 1984. P. 268-281.
- [8] Brady B.H.G., Brown E.T. Rock Mechanics for underground mining. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 628 p.
- [9] Laubscher D.H. and Jakubec J., The IRMR/MRMR Rock Mass Classification System for Jointed Rock Masses // SME. 2000. P. 475-481.
- [10] Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering Rock Mechanics: an introduction to the principles and applications. London: Elsevier Science, 1997. 150 p.
- [11] Tsai B.N., Malakhov A.A., Bakhtybaev N.B. Justification of working supporting parameters taking into account their service life // Mining Journal of Kazakhstan. 2007. N 3. P. 45-48.
- [12] Zhurov V.V. Improving method of calculating parameters of development workings, taking into account mining and technological factors: Diss....Cand. Tech. Sciences: code 25.00.22. Karaganda: KSTU, 2010. 115 p.
- [13] Zadavin G.D. Establishing parameters of roof bolting when driving development workings in the conditions of the Karaganda basin mines. Diss.... Cand. Tech. Sciences: code 25.00.22. Karaganda: KSTU, 2008. 130 p.
- [14] Sadykov R.M., Korobkin V.V. (2019) Geological input data analysis for basin modeling of the south part of Karaganda coal deposit // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. Vol. 1, N 433 (2019), 133-142. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.17>