

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-3-94-103

УДК 622.831.325

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ
КОНВЕЙЕРНОГО ШТРЕКА 555, ОХРАНЯЕМОГО ПОДАТЛИВЫМ ЦЕЛИКОМ
В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ЧЕРТИНСКАЯ- КОКСОВАЯ»**

**INCREASING THE EFFICIENCY OF ROOF BOLTING SUPPORTING
CONVEYOR ROADWAY 555 PROTECTED BY A YIELD PILLAR IN THE
CONDITIONS OF MINE CHERTINSKAYA-KOKSOVAYA**

Щербаков Вадим Николаевич¹,
главный горняк ООО «ММК-УГОЛЬ», e-mail: office@mmk-coal.ru
Shcherbakov, Vadim Nikolaevich¹, Chief Miner of MMK-UGOL LLC

Гречишкин Павел Владимирович²,
канд. техн. наук, директор, e-mail: kf@vnimi.ru
Grechishkin, Pavel Vladimirovich², PhD, Director

Зеляева Елена Андреевна²,
научный сотрудник, e-mail: kf@vnimi.ru
Zelyaeva, Elena Andreevna², researcher

Зайцев Ярослав Игоревич²,
техник, e-mail: kf@vnimi.ru
Zaitsev, Yaroslav Igorevich², technician

¹ООО «ММК-УГОЛЬ», 652607, Россия, Кемеровская область, г. Белово, ул. 1-Телеут, 27

¹ «ММК-UGOL» LLC, st. 1-Teleut, 27, Kemerovo branch, Belovo, 652607, Russian Federation

²Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела —
межотраслевой научный центр «ВНИМИ», 650002, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово,
Сосновый бульвар, д. 1, оф. 405/4

²Research Institute of Rock Mechanics and Mine Survey – the Inter-industry Research Center
«VNIMI» (JSC VNIMI) Kemerovo Branch, Sosnovy Boulevard, 1, office 405/4, Kemerovo, 650002,
Russian Federation

Аннотация:

В статье приведен опыт сохранения горной выработки с трудноуправляемой кровлей, описаны геомеханические процессы, происходящие в массиве выемочного столба 555, а также результаты мониторинга конвергенции до и после проведения НГР и смещений пород кровли в конвейерном штреке 555. Представлен ряд исследований, посвященных изучению фактических горно-геологических условий вмещающего массива выработки. Выполнен анализ эффективности мероприятий, позволивших решить проблему поддержания конвейерного штрека 555 на весь срок службы в безаварийном состоянии.

Ключевые слова: сохранение и поддержание горной выработки, трудноуправляемая кровля, зона опорного давления, целик, смещения, конвергенция.

Информация о статье: поступило в редакцию 01.12.2020

Abstract:

The article describes the experience of preserving a mine working with a hard-to-control roof, describes the geological and mechanical processes occurring in the strata of extraction pillar 555, as well as the results of monitoring the convergence before and after the directional hydraulic fracturing and displacement of the roof strata in conveyor roadway 555. A number of studies addressing the actual geological conditions of the roadway

enclosing rock are presented. The analysis of the effectiveness of measures that allowed to solve the problem of maintaining conveyor drift 555 for the entire service life in an accident-free condition was carried out.

Keywords: preservation and maintenance of mine workings, difficult to manage roof, abutment zone, pillar, displacement, convergence.

Article info: received December 01, 2020

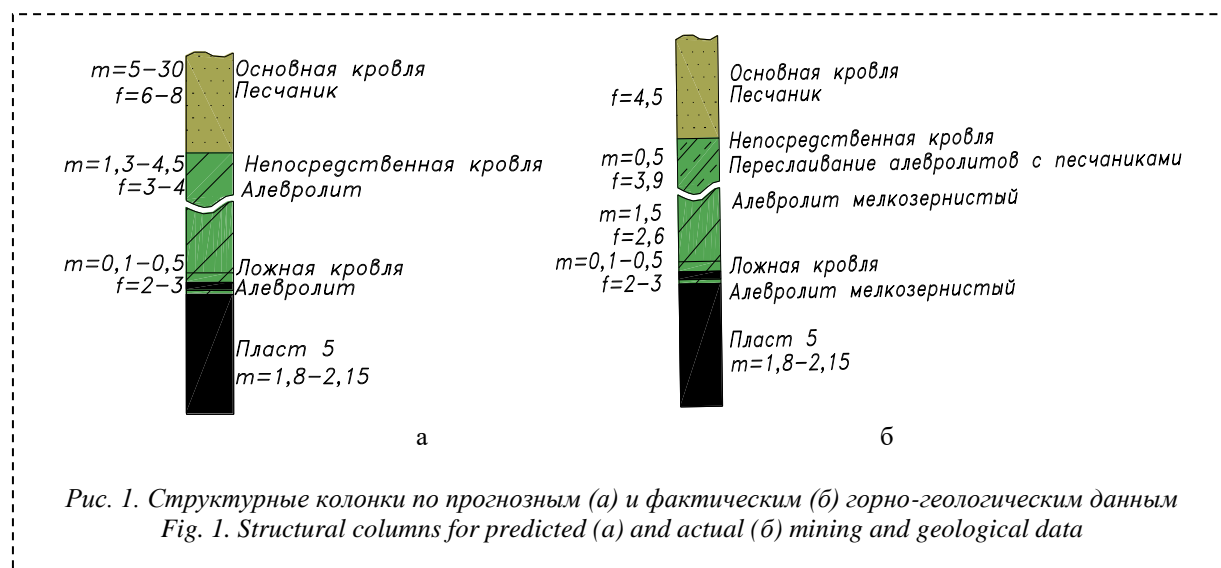
Одной из важных проблем подземной разработки угольных месторождений является присутствие в большинстве шахт трудноуправляемых кровель, не относящихся к труднообрушаемым, породы которых устойчивы и склонны к зависаниям в выработанном пространстве, создавая повышенные напряжения во вмещающем массиве и на контуре близлежащих действующих горных выработок, что значительно снижает эффективность и безопасность поддержания очистных и подготовительных выработок [1].

На шахте «Чертинская-Коксовая» для отработки выемочного столба 555 использована система ДСО с полным обрушением кровли. Подготовка, в свою очередь, осуществлялась спаренными выработками. Поскольку газоносность пласта высокая (до 25-28 м³/т), для подачи необходимого количества воздуха используют осевые штреки.

Для поддержания и охраны конвейерного штрека 555 применяется схема с оставлением податливого и жесткого целиков для уменьшения смещений пород кровли и снижения величины пучения почвы с целью оптимизации эксплуатационного состояния горной выработки [2, 3, 4].

Горно-геологические условия отработки выемочного столба 555 были сложными. Пласт 5 был отнесен к опасным по внезапным выбросам с глубины 300 м и являлся угрожаемым по горным ударам с 200 м, а глубина ведения горных работ составляла порядка 620 м. Дополнительно в почве пласта повсеместно распространены алевролиты, склонные к пучению [5, 6, 7].

Расчетная ширина зоны опорного давления составляет 67-70 м. По конвейерному штреку на расстоянии до 100 м от очистного забоя наблюдались повышенные проявления горного давления, которые выражались в обрыве анкеров первого и второго уровней, деформации опорных элементов, выдавливании решетчатой затяжки 555, пучении почвы, деформации боков, уменьшении сечения выработки в 2,5-3 раза. Механизированная крепь и узлы механизмов очистного комплекса на сопряжении с конвейерным штреком не могли эффективно работать, снизились темпы продвижения очистного забоя, дополнительно требовалось постоянное выполнение цикла работ по «поддиру» почвы и «перекрепке» штрека в зоне опорного давления. Данная картина также наблюдалась в промежуточном штреке 555, отделенным от конвейерного целиком шириной 35 м. Для безопасного поддержания конвейерного штрека была принята схема с применением канатных анкеров и дополнительной установкой руд. стоек, однако ее использование не привело к положительным результатам. Для



выбора оптимальных параметров крепи необходимо было выполнить анализ процессов, происходящих в углепородном массиве [8, 9, 10, 11].

Кемеровским филиалом АО «ВНИМИ» был выполнен ряд исследований: изучение фактических горно-геологических и горнотехнических условий, отбор и испытание кернов пород кровли, эндоскопические исследования скважин, электромагнитное зондирование вмещающего углепородного массива. В результате фактические горно-геологические условия проведения штрека существенно отличались от прогнозных (Рис 1-3).



Рис. 2. Образцы пород кровли конвейерного штрека 555
Fig. 2. Samples of rocks from the roof of the conveyor drift 555

По результатам исследований непосредственная кровля представлена слабыми, мелкозернистыми, трещиноватыми алевролитами мощностью до 2,5-3,0 м. Основная кровля представлена переслаиванием тонко- и мелкозернистых песчаников и алевролитов, которые сформировали зависающую в выработанном пространстве предыдущего столба консоль.

Геомеханические процессы, происходящие в массиве, были следующими: податливый целик деформировался под воздействием зависшей консоли, передавая нагрузку на жесткий целик, концентрируя напряжения в целике и вмещающем его массиве. Это спровоцировало выдавливание в выработку слабых пород непосредственной кровли, что привело к существенным смещениям, превышающим податливость анкерной крепи (Рис. 4) [12].

Чтобы снизить нагрузки на целики и геомассив, необходимо выполнить разупрочнение пород кровли. Профильными институтами (АО «ВНИМИ» и Институтом угля ФИЦ УУХ СО РАН) совместно с технической службой шахты для этого был выбран способ направленного гидроразрыва (НГР) [12, 14, 15]. Сущность способа состояла в том, чтобы посредством скважин, отбуренных из штрека, и созданных искусственных иницирующих щелей в породах

основной кровли под действием упругой энергии флюидов-воды, закачиваемой в массив, создать в нужном направлении протяженные трещины.

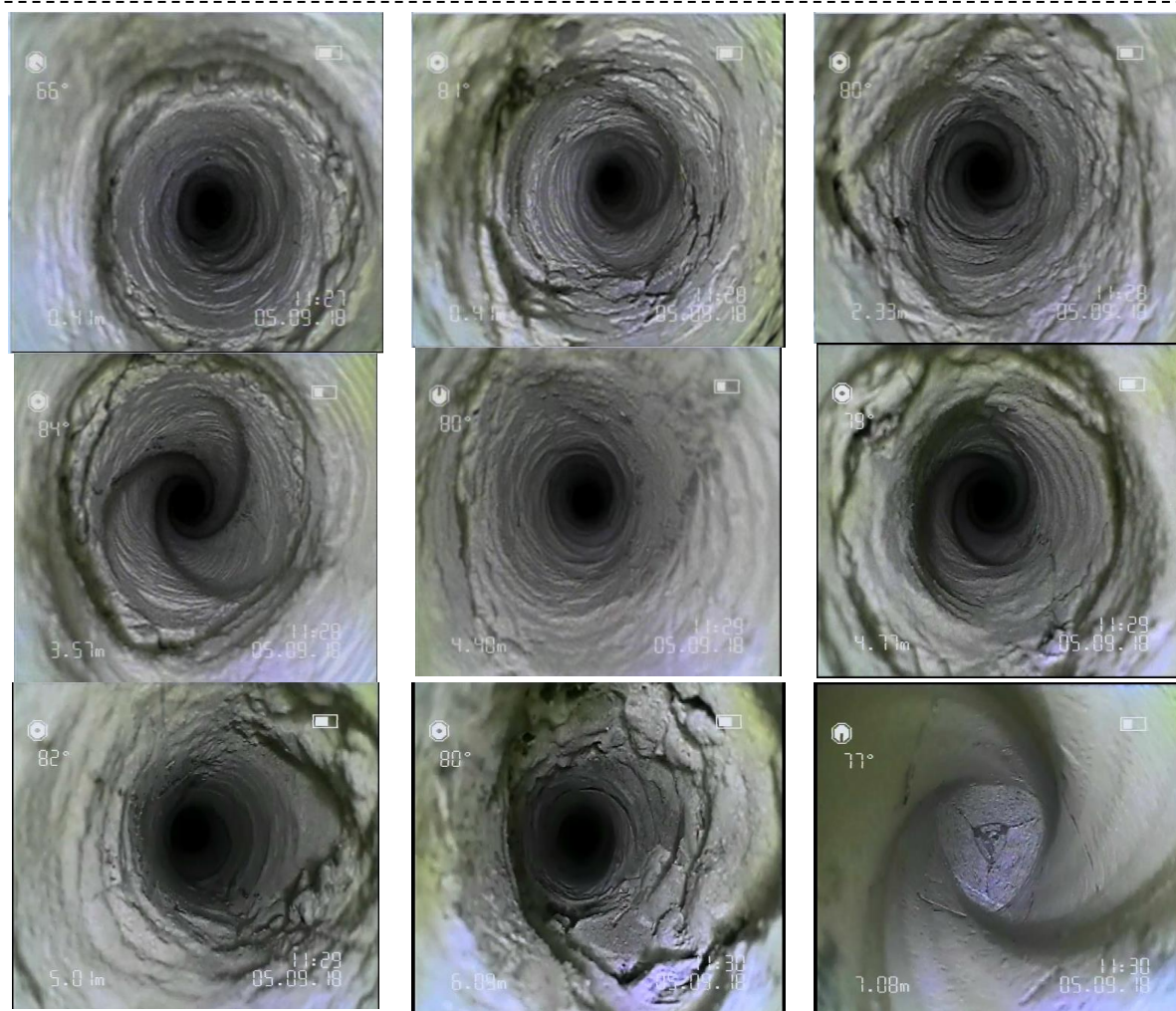


Рис. 3. Результаты видеозендоскопического исследования пород кровли конвейерного штрека 555
Fig. 3. Results of video endoscopic examination of the roof rocks of the conveyor drift 555

Глубина скважин в сторону лежачего бока и параметры заложения ориентированных трещин были выбраны таким образом, чтобы «отсечь» и обрушить породы основной кровли за податливым целиком. НГР через скважины в сторону висячего бока служит для перераспределения вглубь от контура выработки концентраторы напряжений и для снижения влияния опорного давления от действующего очистного забоя (рис. 5). В итоге при подвигании очистного забоя породы основной кровли были расчленены на блоки малых размеров, что привело к уменьшению площади зависшей консоли в выработанном пространстве, снятию нагрузок с краевых частей пласта и механизированной крепи, интенсивности давления и величины смещений как в конвейерном, так и промежуточном штреках [16, 17, 18] (Рис. 5).

Разработанные мероприятия по разгрузке угленосного массива позволили эффективно решить проблему поддержания конвейерного штрека 555 на весь срок службы, а также значительно уменьшить нагрузку на анкерную крепь, снизить интенсивность пучения почвы и смещений пород кровли.

В ходе выполнения работ помимо вышеперечисленных исследований осуществлялся постоянный контроль смещений пород кровли, почвы и боков выработки. По результатам мониторинга смещений пород кровли и конвергенции боков наблюдается стабилизация геомеханических процессов после проведения НГР (рис. 6-7). Сравнение первичных показаний замерных станций, установленных на первом опытном участке до проведения НГР с последующими измерениями после НГР приведены на рис. 8-14.

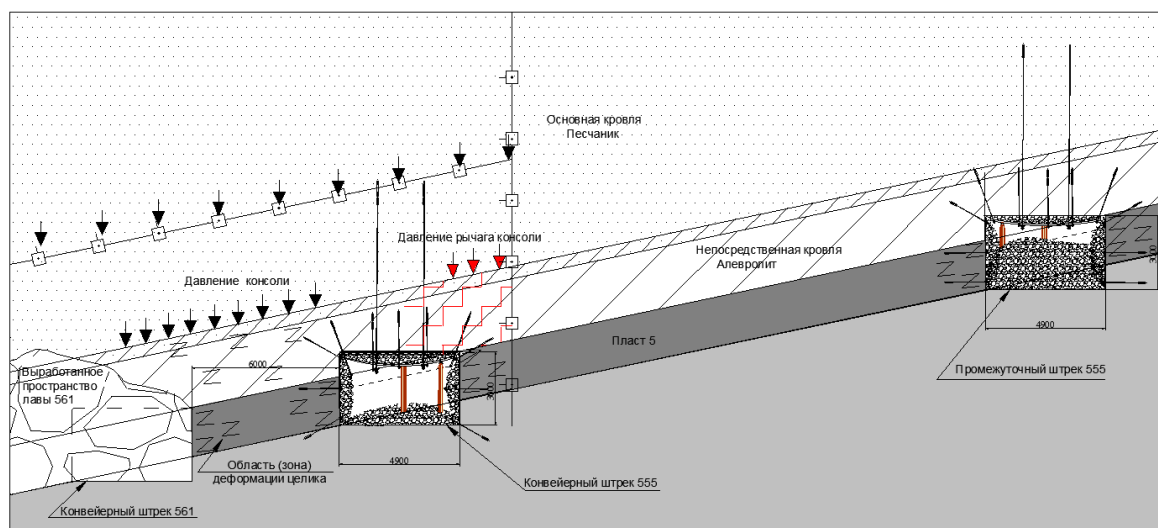


Рис. 4. Геомеханические процессы, происходящие в массиве до проведения НГР
Fig. 4. Geomechanical processes occurring in the massif prior to oil drilling

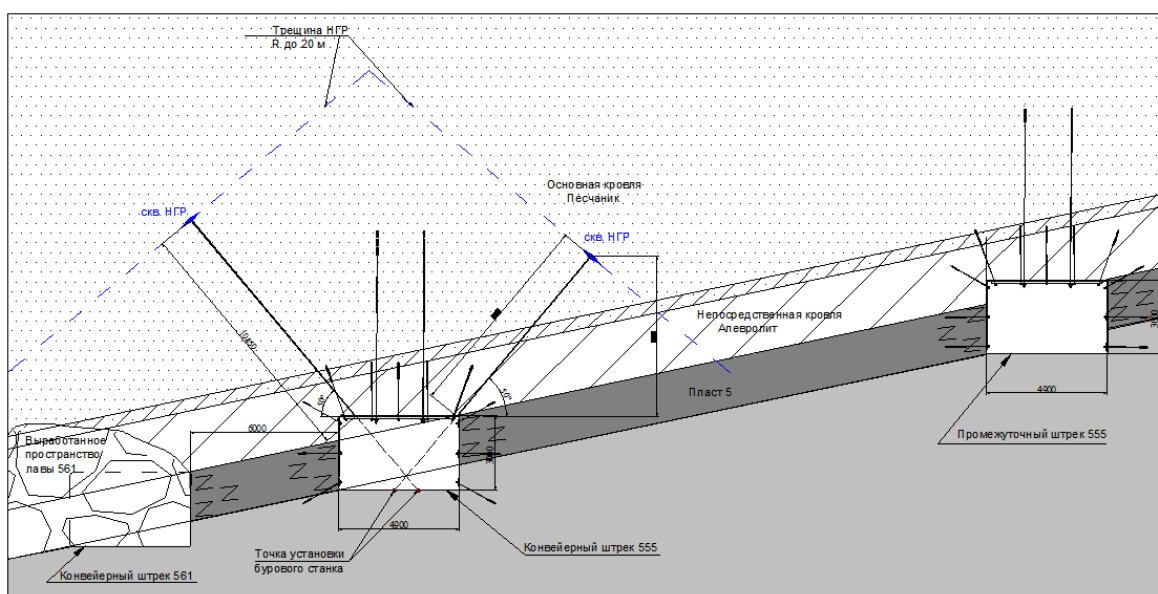


Рис. 5. Схема направленного гидроразрыва пород кровли
Fig. 5. Scheme of directional hydraulic fracturing of roof rocks



Рис. 6. Выкопировка с плана горных работ, с нанесенными замерными пунктами
Fig. 6. Copy from the mining plan, with the marked measuring points

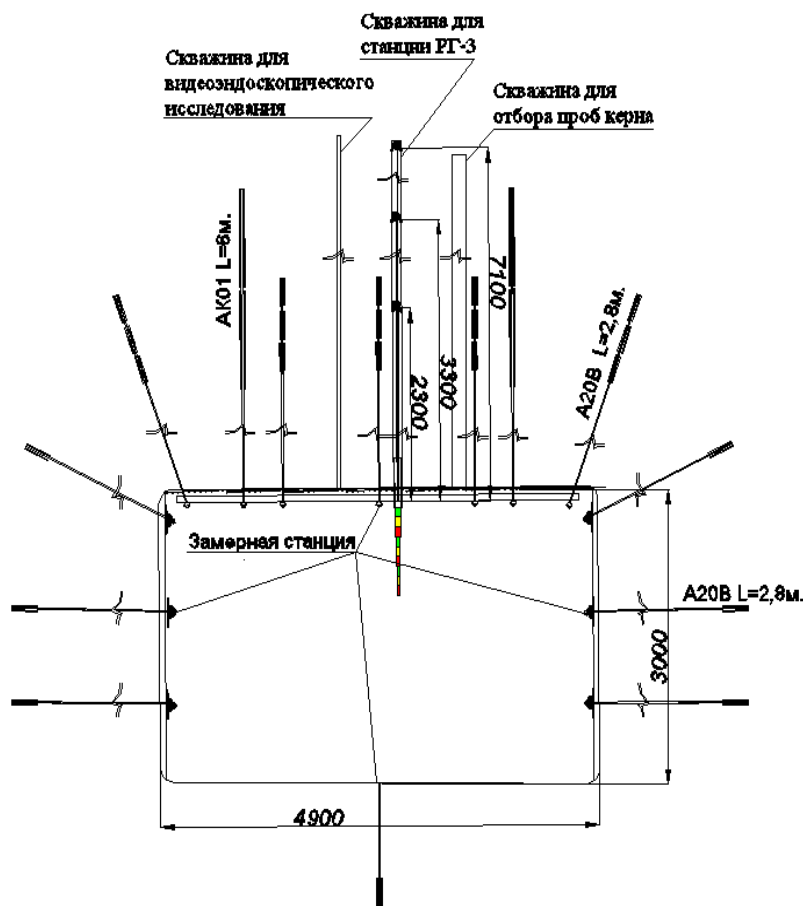


Рис. 7. Схема установленных замерных станции, эндоскопии и взятия керновых проб
 Fig. 7. Diagram of installed measuring stations, endoscopy and core sampling

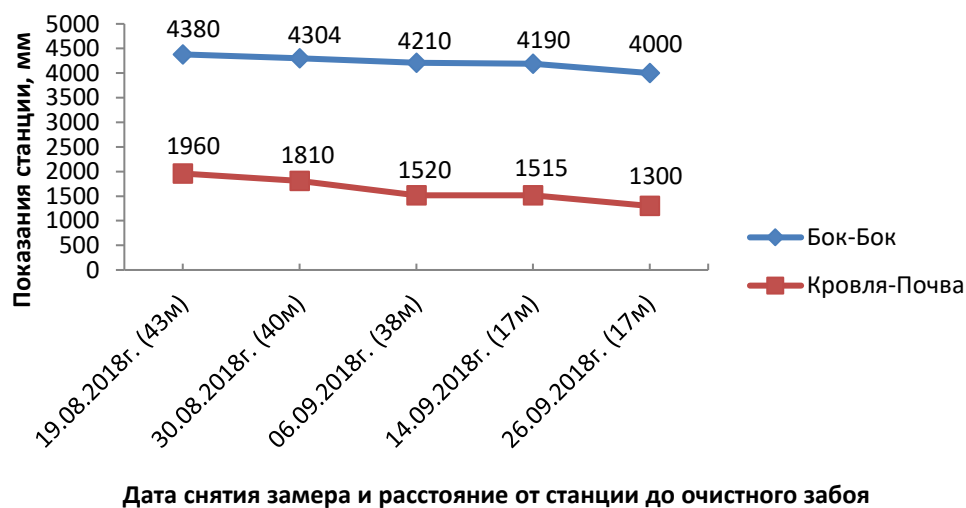


Рис. 8. Диаграмма смещений на замерной станции №1 при приближении забоя, до проведения НГР
 Fig. 8. Diagram of displacements at metering station №1 when the bottom is approaching before carrying out the oil and gas drilling

До проведения НГР замерную станцию №1 установили на расстоянии 43 м от очистного забоя. При подходе лавы к замерному пункту смещения составили 607 мм по кровле, пучение почвы – 503 мм, горизонтальная конвергенция боков – 245 мм. Данные смещения замерной станции №1 взяты за эталонные рис. 8. Смещения на замерных станциях при движении забоя по зоне НГР приведены на рис. 9-14.

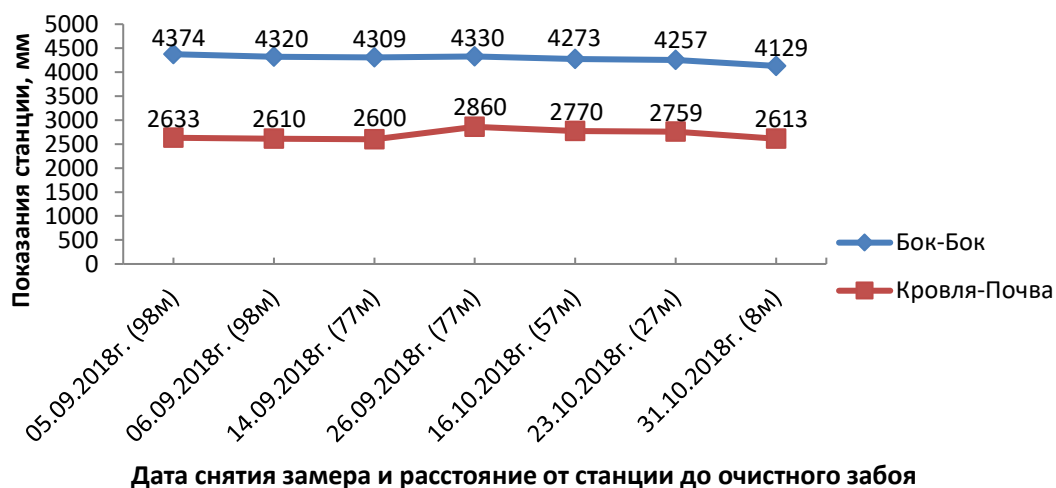


Рис. 9. Диаграмма смещений на замерной станции №2 при приближении забоя, в зоне НГР
Fig. 9. Diagram of displacements at metering station №2 when approaching the bottom in the OGR zone



Рис. 10. Диаграмма смещений на замерной станции №3 при приближении забоя, в зоне НГР
Fig. 10. Diagram of displacements at metering station №3 when approaching the bottom, in the OGR zone

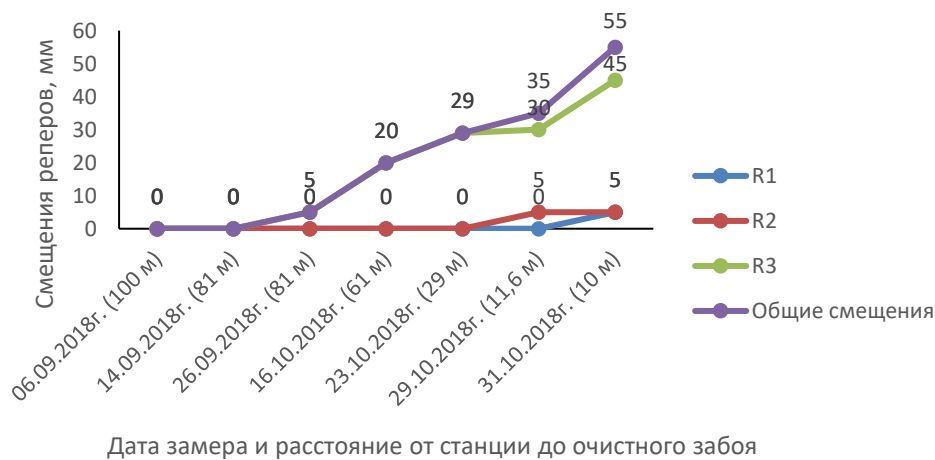


Рис. 11. Диаграмма смещений пород кровли на реперной станции №1
Fig. 11. Diagram of displacements of roof rocks at reference station №1



Рис. 12. Диаграмма смещений пород кровли на реперной станции №2
Fig. 12. Diagram of displacements of roof rocks at reference station №2

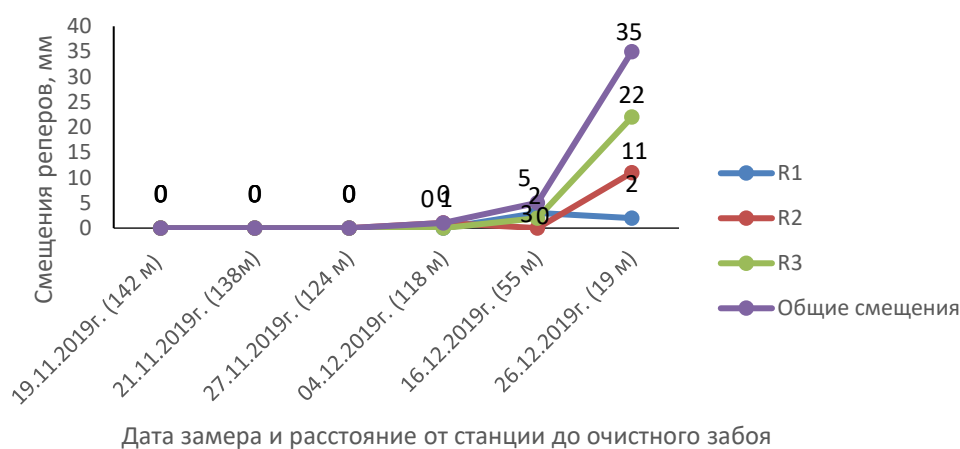


Рис. 13. Диаграмма смещений пород кровли на реперной станции №3
Fig. 13. Diagram of displacements of roof rocks at the reference station №3



Рис. 14. Диаграммы смещений пород кровли и почвы до проведения НГР и после
Станция № 1 – глубина от земной поверхности 606 м
Станция № 2 – глубина от земной поверхности 586 м
Станция № 3 – глубина от земной поверхности 572 м
Fig. 14. Diagrams of displacements of roof and soil rocks before and after the NGR
Station No. 1 – depth from the earth's surface 606 m
Station No. 2 – depth from the earth's surface 586 m
Station No. 3 – depth from the earth's surface 572 m

Результаты исследований сводятся к следующему:

- до проведения НГР в конвейерном штреке 555 были выявлены деформации крепи, решетчатой затяжки, опорных элементов, разрыв анкеров в кровле, а также вывалы и отслоения пород кровли и боков. Повышенные смещения пород кровли и боков выработки (80-150 мм) фиксировались за пределами расчетной ширины зоны опорного давления.

- проведение НГР позволило перераспределить действующие напряжения вглубь массива и тем самым существенно уменьшить смещения кровли и почвы. Вследствие этого податливости анкерной крепи стало достаточно для обеспечения безопасного поддержания конвейерного штрека 555 в эксплуатационном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог угольных пластов мощностью до 3,5 м и углом падения до 35° с тяжелыми кровлями (Л.: ВНИМИ, 1985).
2. Указаниями по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Изд. 4-е, дополненное Л., 1986. – 222 с.
3. Заключение Кемеровского представительства ОАО «ВНИМИ» №42 от 07.10.2009 г. по определению обоснованных технико-технологических решений для разрабатываемого «Дополнения к проекту отработки благоприятных запасов пластов 4 и 5 Чертинской брахисинклинали ООО «Шахта Чертинская-Коксовая».
4. Кузьмин С.В. Разработка способа охраны подготовительных выработок с помощью компенсационных полостей при отработке мощных пологих угольных пластов. – Санкт-Петербург. – 2016 г.
5. Комплекс мер по прогнозу и предотвращению динамических явлений на шахте «Чертинская-Коксовая» на 2020 год (в части предотвращения внезапных выбросов угля и газа, внезапному выдавливанию угля и по опасности вмещающих пород к выбросам породы и газа) / АО «НЦ ВостНИИ». – г. Белово, 2019. 62 с.
6. Комплекс мер по прогнозу и предотвращению динамических явлений на шахте «Чертинская-Коксовая» на 2020 год (в части предотвращения горных ударов) / АО «НЦ ВостНИИ». – г. Белово, 2019. 33 с.
7. Проектная документация / Оработка запасов Чертинской брахисинклинали в границах горных отводов ООО «Шахта Чертинская-Коксовая» Том 5.7.1.1. Кемерово: ОАО «КУЗБАССГИПРОШАХТ» 2015. 465 с.
8. Якоби О. Практика управление горным давлением: Пер. с нем. М.: Недра, 1987. 566 с.
9. Sikora W., Kidybinski A., Saitysek K. Designing of Hard Roof-Rock Destressing Systems for Safe Warning of Rock Burst Prone Coal Seams. Central Mining Institute Report. Poland: 1978. 26 p.
10. Белявский З. Управление горным давлением: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 254 с.
11. Динамические формы проявлений горного давления / В.Б. Артемьев, Г.И. Коршунов, А.К. Логинов, В.М. Шик. С-Пб.: Наука, 2009. 347 с.
12. Геомеханика / П.В. Егоров, Г.Г. Штумпф, А.А. Ренев, Ю.А. Шевелев, И.В. Махраков, В.В. Сидорчук / Кемерово: КузГТУ, 2002. 332 с.
13. Опыт применения технологий направленного гидроразрыва (НГР) пород кровли с целью обеспечения устойчивого состояния сохраняемой выработки в условиях шахты «Есаульская» / В.И. Клишин, Г.Ю. Опрук, А.С. Телегуз и др. под общ. ред. В.Н. Фрянова // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей междунар. научн.-практ. конф. Новокузнецк: СибГИУ, 2017. №3. С. 177-181.
14. Гречишкин П.В., Розонов Е.Ю., Клишин В.И., Опрук Г.Ю., Щербаков В.Н. Управление кровлей для повышения эффективности поддержания выработок, охраняемых податливыми целиками // Уголь. 2019. № 10. С. 35-40.
15. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений: монография / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко // Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель», 2011. 524 с.
16. The effect of natural fracture on hydraulic Fracturing propagation in coal seams / Tao Wanga, Wanrui Hua, Derek Elsworth et al. // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2017. № 150. P. 180-190.
17. Directional hydraulic fracturing to control hard-roof rockburst in coal mines / Fan Jun, Dou Linming, He Hu et al. // International Journal of Mining Science and Technology. 2012. № 22. P. 177-181.

18. Near Wellbore Hydraulic Fracture Propagation from Perforations in Tight Rocks: The Roles of Fracturing Fluid Viscosity and Injection Rate / S.H. Fallahzadeh, M.M. Hossain, A.J. Cornwell, V. Rasouli // *Energies*. 2017. № 10. 359 p.

REFERENCES

1. Catalog of coal seams up to 3.5 m thick and dip angle up to 35 ° with heavy roofs (L.: VNIMI, 1985).
2. Instructions for the rational location, protection and maintenance of mine workings in the coal mines of the USSR. - Ed. 4th, supplemented by L., 1986. - 222 p.
3. Conclusion of the Kemerovo representative office of JSC «VNIMI» No. 42 dated 07.10.2009 on the determination of reasonable technical and technological solutions for the developed "Supplement to the project for the development of favorable reserves of strata 4 and 5 OOO Chertinskaya-Koksovaya Mine.
4. Kuzmin S.V. Development of a method for protecting preparatory workings with the help of compensation cavities during the development of powerful gentle coal seams. St. Petersburg. 2016
5. A set of measures to predict and prevent dynamic phenomena at the Chertinskaya-Koksovaya mine for 2020 (in terms of preventing sudden coal and gas emissions, sudden coal squeezing out and the danger of enclosing rocks to rock and gas emissions) / JSC NTs VostNII Belovo 2019.62 p.
6. A set of measures for forecasting and preventing dynamic phenomena at the Chertinskaya-Koksovaya mine for 2020 (in terms of preventing rock bursts) / JSC "NC VostNII", Belovo, 2019. 33 p.
7. Design documentation / Development of reserves of the Chertinskaya brachisyncline within the boundaries of mining allotments of OOO Chertinskaya-Koksovaya Mine Volume 5.7.1.1. Kemerovo: OJSC «KUZBASSGIPROSHAKHT» 2015. 465 p.
8. Jacobi O. Practice rock pressure management: Per. with him. Moscow: Nedra, 1987. 566 p.
9. Sikora W., Kidybinski A., Saitysek K. Designing of Hard Roof-Rock Destressing Systems for Safe Warning of Rock Burst Prone Coal Seams. Central Mining Institute Report. Poland: 1978.26 p.
10. Benyavsky Z. Rock pressure management: Per. from eng. Moscow: Mir, 1990.254 p.
11. Dynamic forms of rock pressure manifestations / V.B. Artemiev, G.I. Korshunov, A.K. Loginov, V.M. Chic. St. Petersburg: Nauka, 2009.347 p.
12. Geomechanics / P.V. Egorov, G.G. Stumpf, A.A. Renev, Yu.A. Shevelev, I. V. Makhrakov, V.V. Sidorchuk / Kemerovo: KuzSTU, 2002.332 p.
13. Experience of using technologies of directional hydraulic fracturing (OGR) of roof rocks in order to ensure a stable state of the maintained development in the conditions of the Esaulskaya mine / V.I. Klishin, G.Yu. Opruk, A.S. Teleguz and others under the general. ed. V.N. Fryanova // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources: collection of articles. scientific. articles of international. scientific-practical. conf. Novokuznetsk: SibGIU, 2017. No. 3. S. 177-181.
14. Grechishkin P.V., Rozonov E.Yu., Klishin V.I., Opruk G.Yu., Shcherbakov V.N. Roof management to improve the efficiency of maintaining mine workings protected by pliable pillars // *Coal*. 2019.No. 10.P. 35-40.
15. Safety problems and new technologies for underground mining of coal deposits: monograph / V.I. Klishin, L.V. Zvorygin, A.V. Lebedev, A.V. Savchenko // Novosibirsk: Publishing House «Novosibirsk writer», 2011. 524 p.
16. The effect of natural fracture on hydraulic Fracturing propagation in coal seams / Tao Wanga, Wanrui Hua, Derek Elsworth et al. // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2017. № 150. P. 180-190.
17. Directional hydraulic fracturing to control hard-roof rockburst in coal mines / Fan Jun, Dou Linming, He Hu et al. // *International Journal of Mining Science and Technology*. 2012. № 22. P. 177-181.
18. Near Wellbore Hydraulic Fracture Propagation from Perforations in Tight Rocks: The Roles of Fracturing Fluid Viscosity and Injection Rate / S.H. Fallahzadeh, M.M. Hossain, A.J. Cornwell, V. Rasouli // *Energies*. 2017. № 10. 359 p.

Библиографическое описание статьи

Щербаков В.Н., Гречишкин П.В., Зеляева Е.А., Зайцев Я.И. Повышение эффективности поддержания анкерной крепью конвейерного штрека 555, охраняемого податливым целиком в условиях шахты «Чертинская- Коксовая» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 3 (145). – С. 94-103.

Reference to article

Shcherbakov V.N., Grechishkin P.V., Zelyaeva, E.A., Zaitsev Ya.I. Increasing the efficiency of roof bolting supporting conveyor roadway 555 protected by a yield pillar in the conditions of mine Chertinskaya-Koksovaya. Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2021, no.3 (145), pp. 94-103.