

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ КРЕПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

В.Ф. Демин^{1*}, Д.Р. Ахматнуров¹, Д.С. Сыздыкбаева¹, Н.М. Замалиев¹

¹Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,

Караганда, Казахстан,

e-mail: vladfdemin@mail.ru

Установление степени и численных параметров трещиноватости массива вмещающих пород в контуре свода горной выработки позволяет установить технологические параметры крепления.

Мониторинг и прогноз оценки устойчивости горных выработок шахт Карагандинского угольного бассейна позволит определить закономерности проявлений горного давления в выработках в зависимости от горно-геологических факторов и горнотехнических условий эксплуатации на базе компьютерного моделирования геомеханических процессов во вмещающем смешанном углепородном массиве вокруг исследуемых выработок.

Необходимы создание технологических схем ведения горнопроходческих работ на основе моделирования зональной дезинтеграции массива горных пород и паспортов крепления горных выработок для различных горно-геологических и горнотехнических условий разработки угольных шахт для сокращения расходов на эксплуатацию горных выработок с соблюдением нормативной скорости их проведения для подготовки фронта очистной выемки.

Применение арочной металло-рамной крепи не позволяет увеличить темпы проведения горных выработок и производительность труда проходчиков, снизить металлоемкость крепи, ее стоимость, а также применить комплексную механизацию работ по поддержанию горных выработок. В зависимости от типа полимерного состава адгезия закрепляющего химического состава к песчанику составляет 0,03 - 0,15 МПа и растет от гладкого стержня к нарезному и максимальна - для анкерного стержня с переменным профилем.

Ключевые слова: анкерное крепление, устойчивость пород, геомеханические процессы, трещиноватость, прочность

ТАУ-КЕН ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУ КЕЗІНДЕГІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ

В.Ф. Демин^{1*}, Д.Р. Ахматнуров¹, Д.С. Сыздыкбаева¹, Н.М. Замалиев¹,

¹Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,

Қарағанды, Қазақстан,

e-mail: vladfdemin@mail.ru

Шахта саңылауының төбесінің контурында негізгі жыныс массивінің жарылуының дәрежесі мен сандық параметрлерін белгілеу бекітудің технологиялық параметрлерін орнатуға мүмкіндік береді.

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарындағы кен қазбаларының тұрақтылығын бағалау мониторингі мен болжамы геомеханикалық процестерді компьютерлік модельдеу негізінде тау-кен-геологиялық факторларға және тау-кен пайдалану жағдайларына байланысты кен орындарында тау жыныстары қысымының көрініс беру заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. зерттелетін кен орындарының төңірегіндегі аралас көмір жыныс массасы.

Тау-кен жұмыстарын жүргізудің технологиялық сызбаларын тау-кен массаларының аймақтық ыдырауын модельдеу және көмір кеніштерін игерудің әр түрлі тау-кен, геологиялық және тау-кен техникалық жағдайлары үшін кен қазбаларын бекітуге арналған паспорттар негізінде тау-кен жұмыстарын жүргізудің техноло-

гиялық схемаларын құру қажет. тау-кен қазбасының алдыңғы бөлігін дайындау үшін оларды орындаудың нормативті жылдамдығын сақтау.

Арқа тәрізді металл қаңқалы тіректерді пайдалану тау-кен жұмыстарының қарқынын және кеншілердің өнімділігін арттыруға, тіреудің металл сыйымдылығын және оның құнын төмендетуге, сондай-ақ кеніштерді күтіп ұстау бойынша жұмыстарды кешенді механикаландыруды қолдануға мүмкіндік бермейді. Полимер құрамының түріне байланысты бекіткіш химиялық құрамның құмтасқа адгезиясы 0,03 - 0,15 МПа құрайды және тегіс шыбықтан бұрандалыға дейін артады және өзгермелі профильді якорь штангасы үшін максимум болады.

Түйін сөздер: якорьді бекіту, тау жыныстарының тұрақтылығы, геомеханикалық процестер, жарықтар, беріктік

STUDY OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS WHEN SUPPORTING MINING WORKS

V.F. Demin^{1*}, D.R. Akhmatnurov¹, D.S. Syzdykbaeva¹, N.M. Zamaliev¹

¹Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,
e-mail: vladfdemin@mail.ru

Establishing the degree and numerical parameters of fracturing of the host rock massif in the contour of the roof of the mine opening allows us to establish the technological parameters of the fastening.

Monitoring and forecasting the assessment of the stability of mine workings in the mines of the Karaganda coal basin will allow us to determine the patterns of manifestations of rock pressure in workings depending on mining and geological factors and mining operating conditions based on computer modeling of geomechanical processes in the host mixed coal rock mass around the workings under study.

It is necessary to create technological schemes for conducting mining operations based on modeling of zonal disintegration of rock masses and passports for fastening mine workings for various mining, geological and mining technical conditions of coal mine development in order to reduce the cost of operating mine workings in compliance with the standard speed of their implementation for preparing the front of the mining excavation.

The use of arched metal-frame support does not allow increasing the pace of mining and the productivity of miners, reducing the metal intensity of the support and its cost, and also applying comprehensive mechanization of work to maintain mine workings. Depending on the type of polymer composition, the adhesion of the fastening chemical composition to sandstone is 0.03 - 0.15 MPa and increases from a smooth rod to a threaded one and is maximum for an anchor rod with a variable profile.

Keywords: anchorage, rock stability, geomechanical processes, fracturing, strength

Введение. Главными причинами дефектного состояния полостей горных выработок являются такие факторы, как увеличение глубины эксплуатируемых в Карагандинском бассейне угольных шахт, ведущих отработку пластов, преимущественно, при низкой и средней прочности приконтурных пород вокруг выработок, а также применении крепей с не всегда достаточной несущей способностью.

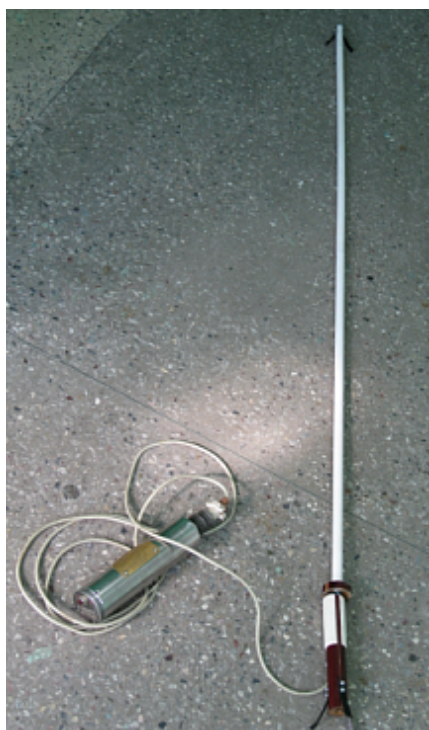
На процесс воздействия горного давления, возникающего при проведении искусственных горных полостей в углепородной толще в зависимости от прочностных характеристик массива и характера проявлений зональной дезинтеграции в массиве горных пород существенное влияние оказывают зоны повышенного, опорного давления, развитие над- и

подработки угольных пластов, их совместная отработка, наличие геологических нарушений, а также расположение выработки в схеме развития горных работ.

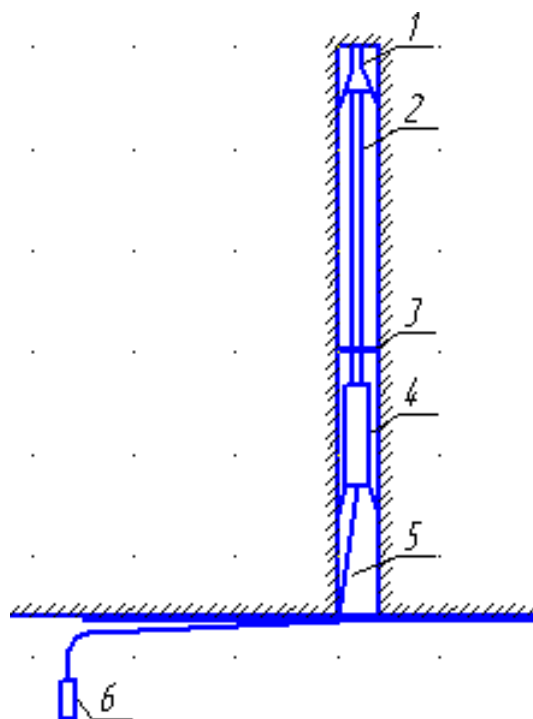
Поэтому важным является проведение расчетов с учетом динамики и ползучести горных пород с моделированием различных горнотехнологических ситуаций при проведении и поддержании горных выработок в т.ч. в зонах влияния очистных работ. Разработка и внедрение технологии и средств с учетом напряженно-деформированного состояния вмещающих пород позволит уменьшить материальные и трудовые затраты и оптимизировать параметры крепления горных выработок.



Рис. 1 - Моделирование прибором трещиноватости горных пород



а



б

Рис. 2 - Конструкция прибора (а) и схема измерений (б): 1, 2 - базовый репер и его штوك; 3 - упорная шайба; 4 - датчик; 5 - соединительный кабель; 6 - прибор КДМ-2

Материалы и методы. Установление степени и численных параметров трещиноватости массива вмещающих пород в контуре свода горной выработки позволяет установить технологические параметры крепления [2,3]. Комбинация зон расслоения пород и ее размеры будут зависеть от локализации слоев горных пород с разнообразными контактными прослойками. Для эксперимента было использовано устройство моделирования трещиноватости пород. Данный агрегат является приставкой к прессу, имеет раму с соосными стойками и траверсой, относительно которых двигается шток. Он позволяет создать в образцах породы системы различных трещин, аналогичных природной, причем заданной ориентации и интенсивности. В основании расположены подвижные столики с матрицей. Создание в образце искусственных трещин производится путем нагружения образца прессом через нагрузочные элементы, укладываемые в пазах матриц (рисунок 1) [1, 6].

Для установления несущей способности анкеров, закрепленных быстротвердеющими смесями, был проведен комплекс экспериментальных исследований в лабораторных условиях на испытательном стенде [4].

Результаты и обсуждение. Измерение смещений во вмещающих породах выполнялись на шахте «Саранская» УД АО «АМТ» в конвейерном штреке 75К₁₀-В на глубине 455 м в трех шпурах, пробуренных в кровле выработки (один пробурен в центре и два других под углом 45° относительно центрально-

го) - рисунок 2. Непосредственная кровля угольного пласта в месте проведения замеров была представлена среднеустойчивыми аргиллитами мощностью от 0,8 до 5,1 м и прочностью 14-21 МПа. Расстояние между трещинами составляло 0,4 м. Основная кровля была сложена труднообрушаемыми песчаниками мощностью от 24 до 30 м и прочностью 64-71 МПа.

Через 20 минут, вне зоны влияния лавы, на расстоянии 1,6 м от кровли выработки образовался 1-ый контур расслоений, 2-ой на расстоянии 2,0 м через 20 суток и через три месяца третий на расстоянии 2,3 м (рисунок 3). Расслоение проскальзывания слоев пород происходит под воздействием касательного напряжения, направленного вдоль напластования. Особенно критическими, с точки зрения эксплуатации, представляется растягивающее напряжение, которое расположено перпендикулярно напластованию и которое значительно превосходит пределы прочности на контактах и вызывает расслоение пород с отрывом друг от друга, а затем их разрушение.

Спрогнозировать устойчивость и обрушаемость вмещающего массива пород вокруг выработки, с целью выбора оптимальных параметров их проведения и дальнейшей эксплуатации, позволяет определение зоны первоначальных расслоений контурных пород. На рисунке 3 схематически изображены зоны расслоений в своде выработки, сложенной алевролитом с различными контактными прослойками.

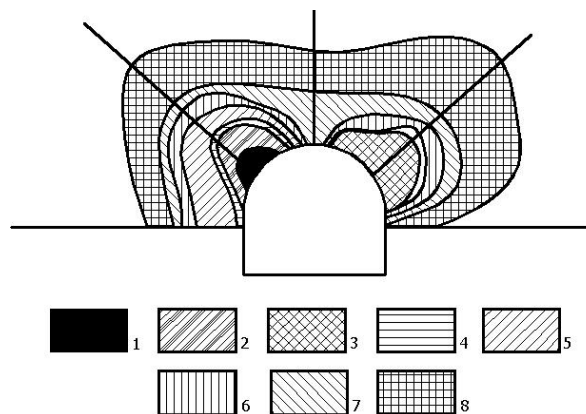


Рис. 3 - Зоны расслоения приконтурного массива пород конвейерного штрека 75к₁₀-в шахты «Саранская» Карагандинского угольного бассейна

Из данной схемы можно сделать вывод, что образовалось три расслоившихся контакта неустойчивых пород (зоны I разрушающие деформации, II неупругие и III упругие) с конкретными зонами технологического расслоения вмещающего угле-породного массива [5].

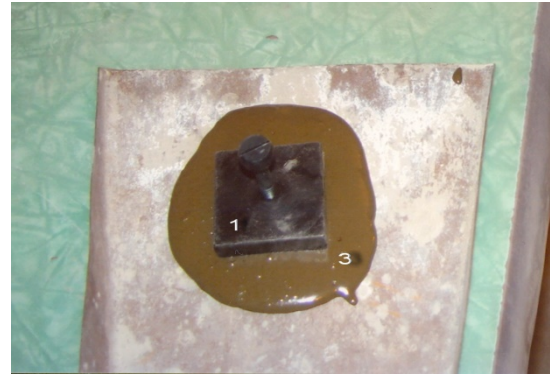
Адгезиометром, представленном на рисунке 4, производилось определение липкости к материалу

породы химического состава ампул посредством пластины (б), закрепленной прижимным устройством адгезиометра (а) к материалу породы.

В зависимости от типа полимерного состава адгезия закрепляющего химического состава к песчанику составляет 0,03 - 0,15 МПа и растет от гладкого стержня к нарезному и максимальна - для анкерного стержня с переменным профилем.



а



б

Рис. 4 - Определение липкости химического состава ампул адгезиометром к материалу породы: а - общий вид; б - схема эксперимента

Использование физико-химического метода увеличения устойчивости и стабильности параметров крепления подготовительной выработки с нагнетанием в трещиноватые породы быстродействующих химических составов, через предварительно пробу-

ренные шпурсы, позволяет создать монолитную блочную структуру за счет адгезионных сил твердеющего состава или механического заклинивания, заполнившего трещины (рисунок 5).

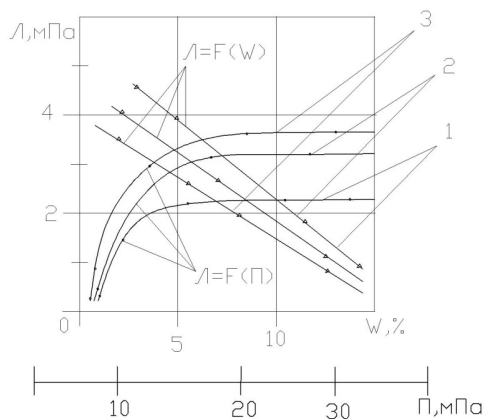


Рис. 5 - Липкость полимерного состава к горным породам в зависимости от их прочности на сжатие Π и влажности W : 1 - песчаник ($\Pi=30-35$ МПа); 2 - алевролит ($\Pi=20-25$ МПа); 3 - аргиллит ($\Pi=7-15$ МПа)

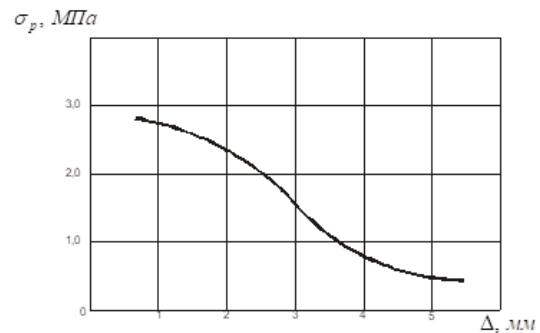


Рис. 6 - Зависимость прочности адгезии карбонидных составов к породе от степени раскрытия трещин

Значительным фактором, влияющим на прочность связывания блоков вмещающих горных пород твердеющими химическими составами, оказывает степень ширины раскрытия трещин. Показатели зависимости изменения прочности адгезии карбоидных составов к породам σ_p от степени раскрытия трещин представлены на рисунке ба.

Представленная зависимость говорит о целесообразности закрепления, вмещающего угле-породного массива химическими скрепляющими составами, когда величина раскрытия трещин незначительна и составляет не более 0,001 - 0,002 м [7].

Установить оптимальные технологические параметры крепления позволили полученные экспериментальные данные по трещиноватости горного массива вмещающих пород вокруг горной выработки.

Анкерная крепь, вновь установленная в массив, обладает максимальной пиковой несущей способностью, которую функционально можно описать выражением [1]:

$$P_a = f(k, R, \delta) \quad (1)$$

где: P_a - несущая способность анкерной крепи;

k - коэффициент, который учитывает конструкцию анкера;

R - прочностные свойства вмещающих пород, в которые закрепляются анкера;

δ - величина заделки анкера за зоной разрушения.

Ключевые факторы, оказывающие влияние на несущую способность анкерной крепи: глубина заделки, адгезия закрепляющего химического состава к породам и металлу стержня анкерной крепи, разность между диаметрами анкерного стержня и шпура [8].

Испытательный стенд для определения несущей способности представляет из себя бетонный блок высотой и шириной - 0,2 м, длиной - 0,6 м. Прочность на одноосное сжатие бетонного блока составляет 55 Мпа, что идентично прочности на одноосное сжатие горной породы - песчаника.

Для проведения стендовых исследований и эксперимента использовались анкерные стержни из арматурной стали класса А - II периодического профиля длиной 0,7 м и диаметром - 0,022 м с прочностью на разрыв 143 кН. На одном конце анкерного стержня была нарезана резьба на М22 длиной 0,1 м, другой конец анкерного стержня, для лучшего перемешивания, был срезан под углом 45° (рисунок 7а).

Для закрепления стержней анкерной крепи в шпуре были применены ампулы на основе быстротвердеющих химических смесей: ампулы КАКС-П, ампулы АМК - М производства ТОО СП «Минова-Казахстан» на ненасыщенных полиэфирных смолах и ампулы АЦД на цементной основе производства ТОО «ИПКОН» (рисунок 7 б). Анкера устанавливались в шпур электрическим перфоратором [1,9].



а



б

Рис. 7 - Анкерный стержень (а) ($l = 0,4$ м) и ампулы с быстротвердеющими смесями (б): 1 - КАКС-П; 2 - АМК - М; 3 - АЦД ($l = 0,3$ м); 4 - АЦД ($l = 0,4$ м)

На рисунке 8 представлен испытательный стенд с закрепленным анкерным стержнем ампулами АМК - М (а) и АЦД (б).

Выдергивание анкерных стержней осуществлялось гидравлическим прибором ПКА с пределом нагру-

жения 11 т, согласно методике испытаний. Все результаты проведенных испытаний приведены в таблице 1.



Рис. 8 - Определение несущей способности на испытательном стенде ампул АМК-М (а) и АЦД (б)

Таблица 1 - Прочность закрепления анкера в шпуре быстротвердеющими смесями (при $t = 20^{\circ}\text{C}$)

Ампула	Диаметры, м		Длина, м		Время, ч	Длина ампулы, м	Прочность закрепления, т
	шпура	анкера	заделки	шпура			
КАКС-II	0,03	0,022	0,3	0,55	0,16	0,3	0
					0,5		4
					24		2
	0,035	0,022	0,3	0,55	0,16	0,3	0
					0,5		1
					24		1
АМК – М	0,03	0,022	0,35	0,55	0,16	0,35	>11
					0,5		>11
					24		>11
	0,035	0,022	0,35	0,55	0,16	0,35	>11
					0,5		>11
					24		>11
АЦД	0,03	0,022	0,3	0,55	0,16	0,3	7
					0,5		100
					24		>11
	0,035	0,022	0,3	0,55	0,16	0,3	2
					0,5		4
					24		7

Прочность закрепления анкера ампулами АМК - М значительно выше, что видно из результатов, представленных в таблице. Для того, чтобы анкерная крепь имела несущую способность на уровне разрывного усилия анкерного стержня достаточно установки двух ампул при разности диаметров анкерного стержня и шпура 0,008 м, а при разности 0,013 м нужно устанавливать не менее четырех ампул [10].

Выводы. Экспериментальными данными установлена и подтверждена целесообразность закрепле-

ния вмещающего угле-породного массива скрепляющими химическими составами, когда степень раскрытия трещины незначительна и составляет не более 0,001 - 0,002 м. При росте величины раскрытия трещины от 1 до 5 мм значительно, более чем в шесть раз, снижается прочность адгезии смолы к породам. В зависимости от типа полимерного состава адгезия закрепляющего химического состава к песчанику составляет 0,03 - 0,15 МПа и растет от гладкого стержня к нарезному и максимальна - для анкерного стержня с переменным профилем.

Литература

1. Демин В.Ф., Судариков А.Е., Демин В.В., Баймульдин М.М. Исследование технологических параметров применения сталеполимерных анкеров. //Труды университета, № 1.- 2010. - стр. 61-66.
2. Демин В.Ф., Шонтаев Д.С., Шонтаев А.Д., и др. Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива. -Уголь, № 5 - 2020. - стр. 61- 65.
3. Демин В.Ф. Немова Н.А. Исследование закономерностей напряженно-деформированного состояния углепородных массивов в нарушенных зонах // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Новосибирск, ИГД им. И.А. Чинакала СО РАН. - 2019. - № 1.- Том 6.- стр. 94-98. ISSN 2313-5794.
4. Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В., Жумабекова А.Е. Определение параметров поддержания выработок в зависимости от влияющих горнотехнологических факторов // Труды университета КарГТУ. - 2019. - № 3 (77). - стр. 50 - 54.
5. Исабек Т.К., Демин В.Ф., Абрахман Е.А. Разработка технологии крепления горных выработок с учетом деформированного состояния массива пород // Германия: LAP Lambert Academic Publishing (группа издательств VDM Publishing, Саарбрюккен).- 2020.-128с. ISBN: 978-620-2-67972-5.
6. Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Демина Т.В., Журов В.В. Исследование влияния тектонических нарушений залегания угольного пласта на параметры крепления горных выработок с анкерной крепью // Научный вестник НГУ. - 2019.- № 5, Q2, процентиль 51. - стр. 16 - 21.
7. Технология проведения выработок с управлением техногенным состоянием горного массива / В.Ф. Демин, Т.К. Исабек, Ж.А. Манасов, А.С., Бахтыбаева, Т.В. Демина. - Караганда.- 2013. - 272 с.
8. Демин В.Ф., Портнов В.С., Демина Т.В., Жумабекова А.Е. Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением // ООО «Редакция журнала «Уголь» (РФ), № 7, М.- 2019.-стр. 72-77.
9. Демин В.Ф., Стефлюк Ю.М., Мусин Р.А., Халикова Э.Р. Исследование параметров применения анкерной крепи. Самара: Научный аспект.- Том 7, № 4, Технические науки.- 2018. - стр. 836-841.
10. V.F. Diomin, E.R. Khalikova, T.V. Diomina, V.V. Zhurov Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. - Dnepropetrovsk: Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.- 2019. - № 5 - pp. 16-21.

References

1. Demin V.F., Sudarikov A.E., Demin V.V., Bajmul'din M.M. Issledovanie tehnologicheskikh parametrov primeneniya stalepolimernykh ankerov. //Trudy universiteta, № 1.- 2010. - str. 61-66.
2. Demin V.F., Shontaev D.S., Shontaev A.D., i dr. Naprjzhenno-deformirovannoe sostojanie prikонтурного ugleporodnogo massiva. -Ugol', № 5 - 2020. - str. 61- 65.
3. Demin V.F. Nemova N.A. Issledovanie zakonomernostej naprjzhenno-deformirovannogo sostojaniya ugleporodnykh massivov v narushennykh zonah // Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyh nauk. Novosibirsk, IGD im. I.A. Chinakala SO RAN. - 2019. - № 1.- Том 6.- стр. 94-98. ISSN 2313-5794.

-
4. Demin V.F., Musin R.A., Demina T.V., Zhumabekova A.E. Opredelenie parametrov podderzhaniya vyrabotok v zavisimosti ot vliyaniya gornotekhnologicheskikh faktorov // Trudy universiteta KarGTU. - 2019. - № 3 (77). - str. 50 - 54.
5. Isabek T.K., Demin V.F., Abraham E.A. Razrabotka tehnologii krepleniya gornyh vyrabotok s uchetom deformirovannogo sostojaniya massiva porod // Germaniya: LAP Lambert Academic Publishing (gruppa izdatel'stv VDM Publishing, Saarbrücken).- 2020.-128s. ISBN: 978-620-2-67972-5.
6. Demin V.F., Halikova Je.R., Demina T.V., Zhurov V.V. Issledovanie vliyaniya tektonicheskikh narushenij zaleganiya ugol'nogo plasta na parametry krepleniya gornyh vyrabotok s ankernoj krep'ju // Nauchnyj vestnik NGU. - 2019.- № 5, Q2, procentil' 51. - str. 16 - 21.
7. Tehnologiya provedeniya vyrabotok s upravleniem tehnogennym sostojaniem gornogo massiva / V.F. Demin, T.K. Isabek, Zh.A. Manasov, A.S., Bahtybaeva, T.V. Demina. - Karaganda.- 2013. - 272 s.
8. Demin V.F., Portnov V.S., Demina T.V., Zhumabekova A.E. Issledovanie deformirovannogo sostojaniya prikonturnogo ugleporodnogo massiva vokrug gornoj vyrabotki s ankernym krepleniem // OOO «Redakcija zhurnala «Ugol'» (RF), № 7, M.- 2019.-str. 72-77.
9. Demin V.F., Stefljuk Ju.M., Musin R.A., Halikova Je.R. Issledovanie parametrov primeneniya ankernoj krep'i. Samara: Nauchnyj aspekt.- Tom 7, № 4, Tehnicheskie nauki.- 2018. - str. 836-841.
10. V.F. Diomin, E.R. Khalikova, T.V. Diomina, V.V. Zhurov Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. - Dnepropetrovsk: Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2019. - № 5 - pp. 16-21.

Сведения об авторах

Демин В.Ф. - доктор технических наук, профессор, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail:vladfdemin@mail.ru;

Ахматнуров Д. Р. - доктор PhD, руководитель лаборатории, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail:d_akhmatnurov@mail.ru;

Сыздыкбаева Д.С. - докторант, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: ds_syzdykbaeva@gmail.com

Замалиев Н.М. - доктор PhD, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail:nailzamaliev@mail.ru.

Information about the authors

Demin V. F. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail:vladfdemin@mail.ru;

Akhmatnurov D.R. - PhD, Head of the Laboratory, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: d_akhmatnurov@mail.ru;

Syzdykbaeva D.S. - Doctoral student, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: ds_syzdykbaeva@gmail.com

Zamaliev N.M. - PhD, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail:nailzamaliev@mail.ru.