

CONTROL OF THE MUD PULSE METHOD THE LOOSENING OF COAL LAYERS BY AMPLITUDE-FREQUENCY RECOMMENDATION OF ACOUSTIC SIGNAL BY THE APSS-1 SYSTEM

¹Zberovskyi V.V.

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine

КОНТРОЛЬ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО РОЗПУШУВАННЯ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ЗА АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ СИСТЕМОЮ АПСС-1

¹Зберовський В.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

КОНТРОЛЬ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО РЫХЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПО АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА СИСТЕМОЙ АПСС-1

¹Зберовский В.В.

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

Abstract. The results of hydroimpulse loosening method parameters studies of outburst coal seams in the faces of the preparatory workings by the APSS-1 system are given in the article. The results of monitoring and evaluating the effectiveness of hydraulic loosening in the static and pulsed fluid injection mode, the main provisions of the developed methods and additions to the methods of acoustic control for the purpose of their use in hydroimpulse exposure are presented.

The use of the APSS-1 system to control the parameters of the hydro-pulse impact required additional studies. This determined the purpose and objectives of the work. The control of the discharge zone, the liquid injection pressure, the period of the active hydraulic loosening process and the emission factor allowed the adjustment of the acoustic control parameters. The acoustic signal parameters are used to study the stress-strain state of rocks in the formation roof.

Evaluation of the method's effectiveness is carried out by comparing the results of static and pulsed modes of fluid injection.

It is established that the use of pulsed fluid injection leads to a decrease in the active stage of the hydraulic loosening process and an increase in its efficiency. The influence of hydroimpulse exposure is recorded at a distance of more than 20 m, which indicates a uniform (without delay) development of deformations in the rocks of the formation roof. This leads to a reduction in front of the bottom of the mine by at least 25% of the array tension and an increase to 74% of the low-frequency component of the dynamic load.

The use of hydroimpulse hydraulic loosening of outburst coal seams can significantly reduce the active stage of the hydraulic loosening process and increase the safe zone of excavation to the depth of well drilling. In order to maintain the maximum pace of workings out, measures must be carried out continuously every 6-7 meters by a combine with coal.

Keywords: outburst coal seam, hydroimpulse impact, preparatory development, work safety.

Introduction. The safety of mining operations in seams of endangered and dangerous on sudden emissions of coal and gas is regulated by "Rules ..." [1]. Forecast of gas-dynamic events (GDE) and evaluation of the effectiveness of prevention techniques held at the opening of the strata at the preparatory workings and mining. Therefore, the development of a new method of pulse cultivation of coal seams in the faces of development workings was carried out with the use of prediction and control of life threatening situations: initial speed of gas emission, the

amplitude-frequency characteristics of the acoustic signal system APSS-1, acoustic emission massif apparatus ZUA-98 [2-9].

The monitoring and evaluation of the effectiveness of pulse cultivation by the results of the control system APSS-1 was performed in the SP "Mines "Sukhodol-East" in terms of the reservoir i_3^1 horizon of 915 meters. A complex of measures to prevent life threatening situations, it was envisaged that the forecast "is dangerous" performed activities to pulse loosening a coal seam with the subsequent control of the effectiveness of using the apparatus of APSS-1 [10-13]. If the control and evaluation of the effectiveness of pulse loosening a coal seam in the mode of pulse discharge of the liquid by an initial speed of gas emission has not caused difficulties, the use of the system APSS-1 and equipment ZUA-98 required additional research and adjustment of parameters of acoustic control. This defined the purpose and objectives of the research.

In this work the results of research of hydraulic impulse loosening a coal seam i_3^1 horizon of 915 meters in the conditions of mines "Sukhodol-East" PJSC "Krasnodonugol" in the amplitude-frequency characteristics of the acoustic signal system APSS-1.

The main content of the work. In mining-experimental work examined the parameters of gas-dynamic condition of coal seams, the parameters of static and pulsed modes of the discharge liquid. For comparison the results of the performed assessment of the effectiveness of the method. Основное содержание работы.

For the discharge of fluid used serial pump installation 2UGNM, UNI-01 and the UNR. The hydro-pulse impact device [2] used a cavitation generator ГК-2,5. The depth of drilling production wells l_s ranged from 6.0 to 8.0 meters, filtration of the well $l_f = 2.0$ m, the depth of the sealing water seal "Taurus" $l_s \geq 4,0$ m

Technological wells, test holes, and seismograph were located in the face of development in accordance with the technological scheme of pulse loosening a coal seam and methods for control of acoustic parameters [1].

Evaluation of the effectiveness of activities carried out by matching the parameters of the normative way of pulse loosening a coal seam in the static mode of injection fluid and the method of pulse cultivation. During the work carried out 35 cycles of static discharge fluid and 30 cycles of hydroimpulsive impact. The total length of the workings was about 1.2 km away.

Pulse loosening a coal seam under static liquid injection stop at the command of the system operator APSS-1 "the active process completed" if the fall discharge pressure of not less than 30 % of the set. The results of the control pulse loosening a coal seam recorded in the log event and stored in the computer database of the operator of the APSS-1.

As an example, table 1 shows the thinned data results of research on the state of the array when of pulse loosening a coal i_3^1 in the bottom 25 of the ventilation drift.

The use of software complex "Prognoz 4,0" allowed to maintain control of the zone of discharge, record the discharge pressure of the liquid, the period of active process pulse loosening a coal seam and the ratio of outburst hazard.

Table 1 – The results of studies of pulse loosening a coal i_3^1 seam reservoir in the bottom 25 of the ventilation roadway system APSS-1 with the software package "Prognoz 4.0"

Mode discharge, mark	№ well	K_v outburst hazard	Discharge zone, M	F_p (resonance frequency)	F_p secondary	The exposure time, (minutes)	
						active process	just
pulse PK21+7,5	1	0,69	4,3	60; 120; 160	113,3	16	16
	2	0,67	6,0	60; 120; 160	113,3	0,0	
pulse PK22+9,5	1	0,49	6,0	80;120; 140	113,3	3	23
	2	1,89	6,0	60;360; 480	300	20	
pulse PK23+4,0	1	0,79	6,0	60; 140; 200	133,3	19	21,5
	2	2,06	3,0	20; 160; 180	120	2,5	
static PK24+5,0	1	7,65	0,0	240; 280; 560	360	14,3	56,3
	2	6,49	2,8	240; 280; 320	280	42	
static PK25+0,5	1	1,31	1,3	140; 260; 280	226,6	20	36
	2	3,93	0,0	180; 280; 360	273,3	16	

On the computer monitor of the operator in real-time display low-frequency component and the resonance frequency of the acoustic signal, evaluation of the effectiveness of pulse loosening a coal seam and safe recess depth. To control the pulse cultivation was adjust the low-frequency component and the resonance frequency. An example of the results of research and mapping the frequency components shown in Fig. 1 and 2 [8].

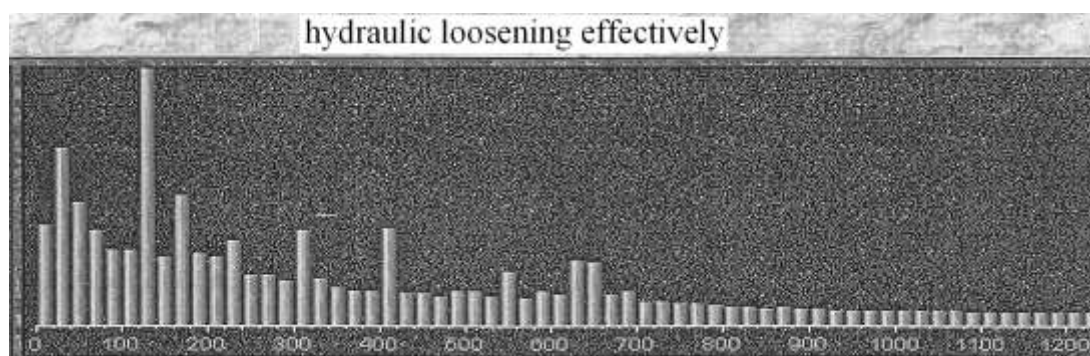


Figure 1 - The distribution of resonance frequencies in static mode, the liquid injection

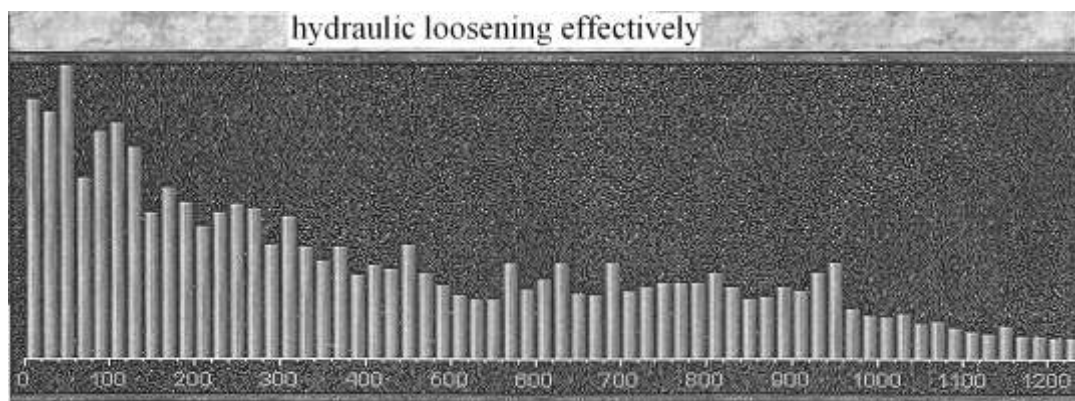


Figure 2 - The distribution of resonance frequencies with pulse effects

The maximum and final pressure of the pressurization fluid in the borehole was determined by the manometer of the device [2]. From the bottom output information is transmitted to the operator of the APSS-1 and recorded in the computer database. Comparison of the results of control of static and pulsed modes of the discharge has allowed to establish that pulse cultivation leads to a reduction in the cost of preventive measures. The flow rate and time of discharge is reduced by more than 50%, and the active stage of the process of pulse loosening a coal seam. The discharge zone increases from 3.5 to 6 meters.

Simultaneously with monitoring the effectiveness of pulse loosening a coal seam system APSS-1 was conducted acoustic studies of stress-strain state of rocks in the roof of the reservoir. It is established that the influence of the process of pulse exposure is fixed up to 22.5 m (Fig. 3). It shows the development of deformation in the rocks of the seam roof at a distance of over 10 meters and uniform (without delay) their development [8].

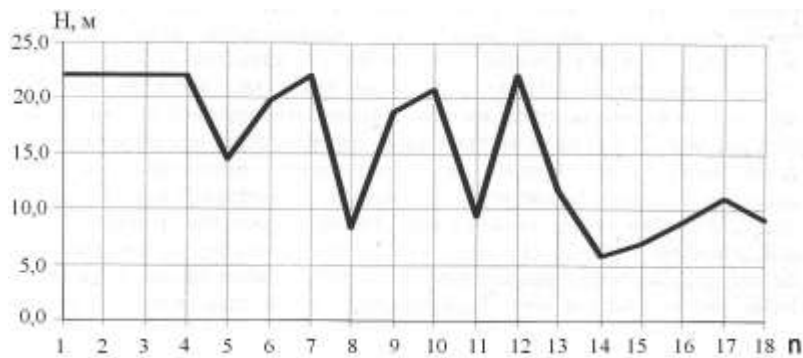
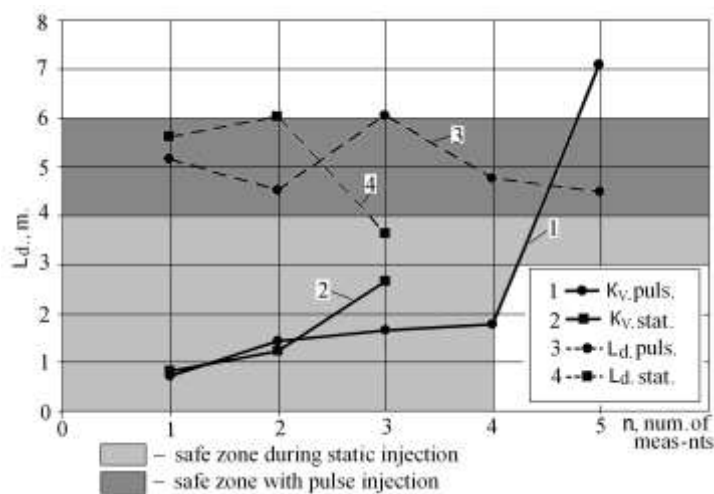


Figure 3 - The distribution of weak contacts in the roof rocks

The definition of weak contacts, which are formed in the array enclosing rocks when pulse loosening a coal seam, allowed in real time to process the acoustic signal and determine the ratio of outburst hazard, the unloading area and the effectiveness of hydroimpulsive (Fig. 4).



K_v – outburst hazard; L_d – discharge zone

Figure 4 - An example of mapping the results of the determination zone discharge system APSS-1 under static and pulsed modes of the discharge

By results of researches it was found that the pulse loosening in the process of deformation involved a much larger portion of rock masses. This reduces ahead of the bottom output is not less than 25% of the tension of the array (K_V) and increased to 74 % of the value of the low-frequency component. Collectively, the use of hydro pulse action leads to increased efficiency pulse loosening a coal seam, increase safe digging coal from 4 feet to the depth of drilling and allows you to increase the speed of production in 2-3 times.

However, it should be noted that in the process of conducting a mining pilot studies, there were cases when due to technological reasons pulse loosening a coal seam was carried out unevenly (7 to 15 m). In these areas, after 2-3 cycles (1,2..1,8 m) of continuous operation of the harvester, the coefficient of outburst hazard was increased. In these conditions, visual inspection of slaughter output in the process of discharge of the liquid, the surface layer is covered with scales of supermelodic separated from the coal in an atmosphere of development and can be seen in the beam of light. The feelings attached to the layer of the palms and their Association with the manifestation of the vibration on the stand, the frequency range is from 900 to 1500 Hz.

The results of these observations indicate that to maintain the maximum rate of excavations necessary to carry out events every 6-7 meters, which corresponds to the depth of drilling production wells.

Conclusions. Comparison of average parameter data static and pulsed modes of the discharge fluid, mounted on the control parameters the efficiency of getrowsdata system APSS-1 allowed us to draw the following conclusions.

1. Adjust the low-frequency component and the resonance frequency of the acoustic signal allowed to consider the frequency component of dynamic load pulse discharge. It is possible to use the instrument of APSS-1 for control and assessment of efficiency of pulse loosening a coal seam, dangerous on sudden emissions of coal and gas.

2. Found that if you pulse the loosening of coal layers in the process of deformation involves strata of rocks, with a capacity of up to 22.5 m. This leads to a reduction of at least 25 % of the tension of the array (K_V), uniform (without delay) the development of deformations in the roof of a coal seam at a distance of over 10 m.

3. The use of hydro pulse coal seams allows in times to reduce the active stage of the process of hydrocyclone and increase the safe zone of excavation to the depth of drilling. To maintain the maximum rate of the workings of events should be held regularly at intervals of 6-7 metres.

The author Express gratitude to the scientific employees of Makeyevka research Institute for their assistance in conducting studies of hydro-pulse impact in conditions of mines of PJSC "Krasnodonugol."

REFERENCES

1. Mining rule in seams prone to gas-dynamic phenomena. (2005) [Standard Coal Ministry of Ukraine COY 10.1.001740088], Coal Ministry of Ukraine, 225 p.

2. Patent 87038 Ukraina, MPK E21F5/02. Prystrii dlia hidroimpulsnoho vplyvu na vuhilnyi plast / L.M. Vasylyev, Yu.O. Zhulai, V.V. Zberovskiy, P.Iu. Moiseienko, M.Ia. Trokhymets. A 200710209; zaiavleno 13.09.2007; opubl. 10.06.2009. Biul. №11. 4 s.
3. Zberovskiy, V.V. (2008). Povysheniye urovnya okhrany truda i bezopasnosti gornykh robot gidroimpulsnym vozdeystviyem na ugolnyye plasty. *Geotekhnicheskaya mekhanika*, (74), 112-117.
4. Zberovskiy, V.V. and Kostandov, Yu.A. (2011). Predelnoe sostoyanie vybrosoopasnykh uholnykh plastom pri ikh hidrorykhlennii s uchedom soprotivlyаемosti uhlya sdvihu. *Zbirnyk naukovykh prats NGU*, (36 (2)), 36-43.
5. Zhulay Y., Zberovskiy V., Angelovskiy A., & Chugunkov I. (2012.) Hydrodynamic cavitation in energy-saving technological processes of mining sector. *Geomechanical processes during underground mining*. – Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema, 51-56.
6. Patent na korysnu model 73023 Ukraina, MPK E21B 43/26. Sposib hidroimpulsnoho rozpushuvannya vuhilnykh plastiv / V.V. Zberovskiy, Yu.O. Zhulai, D.L. Vasylyev, A.V. Nikiforov, H.I. Kolchyn, O.A. Anhelovskiy, I.F. Chuhunkov, O.M. Niskevych. №73023; zaiavleno 16.02.2012; opubl. 10.09.12. Biul. no 17. 6 p.
7. Vasylyev, L.M. and Zberovskiy, V.V. (2013). Gidroimpulsnoe ryhlenie ugolnykh plastov pri provedenii podgotovitelnykh vyrabotok, [Hydropulsive loosening of coal layers in the preparatory developments workings], *Coal of Ukraine*, no. 2, pp. 44-47.
8. Zberovskiy, V.V. (2017) Otsenka effektivnosti gidroimpulsnoho vozdeystviya na ugolnyy plast metodami akusticheskogo kontrolya. *Geotekhnicheskaya mekhanika*, (132), 74-84.
9. Zberovskiy, V., Bubnova, O. and Babii, K. Specifics of hydro-loosening of coal seams with account of rocks displacement parameters // E3S WebConferences, Ukrainian School of Mining Engineering, vol. 60 (00025), 2018, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000025>
10. Zhulay, Yu.A., Vasylyev, L.M., Zberovskiy, V.V., Moisenko, P.Yu., & Trokhymets N.Ya. (2007) Intensifikatsiya gazovydeleniya iz ugolnogo massiva nagnetaniyem v nego zhidkosti s primeneniyem generatora kavitatsii. *Gornyy informatsionno-analiticheskyy byulleten*, (13), 251-259.
11. Zberovskiy, V.V. (2007) Rezultaty issledovaniy sredstv impulsnogo nagnetaniya zhidkosti pri gidrorykhlennii ugolnykh plastov v zaboyakh podgotovitelnykh vyrabotok. *Geotekhnicheskaya mekhanika*, (132), 109-118.
12. Angelovskiy, A.A., Chugunkov, I.F., Zberovskiy, V.V., & Narivskiy R.N. (2008) Issledovaniye parametrov vysokonapornogo nagnetaniya zhidkosti v vybroso-opasnyye ugolnyye plasty pri provedenii podgotovitelnykh vyrabotok. *Geotekhnicheskaya mekhanika*, (77), 82-91.
13. Zberovskiy, V.V., Pazynych, A.V., Poljakov, Yu.E., Potapenko, A.A., & Angelovskiy A.A. (2010). Ocenka effektivnosti gidroimpulsnogo vozdeystviya po gazovomu faktoru v zaboyah podgotovitel'nykh vyrabotok. *Geotekhnicheskaya mekhanika*, (89), 126-133.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям / Стандарт Минуглепрома Украины СОУ 10.1.001740088-2005. Киев: Минуглепром Украины, 2005. 225 с.
2. Патент 87038 Україна, МПК E21F5/02. Пристрій для гідроімпульсного впливу на вугільний пласт / Л.М. Васильєв, Ю.О. Жулай, В.В. Зберовський, П.Ю. Моїсеєнко, М.Я. Трохимец. А 200710209; заявлено 13.09.2007; опубл. 10.06.2009. Бюл. №11. 4 с.
3. Зберовский В.В. Повышение уровня охраны труда и безопасности горных работ гидроимпульсным воздействием на угольные пласты / Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр.; ИГТМ НАНУ. Днепропетровск: ИГТМ, 2008. № 74. С.112-11.
4. Зберовский, В.В., Костандов Ю.А. Предельное состояние выбросоопасных угольных пластов при их гидрорыхлении с учетом сопротивляемости угля сдвигу / Збірник наукових праць НГУ. Д.: НГУ, 2011. № 36, Том № 2. С. 36-43.
5. Zhulay Y. Hydrodynamic cavitation in energy-saving technological processes of mining sector / Y. Zhulay, V. Zberovskiy, A. Angelovskiy, I. Chugunkov // *Geomechanical processes during underground mining*. Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema, 2012. P. 51-56.
6. Патент 73023 Україна, МПК E21B 43/26. Спосіб гідроімпульсного розпушування вугільних пластів / В.В. Зберовський, Ю.О. Жулай, Д.Л. Васильєв, А.В. Нікіфоров, Г.І. Колчин, О.А. Ангеловський, І.Ф. Чугунков, О.М. Ніскевич. №73023; заявлено 16.02.2012; опубл. 10.09.12. - Бюл. №17. 6 с.
7. Васильев Л.М., Зберовский В.В. Гидроимпульсное рыхление угольных пластов при проведении подготовительных выработок / Л.М. Васильев, // *Уголь Украины*, №2. 2013. С. 44-47.
8. Зберовский В.В. Оценка эффективности гидроимпульсного воздействия на угольный пласт методами акустического контроля / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць; ИГТМ НАНУ. Днепр: ИГТМ, 2017. – № 132. С. 74-84.
9. Zberovskiy, V., Bubnova, O. and Babii, K. Specifics of hydro-loosening of coal seams with account of rocks displacement parameters // E3S WebConferences, Ukrainian School of Mining Engineering, vol. 60 (00025), 2018, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000025>
10. Жулай Ю.А., Васильев Л.М., Зберовский В.В., Моисенко П.Ю., Трохимец Н.Я. Интенсификация газовойделения из угольного массива нагнетанием в него жидкости с применением генератора кавитации / Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ, 2007. №13. С. 251-259.
11. Зберовский В.В. Результаты исследований средств импульсного нагнетания жидкости при гидрорыхлении угольных пластов в забоях подготовительных выработок / Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр.; ИГТМ НАНУ. Днепропетровск: ИГТМ, 2007. № 68. С.109-118.

12. Ангеловский А.А., Чугунков И.Ф., Зберовский В.В., Наривский Р.Н. Исследование параметров высоконапорного нагнетания жидкости в выбороопасные угольные пласты при проведении подготовительных выработок / Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр.; ИГТМ НАНУ. Днепропетровск: ИГТМ, 2008. № 77. С.82-91.

13. Зберовский В.В., Пазыныч А.В., Поляков Ю.Е., Потапенко А.А., Ангеловский А.А. Оценка эффективности гидроимпульсного воздействия по газовому фактору в забоях подготовительных выработок / Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр.; ИГТМ НАНУ. Днепропетровск: ИГТМ, 2010. № 89. С.126-133.

About the author

Zberovskiy Vasyi Vladislavovych, Doctor of technical Sciences (D. Sc.), Senior Researcher in Department of Rock Breaking Problems, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, avalansh@ua.fm

Про автора

Зберовський Василь Владиславович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, avalansh@ua.fm

Анотація. У статті викладені результати досліджень параметрів способу гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів у вибоях підготовчих виробок системою АПСС-1. Приведені результати контролю і оцінки ефективності гідророзпушування в статичному і імпульсному режимі нагнітання рідини, основні положення розроблених методик і доповнень до методів акустичного контролю з метою їх використання при гідроімпульсній дії.

Використовування системи АПСС-1 для контролю параметрів гідроімпульсної дії потребувало додаткові дослідження. Це визначило мету і задачі роботи.

Контроль зони розвантаження, тиск нагнітання рідини, період активного процесу гідророзпушування і коефіцієнт викидонебезпечності дозволив виконати коректування параметрів акустичного контролю. За параметрами акустичного сигналу були проведені дослідження напружено-деформованого стану порід в покрівлі пласта.

Оцінка ефективності способу виконана шляхом зіставлення результатів статичного і імпульсного режимів нагнітання рідини.

Встановлено, що використання імпульсного нагнітання рідини призводить до зниження активної стадії процесу гідророзпушування і підвищення його ефективності. Вплив гідроімпульсної дії фіксується на віддаленні більше ніж 20 м, що свідчить про рівномірний (без затримок) розвиток деформацій в породах покрівлі пласта. Це призводить до зниження попереду вибою виробки не менше ніж на 25 % напруженості масиву і збільшенню до 74 % величини низькочастотної складової динамічного навантаження.

Використання гідроімпульсного розпушування викидонебезпечних вугільних пластів дозволяє знизити в рази активну стадію процесу гідророзпушування і збільшити безпечну зону виїмки до глибини буріння свердловини. Для підтримки максимальних темпів проведення виробок заходи необхідно проводити постійно через кожні 6-7 метрів виїмки вугілля комбайном.

Ключові слова: викидонебезпечний вугільний пласт, гідроімпульсна дія, підготовча виробка, безпека праці.

Аннотация. В статье изложены результаты исследований параметров способа гидроимпульсного рыхления выбороопасных угольных пластов в забоях подготовительных выработок системой АПСС-1. Приведены результаты контроля и оценки эффективности гидрорыхления в статическом и импульсном режиме нагнетания жидкости, основные положения разработанных методик и дополнений к методам акустического контроля с целью их использования при гидроимпульсном воздействии.

Использование системы АПСС-1 для контроля параметров гидроимпульсного воздействия потребовало дополнительных исследований. Это определило цель и задачи работы.

Контроль зоны разгрузки, давления нагнетания жидкости, периода активного процесса гидрорыхления и коэффициент выбороопасности позволил выполнить корректировку параметров акустического контроля. По параметрам акустического сигнала были проведены исследования напряженно-деформированного состояния пород в кровле пласта.

Оценка эффективности способа выполнена путем сопоставления результатов статического и импульсного режимов нагнетания жидкости.

Установлено, что применение импульсного нагнетания жидкости приводит к снижению активной стадии процесса гидрорыхления и повышению его эффективности. Влияние гидроимпульсного воздействия фиксируется на удалении более 20 м, что свидетельствует о равномерном (без задержек) развитии деформаций

в породах кровли пласта. Это приводит к снижению впереди забоя выработки не менее чем на 25 % напряженности массива и увеличению до 74 % величины низкочастотной составляющей динамической нагрузки.

Применение гидроимпульсного гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов позволяет в разы снизить активную стадию процесса гидрорыхления и увеличить безопасную зону выемки до глубины бурения скважины. Для поддержания максимальных темпов проведения выработок мероприятия необходимо проводить постоянно через каждые 6-7 метров выемки угля комбайном.

Ключевые слова: выбросоопасный угольный пласт, гидроимпульсное воздействие, подготовительная выработка, безопасность работ.

Стаття надійшла до редакції 21.08.2019

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.А. Курносовим