

Drive unit	Electrohydraulic/ pneumohydraulic	water /pneumo	pneumo	disel- hydraulic	pneumo	hydro/ pneumo	pneumo
Dimensions, LxWxH, mm	1100x1000x 1200	800x700 x600	500x990x 850	4500x1900x 2300	900x510x 560	n/d	700x420 x 290
Mass, kg	from 300,0	up to 40,0	from 37,0	3400,0	48,0	n/d	14,0

**Conclusions and directions for further research:** An effective technology as well as native and portable self-propelled mixing-charge equipment for charging drillholes with emulsion explosive brand of mark Ukrainit are developed.

Further studies involve the development of technology and native equipment for charging drill-holes with emulsion explosive Ukrainit in underground conditions.

#### *Список литературы*

1. **Guang, Wang Xu** Emulsion explosives / **Wang Xu Guang**. – Beijing: Metallurgical Industry Press, 1994. – 388 p.
  2. **Колганов, Е. В.** Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. В 2 кн. Кн. 1. Составы и свойства. / **Е. В. Колганов, В. А. Соснин**. — Дзержинск.: ГосНИИ «Кристалл», 2009. — 592 с.
  3. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України / під ред. **В. П. Купріна, І. Л. Коваленка**. — Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. — 243 с.
  4. Взаимодействие эмульсионных взрывчатых веществ и их компонентов с сульфидными минералами/ **И. Л. Коваленко, В. П. Куприн** //Взрывное дело. – 2010. – Вып. №103/60. – С. 154-170. – ISSN 0372-7009.
  5. Ингибирование взаимодействия пирита с аммиачноселитренными ВВ/ **И. Л. Коваленко, В. П. Куприн** // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2013.– Вип. 1 (11).– С.84-91. – ISSN 2074-1537.
  6. Пат. 19784 Україна МПК7 F04B 13/00. Пристрій для дозованої подачі одного компоненту в потік іншого / **Крисін Р. С., Колесасв М. Б., Купрін О. В., Небогін В. З., Савченко М. В.** (Україна). - № u200610277; заявл. 26.09.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12.
  7. Физика взрыва: в 2 т. [под ред. **Л. П. Орленко**].-Т.1 - М.: Физматлит, 2002. — 832 с.
  8. Пат. 82960 Україна МПК C01B 15/00, C06B 31/00. Газогенеруюча добавка до емульсійних вибухових речовин/ **Коваленко І. Л., Купрін В. П.** (Україна). – № u201301321; заявл. 04.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. №16.
  9. Влияние хлоридов феррума (III) и купрума (II) на термическое разложение энергонасыщенных систем на основе аммиачной селитры/ **И. Л. Коваленко** // Праці Одеського політехнічного університету.— 2013.— Вип. 3(42).— С. 233—237. – ISSN 2076-2429.
  10. Пат. 62192 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00. Зарядник емульсійних вибухових речовин ЗЕП-15/ **Зубко, А. М., Карапа, І. А., Колесасв М. Б., Небогін В. З.** (Україна). - № u201105501; заявл. 29.04.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15.
  11. Пат. 67340 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00, F04B 9/00. Пневмонасос-зарядник емульсійних вибухових речовин ЗЕП-10/ **Колесасв М.Б., Небогін В.З., Онопріснко Є.П., Савченко М.В.** (Україна). - № u201111226; заявл. 21.09.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.
  12. Пат. 82519 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00. Зарядник емульсійних вибухових речовин самохідний ЗЕВС-1/ **Небогін В. З., Онопріснко Є. П., Шкарін В. В.** (Україна). - № u201111226; заявл. 21.09.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.
- A manuscript entered release 18.04.16

УДК 622.831

А.В. СОЛОДЯНКИН, д-р техн. наук, С.В. МАШУРКА, инженер  
ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск

## **ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Показано, что с увеличением глубины разработки и отработкой запасов в сложных горно-геологических условиях, существенно ухудшилась геомеханическая ситуация при ведении горных работ. В статье делается анализ подходов к оценке устойчивости протяженных горных выработок и общих затрат при их строительстве и эксплуатации. Учитывая стохастическую природу выработки, как сложного подземного объекта, рассматривается вероятностная модель выработки. Для оценки состояния конкретного сечения выработки предлагается использование коэффициента устойчивости. В качестве параметра для оценки состояния протяженного участка выработки рассматривается показатель устойчивости. На основе обобщения данных об объемах ремонтных работ по выработкам шахт объединения «Добропольуголь», показана возможность определения показателя устойчивости ремонтируемой выработки на каждом этапе ее эксплуатации. Вводится понятие интенсивности ремонтных работ в выработке. Получены зависи-

мости интенсивности ремонтных работ, и изменения показателя устойчивости от времени эксплуатации выработки. Получено выражение для определения показателя устойчивости выработки от времени, а также его связь со смещениями породного контура. Дальнейшие исследования в этом направлении будут направлены на обоснование таких параметров систем крепления, которые позволят максимально уменьшить объемы требуемых ремонтных работ, в том числе и за счет снижения кратности ремонтов.

**Ключевые слова:** подготовительная выработка, ремонт, показатель устойчивости, смещения породного контура

**Введение.** Постоянное увеличение глубины разработки месторождений полезных ископаемых, отработка запасов в сложных горно-геологических условиях, повышение техногенной нарушенности массива горных пород, существенно ухудшили геомеханическую ситуацию при ведении горных работ. Проявления горного давления в подземных выработках становятся все более тяжелыми и интенсивными. По этим причинам при сооружении и поддержании протяженных выработок очень большой объем ремонтных работ.

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** В настоящее время протяженность перекрепляемых выработок достигает 50 % по отношению к пройденным, а отремонтированных - в 1,7 раза превышает протяженность пройденных. При этом более 40 % протяженных выработок ремонтируется еще до сдачи в эксплуатацию, 52 % действующих выработок деформировано. Ухудшение состояния выработок из-за процесса пучения составляет 45 % от общего объема деформированных [1].

В Донбассе ежегодно ремонтируется свыше 30 % выработок от их общей протяженности. Расходы на ремонт и поддержание выработок на шахтах Украины составляют около 15% суммарных затрат на добычу угля, при этом задействовано до 15 % штата подземных рабочих [2]. Очевидно, что вопросам проектирования безремонтного поддержания выработок или минимизации их объемов уделяется повышенное внимание, особенно в сложных горно-геологических условиях.

Эксплуатационные затраты за весь период функционирования протяженной выработки составляют значительную часть суммарных финансовых расходов предприятия. Так, например, этот показатель для всех шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» составляет по разным оценкам 500-600 млн грн. в год. Снижение этих затрат существенно повысит конкурентоспособность товарного угля, добываемого на шахтах Украины.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросы проектирования крепи с минимальными затратами на поддержание занимали важное место среди актуальных научно-технических задач и часто были предметом серьезных исследований и обсуждений [3-8 и др.]. Ряд аспектов при проектировании подземных сооружений рассматривался К.А. Ардашевым [3]. По его мнению, необходимо изменение организации проектных работ путем перехода к двухстадийному проектированию, включающему обязательное уточнение проектных решений при строительстве, что обеспечит надежное рабочее состояние выработок с минимальными затратами на их проведение и крепление в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах.

Вопрос правильной оценки стоимости строительства выработок неоднократно поднимался К.В. Кошелевым, Ю.А. Петренко [4] и др. В частности, ошибочно, по их мнению считается проектирование и строительство выработок с учетом только начальных затрат, когда последующие затраты на ее поддержание обычно не учитываются. Правильно говорить о снижении затрат на последующее поддержание выработки в эксплуатационном состоянии в течение всего периода ее использования или о достижении их наименьших величин.

В [6] решена задача оптимального проектирования протяженных выработок с учетом затрат при сооружении выработки и ее последующем поддержании.

Суть решения заключается в определении таких параметров крепления выработки для конкретных горно-геологических условий при которых соотношение затрат капитальных - на сооружение выработки и эксплуатационных - на последующий ее ремонт в запланированных объемах, является оптимальным.

В настоящее время, в связи с ростом глубин разработки месторождений и существенном ухудшении геомеханических условий часто возникает необходимость проведения многократных ремонтов для обеспечения устойчивости выработок главных направлений.

Как указывается в [4], в условиях глубоких шахт Донбасса при столбовой системе разработки пластов, кратность ремонта в подготовительных выработках составляет 3 и более, а в других не менее 2.

Примером такой практики может служить случай, приведенный в [9] (рис. 1).

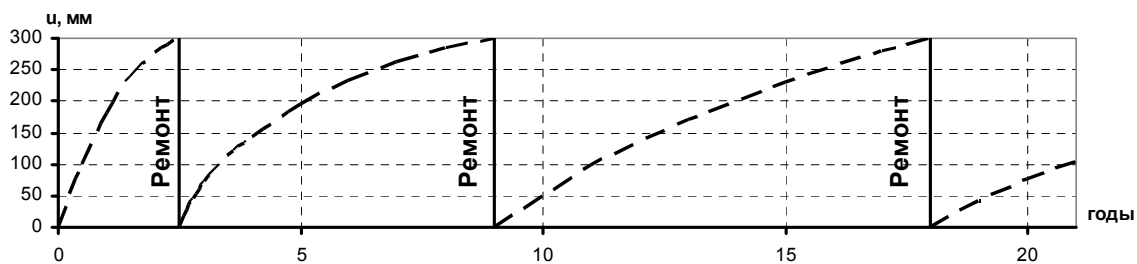


Рис. 1. Смещения контура выработки с металлобетонной крепью на шахте им. Артема (гор. 860 м) ПО «Дзержинскуголь» через 20 лет после сдачи в эксплуатацию [9]

**Постановка задачи.** С учетом сказанного, одной из задач данного направления исследований является оценка состояния протяженной выработки на текущий момент времени ее эксплуатации с учетом объемов ремонтных работ и деформаций приконтурного массива пород.

**Изложение материалов и результатов.** При оценке состояния выработки и необходимости выполнения ремонтных работ необходимо учитывать следующие условия:

затраты, связанные с содержанием подземных выработок, состоят из двух частей: капитальных и эксплуатационных, которые формируются в течение, соответственно, времени строительства и эксплуатации рассматриваемых объектов;

состояние выработок на различных участках зависит от множества случайных факторов из совокупности горно-геологических условий и конструкции крепи;

процесс поддержания выработок в рабочем состоянии носит ярко выраженный временной характер с разными объемами ремонтных работ по длине выработки.

В качестве исходной может быть использована стохастическая модель выработки, описанная в [10]. Основным параметром, определяющим состояние выработки в произвольном сечении, полагается отношение несущей способности крепи к действующей нагрузке - коэффициент устойчивости  $K_y$ . В любой момент времени в выработке по длине можно выделить участки двух типов.

К первому типу относятся такие, в пределах которых  $K_y > 1$ . Здесь устойчивость выработки на данный момент считается обеспеченной. Второй тип - участки, на которых действующая нагрузка превышает предельно допустимую величину ( $K_y < 1$ ). Устойчивость выработки здесь не обеспечивается, в пределах участка имеет место разрушение крепи или пучение почвы. Распределение коэффициента  $K_y$  по длине выработки носит случайный характер (рис. 2).

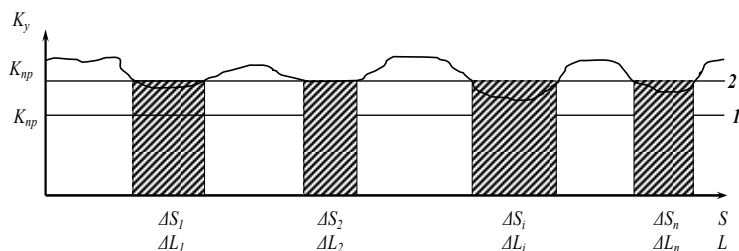


Рис. 2. Стохастическая модель протяженной горной выработки

Заштрихованные участки соответствуют значениям  $K_y < 1$ , они требуют выполнения ремонтных работ. Отношение суммарной длины не требующих ремонта участков  $\bar{S}$  к полной длине выработки  $S$  -

параметр, характеризующий в интегральном смысле состояние выработки в целом

$$\omega = \bar{S} / S \quad (1)$$

называемый показателем устойчивости. Величина  $\omega$  изменяется в пределах от 0 до 1. Выработка полностью устойчива при  $\omega = 1$  или полностью разрушена при  $\omega = 0$ .

Интересующие данные о состоянии выработки для оптимизационной модели можно получить путем отслеживания динамики процесса разрушения-восстановления выработки в течение всего периода эксплуатации. С этой целью были обобщены данные об объемах ремонтных работ в 58-ми выработках шахт «Алмазная» и «Белозерская» ГХК «Добропольеуголь», взятые из месячных актов маркшейдерских замеров.

Интенсивность ремонта выработки за промежуток времени  $\Delta t_i$  равна

$$r(\Delta t_i) = \frac{S_{рем}(\Delta t_i)}{S}, \quad (2)$$

где  $S_{рем}(\Delta t_i)$  - длина отремонтированного за промежуток времени  $\Delta t_i$  (месяц, квартал, год и т.п.)

участка выработки.

Средняя интенсивность ремонта выработки за весь период эксплуатации  $T$  равна

$$r = \frac{1}{TS} \sum_{i=1}^n S_{\text{рем}}(\Delta t_i), \quad (3)$$

$$r = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n r(\Delta t_i), \quad (4)$$

где  $n=T/\Delta t$ .

На рис. 3 и 4 представлены характерные графики интенсивности ремонта выработок.

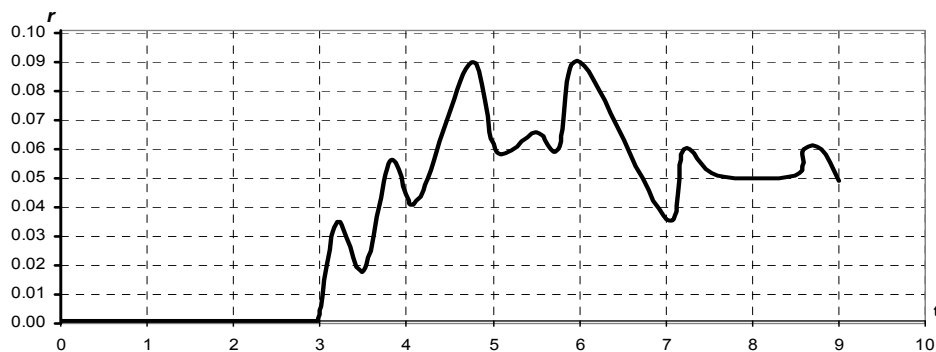


Рис. 3. График интенсивности ремонта 3-го южного вентиляционного штрека шахты «Белозерская»

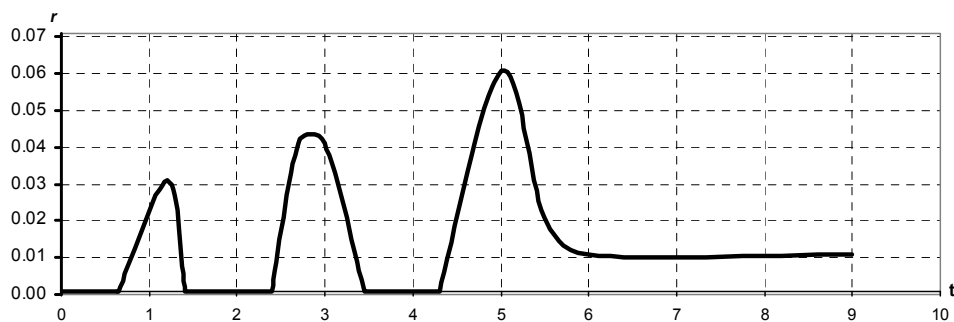


Рис. 4. График интенсивности ремонта коренного откаточного штрека шахты «Алмазная»

Как указывалось выше, устойчивость выработки в конкретный момент времени определяется показателем устойчивости по (1). Величину переменной  $\bar{S}$  можно определить визуальным обследованием состояния крепи по всей выработке. Но если в промежутке времени  $T$  проводились ремонтно-восстановительные работы на участке длиной  $S_{\text{рем}}(T)$ , то наблюдаемая в момент времени  $T$  длина ненарушенных участков выработки равна

$$\bar{S}_{\text{набл}} = \bar{S} + S_{\text{рем}}(T), \quad (5)$$

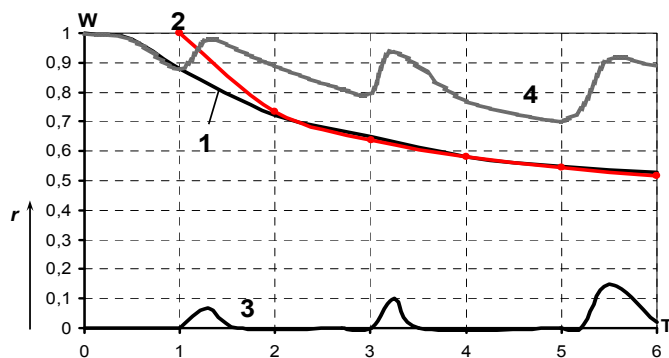
и предполагается, что на перекрепляемых участках вторичный ремонт не проводился. Тогда показатель устойчивости ремонтируемой выработки в момент времени  $T$  будет равен

$$\omega = \frac{\bar{S}_{\text{набл}}}{S} - \frac{\bar{S}_{\text{рем}}}{S} = \omega_{\text{набл}} - \sum_{i=1}^n r(\Delta t_i). \quad (6)$$

Кроме того, определив в результате визуального обследования выработки показатель  $\omega_{\text{набл}}$ , и имея данные по ежемесячным объемам ремонтных работ за время ее эксплуатации, отраженные в актах маркшейдерских замеров, можно по (6) восстановить динамику изменения показателя устойчивости  $\omega$  за весь период эксплуатации (рис. 5).

Как видно из графика, постепенное накопление нарушенных участков выработки (уменьшение  $\omega$ ) вызывает необходимость проведения ремонтных работ определенной интенсивности  $r$  (рис. 5, поз. 3), в результате чего изменение величины  $\omega_{\text{набл}}$  приобретает периодический характер (рис. 5, поз. 4).

Без проведения ремонтных работ показатель устойчивости выработки  $\omega$  со временем постоянно снижался бы до какой-то минимальной величины, которая бы не позволила эксплуатировать выработку (рис. 5, поз. 1).



**Рис. 5.** Динамика изменения показателя устойчивости выработки: 1 - зависимость, полученная по результатам обработки объемов ремонтно-восстановительных работ; 2 - зависимость показателя устойчивости, как функция смещений контура выработки от времени эксплуатации, после стабилизации геомеханических процессов; 3 - график интенсивности проведения ремонтных работ; 4 -  $\omega_{набл}$  выработки в момент времени  $T$

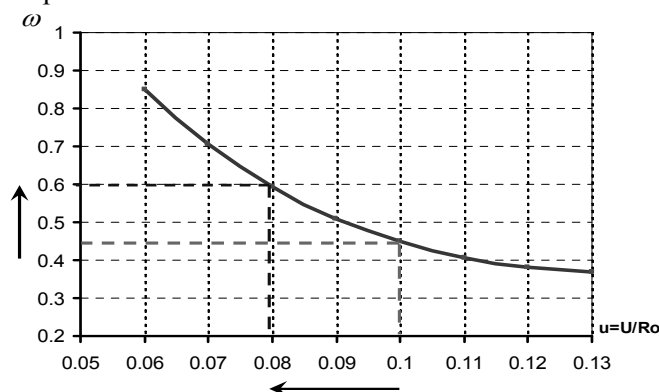
них факторов на деформационные процессы в массиве пород и, соответственно, реакцию крепи, служат смещения контура выработки. Известно, что кинетика смещений породного контура после проведения выработки может быть разделена на два периода. Первый период характеризуется активным процессом трещинообразования и формированием вокруг выработки зоны неупругих деформаций (ЗНД). К концу этого периода интенсивность смещений породного контура снижается, происходит относительная стабилизация деформационных процессов. Идеальным случаем является стабилизация геомеханических процессов при достигнутых размерах ЗНД и смещениях контура выработки. Полной стабилизации деформационных процессов, как правило, не происходит, о чем свидетельствуют незатухающие, длительные деформации окружающего породного массива. Очевидно, что смещения контура выработки в этот период будут определять эксплуатационное состояние крепи, выработки в целом, а также объемы требуемых ремонтно-профилактических работ.

Допустим, что к концу первого периода, после стабилизации деформационных процессов и установления равновесия системы «массив-крепь», рассматриваемый участок выработки обладает полной устойчивостью ( $\omega=1$ ). По мере эксплуатации выработки, продолжающиеся деформации массива пород будут увеличивать нагрузку на крепь. В силу того, что коэффициент устойчивости вдоль выработки  $K_y$  носит случайный характер, в определенных сечениях выработки его величина будет снижаться и приводить к деформированию элементов крепи ( $K_y < 1$ ). Таким образом, смещения контура выработки  $u$ , подчиняющиеся установленному закону изменения во времени, будут приводить к соответствующему снижению устойчивости выработки  $\omega(T)=f(u(T))$ . Приняв за  $\omega=1$  момент стабилизации деформационных процессов, запишем

$$\omega(t) = 1 / \left( \frac{u(t)}{u_c} \right), \quad (7)$$

где  $u(t)$  - смещения контура выработки после точки стабилизации, рассчитываемые по известным методикам;  $u_c$  - смещения контура выработки в точке стабилизации геомеханических процессов.

Динамика изменения показателя устойчивости выработки  $\omega$ , рассчитанная по ф. (7) показана на рис. 6.



**Рис. 6.** Зависимость показателя устойчивости, как функция смещений контура выработки, после стабилизации геомеханических процессов

Зависимости, полученные по результатам обработки объемов ремонтных работ (см. рис. 5) и по величине смещений контура выработки после стабилизации геомеханических процессов (см. рис. 6) достаточно близки. При этом показатели, характеризующие объемы ремонтно-восстановительных работ являются следствием смещений породного контура – причины, вызывающей снижение устойчивости выработки. В этом смысле эти показатели связаны между собой.

**Выводы и результаты дальнейших исследований.** Полученные результаты позволяют проводить прогноз степени устойчивости выработки и, соответственно, на стадии проектирования планировать объемы ремонтных работ. Поскольку смещения контура выработки в про-

цессе ее эксплуатации определяются типом крепи и способами, предупреждающими деформации приконтурного массива, дальнейшие исследования в этом направлении будут направлены на обоснование таких параметров систем крепления, которые позволят максимально уменьшить объемы требуемых ремонтных работ, в том числе и за счет снижения кратности ремонтов.

#### Список литературы

1. Кошелев К.В., Игнатович Н.В., Полтавец В.И. Поддержание сопряжений горных выработок. – К.: Техника, 1991. – 176 с.
2. Мизин В.А., Сытник А.В., Нагорный А.В. Творческое сотрудничество института, завода и шахты – залог успеха // Уголь Украины. – 2003. – № 8. – С. 43-44.
3. Ардашев К.А. Анализ применения нормативных документов по проектированию крепей капитальных выработок // Шахтное и строительство. – 1982. – № 4. – С. 14-17.
4. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. – М.: Недра. 1990. – 218 с.
5. Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. М.: Недра, 1985. – 216 с.
6. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.15.04.– Днепропетровск, 1988.– 507 с.
7. Друцко В.П., Шаповал Ю.С., Гнездилов В.Г. Технология проведения горных выработок с поэтапным возведением крепи // Технология и проектирование подземного строительства: Вестник. – Харьков: РИП «Оригинал», 2000. – С. 25-30.
8. Смирнов А.В., Григорьев А.Е. Экономическая оценка применения систем комбинированной крепи капитальных выработок угольных шахт // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2015. – № 21 (218). – Вып. 33. – С. 132-136.
9. Современные проблемы проведения и поддержания горных выработок на глубоких шахтах / Монография под ред. С.В. Янко. – Донецк: ДУНВГО, 2003. – 256 с.
10. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики. – К.: Универс. вид-во «Пульсари», 2002. – 304 с.

Рукопись подана в редакцию 26.04.16.

УДК 622.831

А.В. СОЛОДЯНКИН, д-р техн. наук, И.В. ДУДКА, аспирант,  
Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ОП «ШАХТА «ПАРТИЗАНСКАЯ» ГП «АНТРАЦИТ»

В статье приведены результаты шахтных исследований деформационных процессов в выемочных выработках ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит». Выполнен анализ производственной деятельности шахты «Партизанская» и состояния выработок, испытывающих влияние очистных работ. Рассмотрены перспективы развития шахты с применением бесцеликовых способов охраны выработок и переходом на комбинированные рамно-анкерные крепи. Комплекс исследований включал визуальное обследование состояния выработок и инструментальные измерения деформаций металлической рамной крепи. В качестве объектов исследований выбраны подготовительные выработки, испытывающие влияние очистных работ и предназначенные для повторного использования при отработке второй лавы. Выявлены характерные виды деформаций крепи и объемы ремонтных работ. Установлены основные факторы, которые определяют степень сложности эксплуатации выработок. Предложено новое устройство для измерения параметров поперечного сечения выработки, которое снижает трудоемкость выполнения замеров и повышает точность результатов. Для разных этапов эксплуатации выработки получены зависимости изменения ее сечения от расстояния до лавы. Отмечены особенности деформирования поперечного сечения выработки. Намечены пути снижения деформаций крепи и повышения устойчивости подготовительных выработок для их повторного использования при отработке лав.

**Ключевые слова:** подготовительная выработка, шахтные исследования, деформация крепи, лава.

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Государственное предприятие «Антрацит» сформировано и ведет добычу антрацита с 1981 г. Промышленные запасы угля на 01.2012 - 95,6 млн т, проектная мощность - 2500 млн т/год, производственная - 1670 млн т/год.

ГП «Антрацит» расположено на территории Антрацитовского района Луганской области. В состав государственного предприятия входит 9 обособленных подразделений, в том числе две действующие шахты - «Комсомольская» и «Партизанская».