

Список литературы

1. Алабужев П. М., Геронимус В. Б. Теории подобия и размерностей. М.: Высш. школа, 1968.-208с.
2. Шубин А.А. Ликвидация подземных пустот в условиях активизации техногенных процессов. Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. Регион», 2005.- 116 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Роєнком А.М.
Надійшла до редакції 26.03.10*

УДК 622.235

© Н.Р. Шевцов, С.А. Калякин

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Приведены результаты исследований направленных на развитие концепции безопасности производства взрывчатых работ в угольных шахтах, опасных по газу и взрывам угольной пыли.

Наведено результати досліджень спрямованих на розвиток концепції безпеки виробництва вибухових робіт у вугільних шахтах, небезпечних по газу і вибухів вугільного пилу.

The results of studies aimed at developing the concept of safety in production blasting in coal mines, dangerous on gas and coal dust explosion.

Взрывные работы являются самым эффективным способом разрушения горных пород в угольных шахтах. Добыча угля в условиях шахт Донбасса сопряжена с опасностью ведения горных работ, которая обусловлена большой глубиной разработки пластов, газоносностью горного массива и наличием выбросов угля, породы и газа в выработки. Это указывает на потенциальную, а в ряде случаев, реальную опасность взрывов метановоздушной смеси (МВС) или пылевоздушной смеси (ПВС) в угольных шахтах при взрывных работах. Поэтому повышение безопасности взрывных работ в угольных шахтах имеет важное научное и практическое значение.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что безопасность взрывных работ базируется на соблюдении требований пылегазового режима при проведении взрывных работ, применении предохранительных взрывчатых веществ (ПВВ) и средств взрывания, внутренней забойки шпуров, электрического способа короткозамедленного взрывания с параметрами, исключающими возникновение опасных ситуаций в забое выработки, безопасных приборов электровзрывания, средств взрывозащиты в горных выработках. Положения этих требований формируют современную концепцию безопасности взрывных работ в шахтах опасных по газу и взрывам угольной пыли, и сводятся к обязательному выполнению взрывопредупреждения при взрыве зарядов ПВВ и взрывозащите в случае возникновения воспламенения взрывоопасной среды [1, 2]. Многолетний опыт ведения взрывных работ в опасных условиях угольных шахт показал, что данная концепция не всегда обеспечивает требуемую безопасность работ. Поэтому при взрывных работах имеют место случаи вспышек и

взрывов метана в горных выработках, что негативно сказывается на эффективности применения данного способа разрушения горных пород в шахтах, опасных по газу и пыли.

Целью статьи является критический анализ существующей концепции безопасности производства взрывных работ и обоснование ее развития на основе безопасности применения шпуровых зарядов ПВВ, обеспечивающих предотвращение взрывов горючих газов и создание предохранительной среды в забое при взрывных работах.

При взрывном разрушении угольного массива каждый цикл работ потенциально связан с вероятностью образования в трещинах горного массива и забое выработки взрывоопасных концентраций МВС. Необходимо также отметить, что взрывоопасная МВС может быть в забое и до момента проведения взрывных работ в результате нарушения его вентиляции и образования в куполах выработки слоевых скоплений метана, обусловленных наличием трещин в горных породах. Все это требует при взрывных работах выполнение ряда мероприятий по взрывопреупреждению и взрывозащите в горных выработках угольных шахт опасных по газу и взрывам угольной пыли. Эти требования сформулированы в «Единых правилах безопасности при взрывных работах» [1]. Согласно ЕПБ при ВР в угольных шахтах опасных по газу и пыли, разрешается применение предохранительных ВВ III-VII классов и электродетонаторов короткозамедленного действия.

Рассмотрение причин аварий, а также взрывов и вспышек взрывоопасной среды в горных выработках угольных шахт СССР и Украины за последние 20 лет позволило дать оценку опасности применения ПВВ при взрывных работах. Большинство вспышек и взрывов метановоздушных и метанопылевоздушных смесей, как показал анализ, произошло в подготовительных выработках, проводимых по углю или с подрывкой боковых пород. При этом призабойное пространство ряда выработок уже было загазировано еще до начала взрывных работ или МВС находилась в «куполах», трещинах массива и в виде слоевых скоплений метана. Основными источниками воспламенения взрывоопасной среды являлись детонирующие заряды (15 случаев – 54%) и выгорающие заряды (13 случаев – 46%). Было установлено, что взрывов пылевоздушной смеси без участия МВС при взрывных работах не было. Воспламенение МВС происходило, как правило, при взрывных работах по нарушенному массиву, при взрывании открытых (накладных) зарядов ВВ в выработанном пространстве и в забоях с двумя открытыми поверхностями. Воспламенение метана от выгорающих зарядов ПВВ чаще имело место при взрывании по углю в забоях выработок с одной поверхностью обнажения. Таким образом, показано, что перед производством взрывных работ невозможно сделать надежную оценку состояния горного массива по газовому фактору. Это приводит к ненадлежащему проектированию взрывных работ, то есть к неправильному выбору ПВВ, не объективной организации проведения и не эффективной технологии взрывания.

Подавляющее число аварий, связанных с воспламенением МВС, произошло при применении ПВВ: IV класса – 67,9% (9 воспламенений выгорающим зарядом и 10 детонирующим), V класса – 14,3% (4 воспламенения детонирующим

зарядом), VI класса – 17,8% (4 воспламенения выгорающим зарядом, 1 – открытым детонирующим зарядом при уничтожении ВВ в выработанном пространстве). Большое число воспламенений взрывоопасной среды от ПВВ происходит по двум причинам. Первая – ПВВ IV класса имеют не достаточно высокую устойчивость шпуровых зарядов против выгорания и низкий уровень предохранительных свойств по газу метану, т.е. неприемлемую антигризутность. Вторая – необоснованное расширение области применения ПВВ IV класса в разрез § 223 «ЕПБ при ВР» при переходе на режим сотрясательного взрывания, ошибочно считая, что он становится более безопасным в результате выполнения дополнительных мероприятий по охране труда шахтеров и создания взрывозащиты в горных выработках. Неблагоприятная обстановка сложилась также и при сотрясательном взрывании на пластах, опасных и угрожаемых по внезапным выбросам угля, породы, газа. Из указанных пластов происходит повышенное выделение метана и других еще более опасных по взрывчатости горючих газов водорода и ацетилена, однако действующими нормативными документами предусмотрено применение при сотрясательном взрывании ВВ II-IV классов [3]. Применение этих мало предохранительных ВВ с низкой антигризутностью их зарядов значительно повышает риск и вероятность воспламенения взрывоопасной среды и, следовательно, аварийность, которая имеет место при сотрясательном взрывании. В случае возможного воспламенения МВС предусмотрено создание в забое предохранительной среды для предотвращения взрыва метана. Однако предохранительная среда создается до взрывания зарядов ПВВ в шпурах и может обеспечивать взрывозащиту только в выработке, ее влияние на процессы горения и взрыва метана в трещинах и законтурном пространстве выработки практически исключено. Кроме того важную роль играет профессионализм шахтеров при выполнении работ по обеспечению взрывозащиты выработок при взрывных работах и строгое выполнение правил безопасности.

В результате детального анализа состояния техники безопасности при взрывных работах в опасных условиях сотрясательного взрывания установлено, что существующая концепция обеспечения безопасности взрывных работ не надежная. При ее реализации не могут быть выполнены требования к взрывопредупреждению и взрывозащите в горных выработках при проведении взрывных работ. Основными причинами неудовлетворительного состояния техники безопасности при взрывных работах являются:

- низкая устойчивость против выгорания шпуровых зарядов ПВВ IV-VI классов и недостаточный уровень их предохранительных свойств по газу (антигризутность), в результате чего не удастся обеспечить предупреждение взрыва МВС;

- низкая эффективность взрывозащиты при взрывных работах в горных выработках, которая зависит от профессионализма и уровня исполнительского мастерства человека («человеческий фактор») при забойке шпуров, установке водораспылительных завес и средств создания предохранительной среды.

Поэтому получается, что наиболее ненадежным звеном существующей концепции, обеспечения безопасности взрывных работ являются применение предохранительные ВВ и их шпуровых зарядов. Важную роль играет «челове-

ческий фактор», поскольку всякие нарушения технологии ведения взрывных работ и взрывозащиты в забое горной выработки позволяют зарядам ПВВ проявлять свои негативные свойства во взрывоопасной среде образовывать при детонации ВВ агрессивные источники по отношению к МВС, вызывающие ее воспламенение. Из этого следует, что если бы удалось создать или модернизировать предохранительные ВВ настолько, что детонирующие заряды не воспламеняли бы взрывоопасную среду, а их шпуровые заряды не давали бы выгораний, то есть были бы устойчивыми против выгорания, то тогда безопасность взрывных работ в опасных условиях шахт достигалась автоматически. В этом случае решение проблемы безопасности взрывных работ достигалось самыми применяемыми предохранительными ВВ. Необходимо также учитывать, что при взрыве зарядов ПВВ создается газодисперсная среда, содержащая соли-ингибиторы окисления метана кислородом воздуха, входящие в состав этих ВВ, которая способна в забое горной выработки создать предохранительную среду на время короткозамедленного взрывания зарядов. Это приводит к автоматическому созданию взрывозащиты в забое и тем самым полностью реализуется концепция безопасности взрывных работ, исключая влияние на качество взрывозащиты «человеческого фактора». Таким образом, получается, что развитие и совершенствование современной концепции безопасности взрывных работ базируется на двух основных положениях:

1) предупреждение взрывов МВС и ПВС от детонирующих и выгорающих зарядов ВВ должно быть основано на применении высокопредохранительных ВВ, устойчивых против выгорания;

2) предохранительная среда в выработках должна создаваться непрерывной газодисперсной смесью из продуктов взрыва и соли-ингибитора, входящей в состав ПВВ, которая смешивается с взрывоопасной средой в забое, переводя ее в невзрывчатое состояние при короткозамедленном взрывании зарядов.

Решение этих вопросов, связано с модернизацией зарядов высокопредохранительных ВВ, самих ПВВ, для которых необходимо выработать критерии антигризутности, т.е. критерий безопасности в отношении взрывоопасной среды и с их помощью делать отбор ПВВ, удовлетворяющих требованиям концепции безопасности взрывных работ.

Исследованиями установлено [4], что все ВВ имеет предельный заряд – M_{np} (заряд не воспламеняющий взрывоопасную среду), масса которого зависит от взрывотехнических характеристик ВВ (x_i) и концентрационных пределов горючих газов во взрывоопасной среде (c_i):

$$M_{np} = F(x_i; c_i) \quad (1)$$

При взрывных работах в шпурах взрывают заряды ПВВ, масса которых – $m_{ВВ}$, определяется работоспособностью ВВ – (ΔV), горно-геологическими условиями залегания, крепостью массива – (f) и должна быть достаточна для его разрушения и достижения цели взрывных работ:

$$m_{ВВ} = F(\Delta V_i; f_i) \quad (2)$$

Критическим условием антигрозутности заряда ПВВ при взрывных работах является отношение функций (1) и (2), при котором должно выполняться следующее требование к массам зарядов:

$$A(m_{BB}) = \frac{m_{BB} F(\Delta V_i; f_i)}{M_{np} F(x_i; c_i)} < 1, \quad (3)$$

где: $A(m_{BB})$ - критерий антигрозутности ВВ.

С учетом многообразия опасных ситуаций, возникающих при взрывании зарядов ПВВ в забое, критерий антигрозутности в виде отношения (3) преобразуем в комплексный показатель антигрозутности:

$$\sum_{i=1}^{i=n} A_i(m_{BB}) = F[A_1(m_m), A_2(m_{y2}), A_3(\Pi_{BB})], \quad (4)$$

где $A_1(m_m)$ - антигрозутность ПВВ при взрывании заряда без внутренней забойки; $A_2(m_{y2})$ - антигрозутность ПВВ при взрывании обнаженного заряда с отражательной стенкой; $A_3(\Pi_{BB})$ - антигрозутность ПВВ при затухании его детонации в шпуровом заряде и выгорании ВВ.

Требования концепции безопасности взрывных работ будут выполняться, если комплексный показатель и показатели антигрозутности ПВВ будут меньше единицы:

$$\sum_{i=1}^{i=n} A_i(m_{BB}) < 1 \text{ при } \begin{cases} A_1(m_m) < 1 \\ A_2(m_{y2}) < 1 \\ A_3(\Pi_{BB}) < 1 \end{cases}. \quad (5)$$

Критическое условие, которое определяет момент создания при взрывных работах зарядом ПВВ предохранительной среды в забое, имеет вид:

$$\frac{2\varepsilon \cdot m_{BB} \cdot (n+1)}{S_{вч} \cdot C_n \cdot D \cdot \Delta t} \leq 1, \quad (6)$$

при соблюдении требований безопасности: $C_n \geq C_\phi$; $m_{BB} \leq M_{кр}$,

где: ε - относительное содержание ингибитора в продуктах взрыва ВВ, кг/кг; n - показатель политропы процесса детонации ВВ; $S_{вч}$ - сечение забоя, м²; D - скорость детонации заряда ВВ, м/с; Δt - интервал времени торможения и витания частиц соли-ингибитора в предохранительной среде, с; C_n - концентрация соли-ингибитора в предохранительной среде; C_ϕ - концентрация соли-ингибитора флегматизирующая МВС.

Критерии антигрозутности (3) и (5) позволяют выбирать ПВВ с необходимым уровнем предохранительных свойств, для обеспечения взрывопредупреждения при взрывных работах, а критерий взрывозащиты (6) дает возможность

проверять, соблюдается ли взрывозащита в забое выработки при короткозамедленном взрывании зарядов. Выполнение этих критических условий отвечает требованиям концепции безопасности производства взрывных работ в угольных шахтах. Достижение безопасности взрывных работ и выполнение требований предложенной концепции может быть достигнуто еще и специальными способами взрывания шпуровых зарядов. Исследована и предложена технология гидровзрывания шпуровых зарядов ВВ в горных породах. Согласно этой технологии заряд со всех сторон должен быть окружен водой или водным раствором соответствующей соли-ингибитора. При гидровзрывании заряда ВВ наряду с разрушением пород происходит импульсная закачка воды или водного раствора в пласт, его предварительное рыхление и дегазация. Одновременно в призабойной части выработки идет распыление воды и ингибитора, снижение образования угольной пыли и интенсивности ударных волн и создается предохранительная среда из тумана и пара с параметрами, обеспечивающими взрывозащиту в горной выработке.

Развитие концепции безопасности производства взрывных работ в угольных шахтах можно схематически представить в виде системы обеспечения взрывобезопасности разрушения газоносных горных массивов «человек – среда – техника». Схема данной системы показана на рис.1. Фундаментальное отличие предложенной концепции от существующей заключается в том, что развитие концепции осуществляется за счет реализации при взрывных работах безопасных средств их осуществления (ПВВ) – блок 4 и способов взрывания ВВ, предупреждающих взрыв горючих газов – блок 5. Реализация их при практическом производстве взрывных работ связана с применением высокопредохранительных ВВ, устойчивых против выгорания, специальных способов взрывания (гидровзрывание, обратное инициирование шпурового заряда) и конструкции зарядов (сплошные монозаряды) ПВВ. Это позволяет исключить опасное действие источников воспламенения на взрывоопасную среду при взрыве заряда ПВВ и обеспечить газодисперсную ингибиторную среду в забое и массиве при взрывных работах или гидровзрывании. Таким образом, получается, что взрывопредупреждение в забое при применении зарядов достигается автоматически с помощью самих ПВВ, а взрывозащита формируется во время взрывных работ непосредственно в разрушаемом горном массиве ингибиторами, входящими в состав ВВ. В этом случае влияние человеческого фактора и организации производства взрывных работ на их безопасность исключается.

Выводы. 1. Дано развитие концепции безопасности производства взрывных работ в угольных шахтах, путем обеспечения взрывопредупреждения МВС и ПВС и достижения взрывозащиты в забое и газоносном горном массиве применением высокопредохранительных ВВ и способа короткозамедленного взрывания их шпуровых зарядов.

2. Установлены критерии антигризутности зарядов ПВВ при взрывных работах и критические условия создания этими зарядами предохранительной среды в забое горной выработки при короткозамедленном взрывании за счет ингибирования взрывоопасной среды солями-ингибиторами, входящими в состав ВВ.

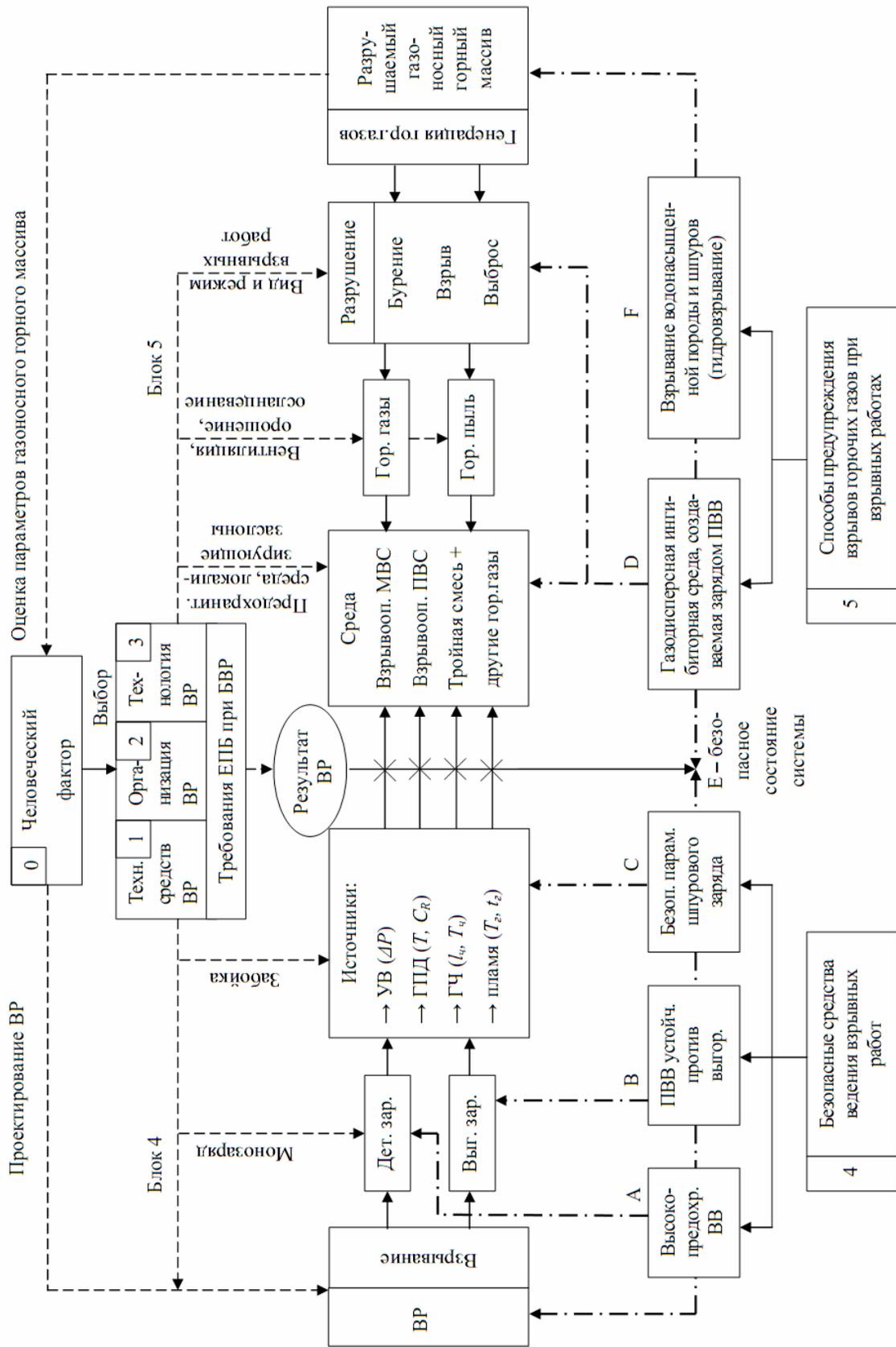


Рис. 1. Концепция безопасности производства взрывных работ в системе безопасности труда «человек – среда – техника»

3. Разработано высокопредохранительное ВВ – угленит 10П, установлены параметры шпурового заряда при взрывании которых автоматически создаются безопасные условия разрушения газоносного горного массива и предотвращается воспламенение горючих газов, выделяющихся из пород, что отвечает требованиям концепции безопасности производства взрывных работ в угольных шахтах.

Список литературы

1. Единые правила безопасности при взрывных работах. – Киев: Норматив, 1992. – 171 с.
2. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. – Ввод 01.01.78. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – С. 99-100.
3. Инструкция по применению сотрясательного взрывания в угольных шахтах Украины. – МакНИИ: Макеевка-Донбасс, 1994. – 46 с.
4. Александров В.Е. Безопасность взрывных работ в угольных шахтах/ Александров В.Е., Шевцов Н.Р., Вайнштейн Б.И. – М.: Недра, 1986. – 149 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Соболевим В.В.
Надійшла до редакції 24.03.10*

УДК 622.831.3: 622.28.043

© П.Н. Должиков, Н.Н. Палейчук, Ю.И. Кобзарь

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АРЧНЫХ РАМНЫХ КРЕПЕЙ В ЗОНАХ ИНТЕНСИВНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Виконано дослідження зміни показника стійкості на різних ділянках виробок в інтенсивно тріщинуватих зонах шахт ДП "Антрацит". Наведені особливості деформування аркових рамних кріплень, загальні рекомендації й напрямок подальших досліджень по підвищенню стійкості виробок в інтенсивно тріщинуватих зонах.

Выполнено исследование изменения показателя устойчивости на различных участках выработок в интенсивно трещиноватых зонах шахт ГП "Антрацит". Приведены особенности деформирования арочных рамных крепей, общие рекомендации и направление дальнейших исследований по повышению устойчивости выработок в интенсивно трещиноватых зонах.

Research of change of index of stability is executed on the different areas of workings in the intensively-crack areas of mines of State Enterprise "Antracit". Features over of deformation of arch frame shorings, general recommendations and direction of further researches, are brought on the increase of stability of workings in intensively-crack areas.

При подземной разработке угольных месторождений одним из основных составляющих, определяющих эффективность добычи угля, является состояние подготовительных выработок. В связи с увеличением глубины разработки, ухудшением горно-геологических, геомеханических и эксплуатационных факторов ежегодно возрастает количество ремонтов и перекреплений выработок. В настоящее время в условиях ГП «Антрацит» перекрепляется до 65% выработок. Из них до 70% перекрепляется повторно [1]. Сегодня на территории Донбасса затраты на ремонтно-восстановительные работы часто превосходят затраты на