

Д-р техн. наук, проф. Усаченко Б. М.,
канд. тех. наук Сергиенко В. Н.,
инж. Левит В. В.,
инж. Прохорец Л. В.
(ИГТМ НАН Украина)

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОМБИНИРОВАННЫХ ОХРАННЫХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Виконано аналіз структур комбінованих охоронних систем гірничих виробок із застосуванням різних видів кріплень та литих біляштрекових смуг із твердіючих матеріалів

THE STRUCTURAL ANALYSIS OF THE COMBINED SECURITY SYSTEMS OF ROCK EXCAVATIONS

The analysis of structures of the combined security systems of rock excavations with application of different kinds of fastenings and cast near-drift strips from hardening materials is executed

Практическая деятельность по добыче полезных ископаемых, строительству зданий, сооружений, развитию различных инженерно-технических сетей связана с проникновением в литосферу Земли и сопровождается формированием геотехнических (природно-технических) систем (ГТС) [1, 2].

К практически решенной задаче следует отнести разработку подходов по выявлению свойств, принципов выделения и классификации ГТС. Используя эвристическую классификацию систем и принципы выделения ГТС по функциональному назначению, а также учитывая собственный опыт, можно определить особенности свойств ГТС.

Доминирующими здесь являются такие показатели свойств ГТС [3]: природа, масштабность, сложность, развитие во времени, характер и наличие связей с внешней средой, наличие о ней информации, способ описания (моделирования). Системы ГТС при освоении недр по масштабности можно отнести к сублокальным, локальным, суперлокальным; сложным, динамическим, имеющим существенные вещественные связи с литосферой. Взаимодействие технологического объекта с геологической средой определяет число и характер классификационных критериев ГТС. Согласно [3] выделено шесть типов ГТС. Геотехнические системы, связанные с освоением недр, отнесены к первому классу. Принимая и развития указанный подход, можно выделить три типа критериев состояния ГТС: технологические, литолого-геомеханические (геологические) и взаимодействия, определяющие тесноту связи подземного объекта с природной средой.

Многообразие ГТС определяется большим разнообразием видов деятельности по освоению литосферы – это горные выработки, обеспечивающие доступ к залежам полезных ископаемых для их отработки (шахтные стволы, околоствольные дворы, капитальные и подготовительные выработки), объекты специального назначения (тоннели, водосборники, водопроводящие сооружения), заглубленные инженерные сети (коллектора,

резервуары различных жидкостей и т. п.).

Практика эксплуатации перечисленных геотехнических объектов свидетельствует, что усложнение инженерно-геологических условий, переход горных работ на большие глубины существенно повышают трудоемкость и затраты для обеспечения надежности и долговечности сооружений. Ранее разработанные способы и одноэлементные средства крепления исчерпали себя в техническом и экономическом плане. Таким образом, приобретает особую актуальность проблема охраны горных выработок в условиях больших глубин. Для ее решения необходимо провести исследования по изучению особенностей геомеханических процессов в породном массиве на стадии допредельного и запредельного деформирования и оценке возможности использования новых конструкционных материалов и технологий.

Решение этой проблемы возможно путем достижения комплексного общесистемного эффекта в использовании комбинированных охранных систем, вовлечения в работу породного массива, обеспечения демпфирования и поглощения больших деформаций пород, смещающихся в полость выработки, уменьшения величины и предотвращения асимметрии нагрузок на крепи.

Весомый вклад в разработку комбинированных охранных конструкций, в частности для крепления шахтных стволов, внес институт НИИОМШС [4 - 6]. Специалистами института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ) разработаны теоретические основы работы охранных систем с использованием анкеров, созданы и внедрены на производстве реальные конструкции таких систем [7 - 10]. За рубежом значительные результаты в этом направлении достигнуты в США, Великобритании, Франции и Канаде [11-13].

Одним из вариантов повышения устойчивости выработок является использование приконтурного массива с измененными свойствами как элемента охранной конструкции. В этом направлении активно ведутся работы в Национальном горном университете Украины (НГУ) [14 - 15].

Одним из эффективных направлений, дающим возможность обеспечить устойчивость выработок при использовании металлокреп, является тампонаж пустот за крепью твердеющими смесями, которые согласованы по своим характеристикам с окружающим породным массивом. Перспективы развития в этом направлении связаны с оптимизацией выбора смесей для выполнения тампонажных работ и организацией серийного производства оборудования современного технического уровня. Работы в указанном направлении ведутся в украинских институтах ДонУГИ, НИИОМШС, ИГТМ НАНУ, Днепрогипрошахт, а также в России (институт КузНИИшахтострой [16], ассоциация «Кузбассуглетехника» [17]).

Для создания элементов комбинированных охранных конструкций на смену бетону и железобетону приходят новые материалы. Перспективной категорией материалов являются стеклопластики, которые устойчивы к воздействию агрессивной шахтной среды, имеют незначительный вес и более технологичны при производстве элементов крепи. Разработки по использованию

нетрадиционных материалов ведутся в России в институте Горного дела им. А. А. Скочинского, а также на Украине в НИИОМШС. Представляет интерес использование сталефибробетонных композитов, апробированное при строительстве тоннелей большого сечения в странах Западной Европы и США.

На шахтах концерна Ruhrkohle AG (Германия) при поддержке исследовательского центра ДМТ осуществляется внедрение комбинированных охранных конструкций, включающих арочную крепь с волнистой сетчатой затяжкой и усиливающей арматурой.

Анализ отечественного и зарубежного опыта позволил определить направление работ по созданию охранных конструкций нового технического уровня (рис. 1).

Из анализа приведенной блок-матрицы вытекает два главных вывода: научный и технологический. Последний ориентирует на то, что поиск новых и совершенствование известных конструктивных и технологических решений по поддержанию горных выработок должен идти в направлении создания комбинированных способов. Комбинация – сочетание, взаимное расположение устройств и система приемов по их использованию для достижения требуемого результата. Термин «комбинированные способы» имеет многоплановую включенность понятийных компонент, которыми определяются конструкции крепи и характер их взаимодействия с массивом, а также комплексирование и последовательность осуществления управляющих воздействий (регулятивных, стабилизирующих) на систему «крепь выработки – породный массив». Ключевым здесь является необходимость того, чтобы разные средства и способы охраны выработок дополняли друг друга, то есть они должны быть комплементарны, а их взаимодействие должно привести к рациональному режиму работы системы.

Фундаментальным геомеханическим базисом в исследованиях и разработках должна быть оценка и учет нарушения симметрии (неравномерность и неуравновешенность) эпюр нагрузок и зон неупругих деформаций, то есть необходимо оценивать показатели их асимметрии.



Рис. 1- Схема строительства и эксплуатации горных выработок и подземных сооружений

Следовательно, симметрия и асимметрия должны выступать как методологические функции, а их величины будут составлять критериальную базу оценки проявления геомеханического состояния системы «крепь выработки - породный массив». При этом, показатели асимметрии являются исходной базой для выбора вида и последовательности осуществления управляющих воздействий в комбинированной системе для обеспечения симметричного ее нагружения и равнопрочного равновесия состояния.

Оценивая из указанных позиций научные подходы в совершенствовании способов и принципов повышения устойчивости горных выработок и подземных сооружений, их можно объединить в такие группы:

а) выбор рациональной формы и субоптимальных параметров крепи, соответствующих (комплементарных) геомеханическим (в большей степени деформационным) свойствам приконтурных пород и режиму их взаимодействия с охранными конструкциями;

б) выбор специальных (чаще податливых) регулятивных элементов, обеспечивающих эффективную реализацию конструктивных и технологических решений по защите крепи выработки в целом;

в) выбор способов и средств управления состоянием вмещающих выработку пород с целью повышения их приконтурной (поверхностной) и глубинной устойчивости;

г) защита выработок от влияния проходимых выработок и очистных работ;

д) комбинация выше перечисленных способов и принципов.

В практическом плане реализация указанных принципов в основном идет по таким направлениям: совершенствование конструкций крепей и повышение эффективности их работы; упрочнение приконтурных пород и тампонаж закрепного пространства, разгрузка окружающих выработку пород; выбор рациональных объемно-планировочных решений по заложению выработок и их конструктивным элементам.

При этом, необходимо указать на два практически важных вывода:

а) основные режимы взаимодействия крепи выработок с породами - заданной нагрузки, заданной деформации, взаимовлияющей деформации, комбинированный режим, а также последовательная смена одного режима другим определяют принципы управления проявлениями горного давления в выработках;

б) взаимосвязи между условиями поддержания выработки, режимом работы системы «крепь-массив» и формирующейся нагрузкой, определяют подходы в выборе субоптимальных характеристик сопротивления и податливости комбинированной охранной конструкции, а также принципов управляемого изменения напряженности и свойств приконтурных пород.

В контексте сказанного весьма важной является разработка научных принципов и технологических решений по повышению эксплуатируемой надежности комбинированных охранных конструкций стволов, горизонтальных капитальных и подготовительных выработок, сопряжений «штрек-лава» и подземных объемов различного назначения.

При этом вторая ключевая задача касается оценки взаимодействия комбинированных охранных систем с вмещающим породным массивом.

В связи с этим выделяются такие важные перспективные направления работы:

а) накопление новых знаний о функционировании комбинированных геотехнических систем и подземных объектов;

б) разработка количественной геомеханической теории безопасности эксплуатации комбинированных подземных систем, объектов и применяемых технических средств;

в) создание принципов подземного мониторинга для контроля ГТС.

Выполнение исследований в указанных направлениях невозможно без двух таких компонентов:

а) создания и унификации средств и методического обеспечения исследования ГТС, объектов, процессов;

б) разработки критериальной и нормативно-технической базы по показателям геомеханической безопасности их функционирования.

Поэтому в настоящей работе проведен структурный анализ комбинированных охранных систем горных выработок для обоснования технологических решений по повышению эксплуатационной их надежности.

Определяя комбинированную горно-технологическую систему охраны горных выработок как локальную геомеханическую систему выделим ее элементарные подсистемы. Понятие геотехнической системы трактуется как «взаимодействующие между собой часть земной коры (литосферы) и расположенные в ее недрах (или на поверхности) промышленные и иные комплексы, обеспечивающие решение задач жизнеобеспечения общества» [3]. Ее правомерно представить в виде блок-схемы, в которой предложена структура системообразующих компонент ГТС. На основе блок-схемы возможно объяснение и выделение обобщенных свойств системы, построение методологии исследования и определение целей управляющего воздействия на нее для обеспечения функционального назначения. Общая блок-схема структурного анализа комбинированных охранных систем представлена на рис. 2.

В комбинированной ГТС охраны выработок выделены три главные полиадаптационные подсистемы: литолого-геомеханическая, горно-технологическая и энергетическая.



Рис. 2 – Схема структурного анализа комбинированных охранных систем горных выработок

Очевидно, что геотехническая система всегда состоит из природной и технологической компонент, взаимодействие которых, во-первых, происходит в определенных границах формирующейся системы взаимосвязей технологии с частью литосферы, а во-вторых, - характер и интенсивность их взаимодействия определяется энергетикой и направленностью технологических воздействий, а также видом и уровнем ответных реакций литосферы на эти воздействия.

Из этих предпосылок вытекают три весьма важные для ее изучения и управления состоянием ГТС выводы:

а) необходимость изучения литолого-геомеханических характеристик геологической среды, как в первоначальном состоянии, так и в процессе взаимодействия компонент системы;

б) необходимость изучения развития граничных зон взаимодействия компонентов системы в условиях стремления ее к стабилизации, равновесного состояния или возможного нежелательного развития;

в) учитывая, что система представлена элементарными подсистемами, важно оценить их влияние на складывающееся взаимодействие между технологическим и литолого-геомеханическим компонентами в целях выбора и осуществления управляющих воздействий.

Для изучения сложной геотехнической системы с большим числом взаимодействующих переменных важно привлечь системный подход (анализ) [18 – 20]. Использование системного анализа как методического средства изучения сложных объектов и взаимодействий их элементов, применительно к нашей задаче трансформируется в определение свойств системы и поиск возможностей применения метода для выбора субоптимальных (оптимальных для конкретных условий) конструктивно-технологических решений повышения устойчивости комбинированной охранной системы.

В комбинированной ГТС охраны горных выработок выделен 1-й структурный уровень системы (подсистемы), включающий конструктивные ее особенности:

а) монолитные железобетонные и многослойные крепи стволов и капитальных горизонтальных выработок;

б) металло-анкерные крепи основных выработок с возможным применением тампонажа и набрызгбетона;

в) металло-анкерные крепи выемочных выработок с возможным применением литых полос и железобетонных блоков.

Второй структурный уровень комбинированной охранной ГТС характеризует режимы ее работы. Центральной проблемой здесь является изучение режима взаимодействия элементов охранной конструкции с вмещающими породами массива с установлением ее критериев устойчивости и адаптации к природной подсистеме. Конечным итогом такого изучения должно стать определение субоптимальных характеристик сопротивления (несущей способности) и податливости системы.

Третий структурный уровень комбинированной охранной системы определяет граничные условия. Ключевым здесь является оценка влияния

элементарных подсистем на взаимодействие литолого-геомеханической и горно-технологических систем. Дополнительными системами здесь могут быть гидрогеологическая и газодинамическая. При этом построение грависинергетической модели взаимодействия подсистем и установление механизма их разрушения должно базироваться на обязательном учете изменения граничных условий взаимодействия основных подсистем, эволюции их состояний. Совокупность этих результатов составит базу для обоснования охранной конструкции выработок и принципов управления горным давлением при различной самоорганизации породного массива.

Необходимость установления причинно-следственных связей между подсистемами и факторами третьего (структурного) уровня комбинированной ГТС вытекает из фундаментального результата, составляющего основу научного открытия № 318 «Закономерность самоорганизации грунтовых и породных массивов вокруг протяженных подземных выработок» (Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, В.В. Левит, Т.А. Паламарчук, В.Н. Сергиенко, В.Б. Усаченко, А.А. Яланский), которая заключается в том, что при комплексном воздействии случайных и детерминированных природно-техногенных факторов самоорганизации массивов она реализуется в виде возникающих вокруг протяженных подземных выработок квазипериодических (по времени выстраивания и по расположению относительно сечения и простираения выработок) регулятивных геодилатансионных полей и обусловлена саморазрушениями перенапряженных участков этих массивов за счет суперпозиции зон концентрации напряжений вокруг подземных выработок и рекомбинационной смены альтернативных квазистационарных равновесных состояний, соответствующих минимальным значениям потенциальной энергии.

Четвертый структурный уровень в построении комбинированных охранных систем связан с комплементарным выбором подсистем и элементов конструкции. Технологические предпосылки здесь связаны с формированием ограниченно-податливых и высокой грузонесущей способности охранных конструкций при условии управляемого использования свойств породного массива и изменения деформационно-силовых характеристик указанных конструкций. Достигаться это должно использованием принципов упреждающей или совместной реализации управляющих воздействий (этапность и периодичность возведения подсистем), объединением активных и пассивных регулятивных и стабилизирующих подсистем. Одновременно требуемая податливость и высокая грузонесущая способность комбинированной охранной конструкции может быть достигнута управлением глубинной неустойчивостью массива (армирование податливых оболочек) и несущей способностью приконтурного породного массива (формирование за крепью прочной оболочки). В таких системах эффективными регулятивными элементами могут быть анкерные и анкерные стяжные крепи, породы после цементации, затампонированные полости, которыми обеспечивается формирование консолидированных оболочек из породного массива на контуре выработок.

Пятый структурный уровень в построении комбинированных охранных ГТС связан с пообъектным выбором элементарных составляющих низшего уровня согласно функционального их назначения. В рассмотрении комбинированных охранных конструкций горных выработок и подземных сооружений важнейшей задачей является создание нормативно-технической базы проектирования и выбора параметров указанных систем.

Используя изложенные выше общие принципы построения и анализа комбинированных охранных конструкций горных выработок, остановимся на особенностях конструирования таких перспективных систем с использованием литых приштрековых полос согласно 1-го структурного уровня ГТС.

Способ охраны выработок с применением литых полос из твердеющих материалов является частным случаем способов, базирующихся на принципе возведения приштрековых поддерживающих конструкций.

Перспективным для охраны сопряжений штрека с лавой является комбинированный способ поддержания горных выработок с применением околострековых литых полос из быстротвердеющих материалов, возводимых параллельно штреку, основанный на использовании эффекта локального поэтапного вовлечения породного массива в охрannую конструкцию. При использовании указанного метода значительно снижается разрушающее действие горного давления на сопряжение «штрек- лава».

Использование этого способа включает два аспекта:

а) геомеханическое обоснование параметров комбинированной охрannой конструкции с высокой несущей способностью и принудительного взаимодействия с породными массивами, что обеспечивает поликомпенсацию смещений пород при нарастающей несущей способности, комплементарной ожидаемым нагрузкам;

б) разработку технологии реализации способа, при которой обеспечивались бы требуемые качества и деформационно-силовые характеристики охрannой конструкции.

Известные в отечественной и зарубежной практике технологические решения по поддержанию сопряжений «штрек – лава» и выработок повторного использования можно подразделить на следующие группы:

а) применение штрековых крепей высокой несущей способности в сочетании со специальными элементами усиления или крепями сопряжения;

б) регулирование длины очистных забоев и консолей обрушающейся основной кровли;

в) сочетание рамных крепей с анкерными системами;

г) управляемая разгрузка породного массива и его упрочнение;

д) применение способов с полной или частичной закладкой;

е) применение околострековых охрannых конструкций с различными сочетаниями крепёжных элементов.

Впервые в отечественной практике поддержание выработок охранными конструкциями с использованием тумб из железобетонных блоков предложено в работе [21]. Сборка таких тумб осуществлялась на месте их возведения из

блоков прямоугольного сечения 400x500 мм, высотой 100 и 150 мм. Были применены два типа блоков: БЖБТ-6 и БЖБТ-7. Первый имел размеры 500x400x100 мм и массу 50 кг, второй – 500x400x150 мм и массу 75 кг. Несмотря на положительные результаты применения тумб-блоков, в процентном отношении к годовому объёму проведения выработок этот способ применялся в минимальных объёмах. Однако практика показала ряд особенностей их использования. Во-первых, весьма важным является соотношение жёсткостей (прочностей) поддерживаемых пород и бетонных тумб. Во-вторых, существенным оказался выбор места расположения тумб, так как конвергенция кровли и почвы в выработках оказывались значительными. И, в-третьих, железобетонные блоки не провоцировали обрушение породной консоли («козырька над блоками»), что приводило к механизму их работы из несущей опоры в давящий штамп. Это вызвало интенсивное пучение в поддерживаемых выработках. В совокупности эти факторы не обеспечивали эффективное повторное поддержание выработок, так как по 2-3 раза осуществлялась подрывка почвы. Вместе с тем, применение железобетонных тумб подтвердило возможность управления напряжённо-деформированным состоянием надкровельной толщи пласта.

Концепция охраны выработок литыми полосами из твердеющих материалов разработана в ряде фундаментальных работ [22,23,24], для некоторых горногеологических условий обоснованы их параметры [25,26]. Последние работы отличаются глубиной проработки технологических решений и выбора строительных смесей для формирования полос. Геомеханическое обоснование параметров дано на эмпирио-аналитическом уровне для конкретных условий, что ограничивает область их применения.

Практикой применения разработанного технологического регламента охраны выемочных штреков с литыми полосами [26] на шахте «Красноармейская-Западная №1» доказано, что физико-техническая реализация способа должна базироваться на геомеханической базе. Важнейшими являются принципы управления геомеханикой взаимодействия литой полосы с кровлей и почвой отрабатываемого угольного пласта.

В связи с этим, ключевыми являются следующие задачи:

- а) изучение деформационно-силовых характеристик твердеющих материалов, используемых для формирования полос;
- б) оценка работы литой полосы с массивом при различных условиях контактирования (полное сцепление, одностороннее сцепление, проскальзывание);
- в) обоснование конструкции охранной системы с различными схемами расположения литых полос и разными их жесткостями.

Для получения комплекса показателей по указанным процессам необходимо проведение физического и численного моделирования таких систем и организация шахтных наблюдений за работой полос в натуральных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли. – М.: Изд-во Академии Наук РФ. – 1997. - 480 с.
2. Бызов. В.Ф. Усаченко Б.М. Комплексное решение проблем освоения подземного пространства / Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве. – К.: - 1996. - С. 100 - 102.
3. Буряковский Л. А., Джафаров И. С., Джеваншир Р. Д. Моделирование систем нефтегазовой геологии. – М.: Недра, 1990. – 295 с.
4. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи /ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат. – 1983. – 272 с.
5. Прагер В.А. Исследование и выбор крепей сопряжений стволов, проходимых обычным способом на больших глубинах / В.А. Прагер, В.К. Стеблина, В.Я. Зинченко, Е.Б. Новик // Технология, экономика и механизация шахтного строительства: Сб. научн. тр. ВНИИОМШС. – Харьков. – 1985. – С. 80 - 88.
6. Друцко В.П. Восстановление крепи действующих стволов шахт без прекращения их эксплуатации / В.П. Друцко, В.Я. Зинченко, В.Г. Коган, В.А. Прагер. - М.: ЦНИЭИуголь, 1985. – Вып. 9. – 50 с.
7. Булат А.Ф. Перспективное направление создания охранных конструкций горных выработок с использованием анкерных натяжных систем / А.Ф. Булат, В.Б.Усаченко, В.В. Левит // Геотехническая механика, 1997. – № 3. – С. 3 - 9.
8. Булат А.Ф. Перспективи і задачі великомасштабного впровадження на вугільних шахтах України анкерних систем для охорони гірничих виробок (відповідно програми «Анкер»). /А.Ф. Булат, В.В. Радченко, П.Я. Большаков, Б.М. Усаченко, В.В. Виноградов // Геотехническая механика. - 1997. - № 5. - С. 35 - 40.
9. Левит В.В. Решение по применению анкерной стяжной крепи, обеспечивающей самозапирание приконтурных пород / В.В. Левит, В.Б. Усаченко // Геотехническая механика. – 1997. – № 2. – С. 34 - 42.
10. КД 12.01.01.502-98. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Порядок та організація / Мінуглепром України. – К., 1998. – 20 с.
11. Новая стратегия в каменноугольной промышленности Великобритании – распространение анкерной крепи // Глюкауф. – 1991. – №1/2. – С. 21 -24.
12. Штумпф Г.Г. Опыт применения анкерной крепи в подготовительных выработках, охраняемых без целиков / Г.Г. Штумпф, Б.И. Стрыгин // Обзор ЦНИЭИуголь. – М., 1977. – 25 с.
13. Новости зарубежной угольной промышленности: ЭИ // ЦНИЭИуголь. – М., 1992. – Вып. 1-2. – 25 с.
- Бондаренко В.И. Научные основы физико-химического закрепления слабых водонасыщенных пород вокруг горных выработок. Автореф. докт. дисс.: 05.15.02/ДГИ. – Днепропетровск. – 1989. – 35 с.
14. Бондаренко В.И. О технологии укрепления закрепного пространства шахтных стволов / В.И. Бондаренко, И.А. Садовенко, А.М. Трачук // Уголь Украины. – 1995. – № 4. – С. 24 - 25.
15. Альбом технологических схем предварительного тампонирувания водоносных горных пород при сооружении вертикальных стволов шахт. Кемерово: КузНИИшахтострой. – 1979. – 79 с.
16. Дубровский В.И. Выбор средств поддержания сохраняемых для повторного использования выработок на шахте «Первомайская» // Сб. науч. тр. / Асоц. «Кузбасуглетехника». –1992. – №5. – С. 107 - 111.
17. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. – М.: Мысль, 1978. – 272 с.
18. Аверьянов А.И. Системное познание мира:Методологические проблемы. – М.: Политиздат,1985.–263 с.
19. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. – М: Экономика, 1975. – 191 с.
20. Кардаков В. Е., Беспарточный Г. К. Охрана подготовительных выработок тумбами из железобетона // Уголь Украины. – 1964. - №5. – с.37-39.
22. Бесцеликовая отработка пластов / Ю. Л. Худин, М. И. Устинов, А. В. Брайцев и др., - М.: Недра, 1983. – 280 с.
23. Влияние охранной полосы и разгрузки боковой стенки выемочной выработки на ее устойчивость // Matsui Kikuo, Uchino Kenichi. – Muxoh koré кайси, J. Mining and Met. inst. Jap. – 1987. - №103. – P 437-442.
24. Временная инструкция по охране выемочных выработок полосами из твердеющих материалов. – М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1981. – 17 с.
25. Байсаров Л. В., Демченко А. И., Ильяшов М. А. Охрана штреков литыми полосами при разработке пологих пластов средней мощности // Уголь Украины. – 2001. - №9. – с. 3-6.
26. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов. – Днепропетровск-Донецк: ИГТМ, 2004. – 32 с.