

1. Пересмотреть структуру проектов, оставив в них только работы, непосредственно связанные с ликвидацией предприятий, а именно:

1.1. Вывести из проектов ликвидации предприятий вывозку бытового топлива и передать функции обеспечения углеполучателей бытовым топливом местным органам власти. Это позволит высвободить свыше 200 млн. грн. ежегодно и направить большую часть этих средств на первоочередные работы по ликвидации предприятий.

1.2. Выделить раздел «Экология» в отдельную государственную программу, или, как вариант, передать породные отвалы ликвидируемых шахт, на которых завершена физическая ликвидация, шахтам, на которых работы по физической ликвидации продолжаются. Это позволит подписать Акты Госкомиссий и закрыть проекты, а работы по экологии (около 600 млн. грн.) выполнять по мере выделения бюджетного финансирования на эти цели.

2. Считать приоритетным строительство водоотливных комплексов на соседних действующих шахтах (где это технически возможно) для обеспечения их гидробезопасности и недопущения подтопления территорий. Для этого необходимо рассматривать возможности усиления водоотливов на действующих шахтах, вместо строительства новых водоотливных комплексов на ликвидируемых шахтах.

Кроме того, необходимо ускорить принятие Закона Украины «О ликвидации горных предприятий и последствий их производственной деятельности», которым определяются правопреемники территорий и объектов закрытых шахт, источники финансирования и другие аспекты ликвидации, а также уровень ответственности центра и местных органов власти за экологические последствия реструктуризации угольной отрасли.

Эти предложения позволят выполнить программу Президента Украины «Реформирование угольной промышленности» в условиях реального финансирования, и по всем 52 угольным предприятиям, входящим на сегодняшний день в состав ГП «Донуглереструктуризация» завершить проекты ликвидации и подписать Акты Госкомиссий уже в 2012-2014 году.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАКРЕПНОГО ПРОСТРАНСТВА ТОРКРЕТ-АНГИДРИТОМ ДЛЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА**

*А.Н. Шашенко, М.А. Поздняков, А.В. Солодянкин, В.И. Пилюгин, ГВУЗ «Национальный горный университет», Украина;*

Представлена эффективная технология повышения устойчивости капитальных выработок путем заполнения закрепного пространства торкрет-ангидритом пневматическим способом с радиальной подачей материала за крепь выработки.

### **Способы поддержания горных выработок**

Целью всех мероприятий по креплению и поддержанию горных выработок является стабилизация сдвижений массива горных пород на некотором уровне с минимальными затратами труда и материалов.

С точки зрения геомеханики здесь возможны два подхода.

1. Разупрочнение массива, естественное или искусственное, с применением крепи ограждающего типа с небольшой несущей способностью.

2. Упрочнение массива крепью и другими способами.

При первом подходе развитие зоны растяжения практически не сдерживается, выработка деформируется, ее перекрепляют один или несколько раз. Происходит естественное разупрочнение пород вокруг выработки и на какой-то стадии – самостабилизация процесса сдвижений. Это объясняется тем, что при расширении зоны разупрочнения до некоторой ве-

личины суммарное сопротивление пород и крепи превышает активную нагрузку со стороны нетронутого пластическими деформациями массива.

Очевидно, этот путь требует проведения большого объема ремонтных работ. Кроме того, стабилизированное состояние массива, достигнутое таким образом, неустойчиво и с изменением величины горного давления легко нарушается. В сложных горно-геологических условиях такой подход неприемлем.

Второй подход предусматривает стабилизацию сдвижений пород на начальных стадиях пластических деформаций, предотвращение развития контура ослабления массива. Это требует своевременного возведения крепи с достаточной несущей способностью и ее плотного контактирования с вмещающими породами. Добиться последнего можно только путем качественного заполнения закрепного пространства твердеющими материалами.

### **Обзор технологий, материалов и средств механизации заполнения закрепного пространства горных выработок твердеющими и быстротвердеющими материалами**

Применительно к стесненным условиям горных выработок наиболее приемлемым видом технологии заполнения закрепного пространства твердеющими материалами является технология, основанная на использовании трубопроводного транспорта. В свою очередь трубопроводный транспорт может осуществляться гидромеханическим и пневматическим способами. По аналогии способы заполнения закрепного пространства делятся на гидромеханический и пневматический.

Гидромеханический способ, больше известный в отечественной горной практике как тампонаж закрепного пространства, основан на применении для подачи твердеющего материала в закрепное пространство растворонасосов. Способ предусматривает предварительное приготовление твердеющих материалов в виде растворных пульповидных композиций и закачку их в закрепное пространство. Щели между элементами крепи внутри выработки при этом предварительно герметизируются путем ручного пикотажа, либо механизированного набрызгбетонирования.

Твердеющие растворы при гидромеханическом способе должны обладать повышенной подвижностью, что требует их разубоживания, т.е. введения в раствор большого количества воды, значительно превышающего гидратационную водопотребность вяжущих материалов, входящих в растворы. Это отрицательно сказывается на прочностных характеристиках затвердевшего материала – замедляются сроки схватывания и твердения материала, снижается прочность. Повышенное содержание воды кроме того зачастую приводит к расслоению материала, неоднородности его прочностных свойств, а отделившаяся вода в свою очередь отрицательно влияет на вмещающие породы, размокание которых приводит к их ослаблению.

К другим недостаткам способа можно отнести следующие:

- при гидромеханическом способе невозможно использование быстросхватывающихся, быстротвердеющих материалов без введения в них специальных замедлителей схватывания и твердения;
- нагнетательное оборудование, включая оборудование для приготовления раствора, а также трубопровод требует тщательной промывки после каждой заправки раствора.

Несмотря на указанные недостатки, гидромеханический способ довольно широко применяется в технологии заполнения закрепного пространства.

В условиях шахт Западного Донбасса в огромной степени, благодаря тампонажу закрепного пространства, удается поддерживать в удовлетворительном состоянии многие километры горных выработок. И только острый дефицит цемента заставляет решать новые технологические решения по заполнению закрепного пространства с применением новых материалов, не содержащих цемент.

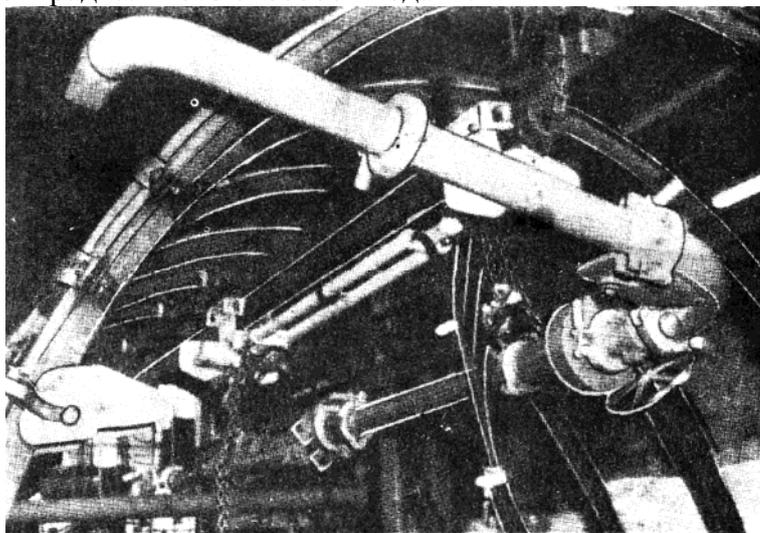
Пневматический способ заполнения закрепного пространства технологически аналогичен способам торкретирования и набрызг-бетонирования с тем лишь отличием, что материал посредством торкрет-струи тем или иным способом подается в закрепное пространство. Способы подачи материала в закрепное пространство подразделяются на осевой и радиальный.

Главной отличительной особенностью пневматического способа, обеспечивающей его высокую технологичность, является то, что этот способ совмещает в едином процессе пневмотранспортировку сухого твердеющего материала, его затверждение в концевом участке трубопровода, перемешивание и подачу затворенного материала в конструкцию, его динамическую укладку и

формирование. Способ в полной мере способен не только сохранить, но даже и улучшить основные физико-механические характеристики твердеющего материала при укладке в конструкцию.

Возвращаясь к способам подачи материала в закрепное пространство, следует подробнее остановиться на особенностях осевого и радиального способов подачи.

Осевой способ подачи твердеющих материалов в закрепное пространство заключается в заполнении струей твердеющего материала пространства между породным контуром и крепью, перекрытой плотной затяжкой, в осевом направлении со стороны забоя выработки после каждого цикла проходки (рис. 1). Способ позволяет практически совмещать проходку с заполнением закрепного пространства, а при использовании быстротвердеющих материалов максимально быстро включать в работу крепь, усиленную оболочкой из затвердевшего материала.



*Рис. 1. Осевой способ подачи материала в закрепное пространство*

С другой стороны, использование осевого способа подачи материала в закрепное пространство требует строгой временной увязки с проходческим циклом, что возможно только при высоконадежном и высокопроизводительном пневмозакладочном оборудовании, отлаженных операциях по снабжению и доставке материала. В противном случае будут страдать либо темпы проходки, либо качество заполнения закрепного пространства.

Кроме того, проведение работ по указанной технологии связано с установкой вблизи проходческого забоя концевого пневмозакладочного оборудования – телескопического поворотного колена пневмотранспортной магистрали с устройством для затворения материала и соплом. Это оборудование вместе с проходческим загромождает призабойную зону выработки, затрудняя проведение работ. Особенно стесненные условия для ведения проходческих работ и работ по заполнению закрепного пространства возникают при комбайновой подготовке выработок. Не случайно осевое заполнение закрепного пространства нашло широкое применение лишь в проходческих забоях с подготовкой буровзрывным способом.

Радиальное заполнение закрепного пространства пневматическим способом может осуществляться как непосредственно у забоя, так и с отставанием от него путем нанесения слоя твердеющего материала на породный контур выработок через затяжку с крупными ячейками. Считается, что этот способ можно реализовать за одну рабочую операцию только при величине зазора между крепью и породным массивом не более 20 см. Очевидно, что описанный способ более пригоден для выработок с комбайновой подготовкой, позволяет более гибко варьировать технологическими вариантами.

Общим требованием к материалам для закрепного пространства является требование быстрого роста их прочности, способствующего своевременному вступлению в работу крепей. Однако на практике используются как медленнотвердеющие, так и быстротвердеющие материалы, выбор которых диктуется в основном принятой технологией.

Как указывалось выше, гидромеханический способ, например, более приспособлен к медленно твердеющим материалам, хотя за счет замедлителей схватывания и твердения, потери прочности используются и быстротвердеющие материалы, такие как искусственный ангидрит, фосфогипс. Технология пневматической подачи, напротив, рассчитана на применение быстросхватывающихся, быстротвердеющих материалов.

В мировой горной практике все материалы подразделяются на порошковые и зернистые. Из порошковых материалов наибольшее распространение получили такие материалы, как цемент с мелким заполнителем, искусственный ангидрит, фосфогипс.

На использовании цементного вяжущего с мелким заполнителем – песком основана технология тампонажа закрепного пространства, которая была широко распространена на строящихся шахтах Западного Донбасса и применяется в настоящее время в сложных горно-геологических условиях (например, шахта им. Героев Космоса). Переход цемента в разряд остро дефицитных материалов заставляет искать новые материалы-заменители.

Искусственный ангидрит – продукт переработки отходов химической промышленности – порошковый материал, скорость схватывания и твердения которого определяется спецдобавками. В отечественной практике не производится и не используется для заполнения закрепного пространства. В значительных объемах искусственный ангидрит используется для указанных работ в угольной отрасли Германии как гидромеханическим, так и пневматическим способами. Использование искусственного ангидрита облегчается тем, что катализаторы схватывания и твердения можно вводить на конечной стадии процесса перед укладкой материала в конструкцию.

Фосфогипс по природе близок к искусственному ангидриту, однако в отличие от последнего его вяжущие свойства задаются заводской переработкой фосфогипсового сырья, при которой основу конечного продукта составляет полугидрат сульфата кальция – активный вяжущий компонент. Являясь быстросхватывающимся и быстротвердеющим материалом без каких-либо катализаторов, порошковое фосфогипсовое вяжущее затруднительно использовать при любом виде трубопроводного транспорта.

Так, при гидромеханическом способе ведения работ требуется высокая согласованность операций приготовления раствора, его транспортировки по трубам, укладки в конструкцию, промывки оборудования. При этом во избежание преждевременного затвердения материала и полной закупорки всего оборудования необходимо вводить в раствор замедлители схватывания фосфогипса, отрицательно сказывающиеся на прочностных характеристиках затвердевшего материала.

Как показали работы по внедрению на шахтах Западного Донбасса тампонажа закрепного пространства фосфогипсом, вышеуказанные особенности материала затрудняют его использование в традиционной технологии тампонажа цементно-песчаным раствором. Качество тампонажа резко снижается, прочность тампонажного камня падает. Возникают сложности в применении традиционного заполнителя – песка. Очень низка устойчивость фосфогипсового тампонажного камня в условиях повышенной влажности.

При пневматическом способе ведения работ применение фосфогипсового вяжущего связано с теми же трудностями, что при применении искусственного ангидрита. Мелкодисперсность материала затрудняет быстротечные процессы смачивания и перемешивания материала на концевых участках пневмоматериалопровода, что приводит к его значительным потерям, высокому пылеобразованию, а значит ухудшению санитарно-гигиенических условий труда. Введение зернистых заполнителей, улучшающих гранулометрическую характеристику материала для условий пневматического способа, ограничено как природой самого фосфогипсового вяжущего, так и необходимостью отказа от кварцевых заполнителей.

Из распространенных заполнителей для фосфогипса наиболее приемлем гранулированный шлак, однако его добавка ограничено 50 % и таким образом наличие мелкодисперсных частиц остается на высоком уровне.

К числу материалов, обладающих способностью быстрого схватывания и твердения, а также отвечающих требованиям рациональной пневматической технологии, в первую очередь следует отнести измельченный и активизированный природный ангидрит.

Впервые природный ангидрит в виде быстротвердеющего зернистого материала был разработан и использован для заполнения закрепного пространства и возведения охранных околотрековых полос на угольных шахтах ФРГ. Усилиями многих фирм были созданы разнообразные комплексы пневмозакладочного оборудования, созданы системы централизованного снабжения материалом проходческих и выемочных участков.

По своей природе ангидрит является минеральным образованием, составляющим прочную породу осадочного происхождения. Сопутствует месторождениям природного гипса, являясь его безводной модификацией ( $\text{CaSO}_4$ ). В обычных условиях измельченный природный ангидрит практически инертен по отношению к воде, однако при добавке веществ, содержащих

общий ион с сульфатом кальция, ангидрит приобретает способность гидратироваться с образованием схватывающегося и твердеющего продукта – дигидрата кальция. Это свойство природного ангидрита используется для инициирования вяжущих свойств природного ангидрита при производстве твердеющих ангидритовых композиций.

В конце 1970-х годов институтом "Днепрогипрошахт" был разработан отечественный быстротвердеющий состав на основе природного ангидрита, названный впоследствии торкрет-ангидритом. Торкрет-ангидрит представляет собой зернистую массу природного ангидрита, прошедшую термическую обработку, с добавками до 1,5% сульфатов натрия и железа, а также алюмокалиевых квасцов.

Торкрет-ангидрит, разработанный институтом "Днепрогипрошахт", наиболее подготовлен к промышленному производству и применению в угольных шахтах для заполнения закрепного пространства и возведения околострековых полос. В 1976-1977 годах институтом с использованием торкрет-ангидрита были проведены шахтные испытания технологических вариантов его применения для возведения охранной околострековой полосы (шахта "Днепровская") и заполнения закрепного пространства (шахта "Западнодонецкая"). Шахтные испытания показали техническую и экономическую целесообразность производства торкрет-ангидрита для нужд угольных шахт.

### **Технологическая схема заполнения закрепного пространства**

Принципиальная схема предусматривает радиальный способ заполнения закрепного пространства, при котором транспортируемый сжатым воздухом сухой твердеющий материал смачивается в устройстве для затворения материала и через выходное сопло и специальные "окна" в крепи подается в закрепное пространство (рис. 2).

"Окна" для подачи материала формируются специальными затяжками из листового материала, которые устанавливаются "вразбежку" между 3-4 обычными железобетонными затяжками. Заполнение закрепного пространства производится через "окна" последовательно от почвы выработки к кровле с двух сторон выработки.

Для выполнения работ по заполнению закрепного пространства быстротвердеющими растворами технологическая схема предусматривает приготовление раствора торкрет-ангидрита на последнем этапе, непосредственно перед закладкой в закрепное пространство.

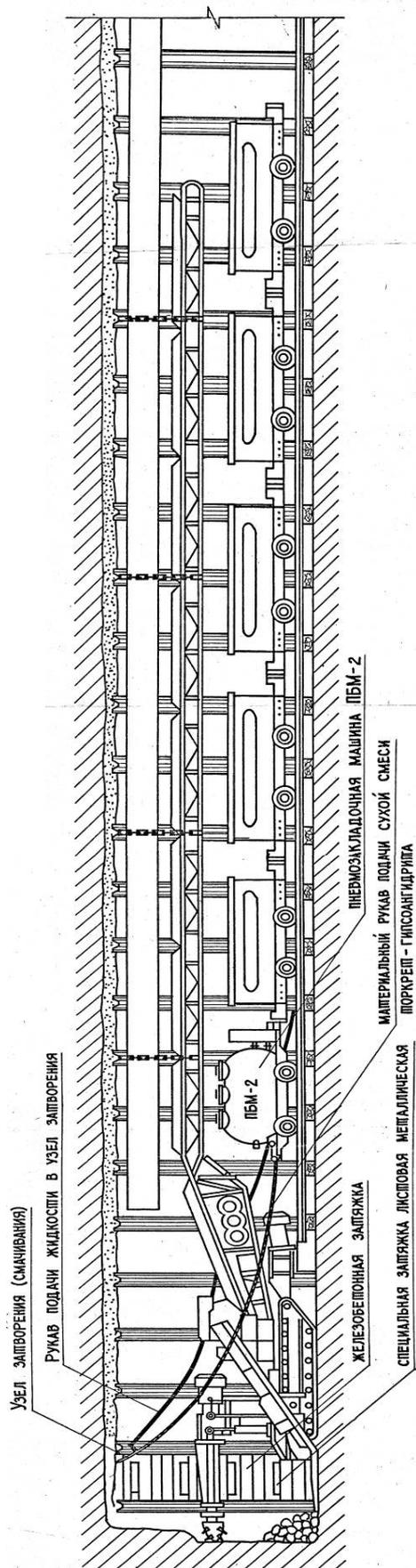
Специальная затяжка выполняется из листового металла с профильными бортами для связи с соседними затяжками и крупными ячейками для ввода материала в закрепное пространство. При этом за счет выштамповки ячеек формируются отогнутые козырьки, направляющие поток материала в выработанное пространство и служащие в дальнейшем закладными, армирующими элементами крепи.

Использование такой спецзатяжки для крепления и заполнения закрепного пространства позволяет вести работы как в самом забое, так и на некотором расстоянии от него, что, однако, связано с дополнительными трудностями.

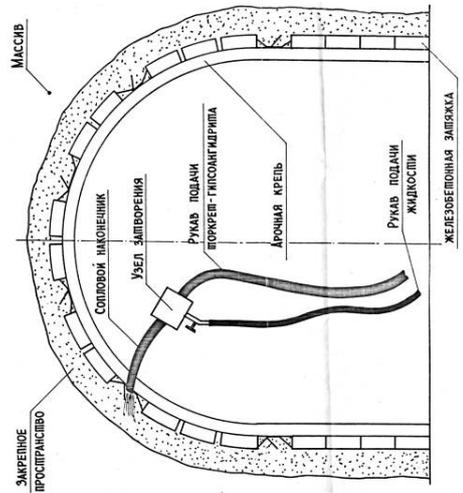
С целью устранения этих трудностей разработана конструкция профильной листовой спецзатяжки, рассчитанная на совместную работу с обычной железобетонной затяжкой.

Затяжка выполняется из листового материала, при этом борта затяжки профилируются таким образом, чтобы при установке на крепь они были надежно защемлены смежными железобетонными затяжками, а срединная часть спрофилирована и снабжена выштампованным продольным "окном" с козырьком таким образом, чтобы обеспечить полный доступ к закрепному пространству.

Предлагаемая спецзатяжка используется следующим образом. При установке арочной крепи спецзатяжка укладывается "вразбежку" через 3-4 обычные железобетонные затяжки с обеих сторон контура выработки с козырьками, открывающими "окна" затяжек в сторону почвы выработки. Заполнение закрепного пространства выработки осуществляется на удобном для ведения работ расстоянии от проходческого забоя, при этом несущая способность перекрытия до ведения работ обеспечивается железобетонной затяжкой. Заполнение закрепного пространства производят через "окна" в спецзатяжке, направляя поток материала из соплового наконечника в сторону почвы выработки. Заполнение производится от почвы выработки к кровле с двух сторон выработки.



а)



б)

Рис. 2. Технология заполнения пространства торкрет-ангидритом для капитальных выработок шахт Западного Донбасса:  
 а – схема расположения технологического оборудования;  
 б – порядок заполнения закрепного пространства твердеющей смесью

## **Выводы**

1. Опыт сооружения и эксплуатации шахт в сложных горно-геологических условиях свидетельствует о том, что для обеспечения эксплуатационного состояния выработок необходимо наряду с установкой крепи применять специальные меры по управлению процессом разрушения окружающих пород. Среди мероприятий, воздействующих на окружающий выработку массив, средства, направленные на его упрочнение и предупреждение расслоений, дают наибольший эффект в повышении устойчивости выработок.

2. Эффективным способом повышения устойчивости капитальных выработок является заполнение закрепного пространства торкрет-ангидритом пневматическим способом с радиальной подачей материала за крепь выработки. Шахтные испытания технологии в условиях шахт Западного Донбасса показали ее техническую и экономическую целесообразность.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СОПРЯЖЕНИЙ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫРАБОТОК**

*В.В. Левит, ООО «Шахтостроительная компания "Донецкшахтопроходка"» (г. Донецк);  
В.В. Раскидкин, проектно-конструкторское бюро ООО «Донпромбизнес» (г. Донецк), Украина*

Установлены параметры способа повышения устойчивости сопряжений основных подготовительных выработок с использованием анкерных систем крепи и предложен комплекс мероприятий по обеспечению их безремонтной эксплуатации.

## **Введение**

Постоянное увеличение глубины разработки на шахтах Украины, рост протяженности подземных выработок, ведение горных работ в сложных геомеханических условиях значительно обострили проблему поддержания выработок в эксплуатационном состоянии. Применяемые конструкции крепей, в основном подпорно-ограждающего типа, в настоящее время не в состоянии обеспечить устойчивость выработок.

Низкая эффективность способов крепления и поддержания выработок на глубоких горизонтах шахт обусловлена, в первую очередь, изменением геомеханических условий при их строительстве и эксплуатации. Об этом свидетельствуют значительные расходы на поддержание выработок, с одновременным увеличением доли применения металлической крепи. Так, доля затрат на проведение, крепление и поддержание выработок в Донбассе составляет от 25% [1] до 45% себестоимости угля [2]. На поддержании и ремонте выработок задействовано 32,3 тыс. чел. (при общей численности горнорабочих очистного забоя – около 54 тыс.).

Потери площади сечения подготовительных выработок достигают 60-70%. Это приводит к тому, что более 40% выработок ремонтируется до сдачи в эксплуатацию, 52% выработок деформировано, а 20% их находится в аварийном состоянии. Деформируются практически все выработки, но особо тяжелое положение наблюдается в подготовительных (деформировано 60%) и сопряжениях выработок (деформировано до 80%).

В угольной шахте в среднем на 1 км выработок приходится до 6...7 сопряжений, ежегодно их сооружается 18...20 тыс., а эксплуатируется более 60 тыс. [3].

По сравнению с протяженными участками выработок сопряжения являются более сложными объектами с точки зрения как геомеханики, так и технологии сооружения. Это объясняется большими пролетами, сложной формой и конструкцией крепи, взаимным влиянием сопрягающихся выработок. На сопряжения приходится и повышенная доля травматизма в процессе их проведения и эксплуатации. Периодические ремонты, перекрепление и подрывка пород не решают проблемы обеспечения устойчивости сопряжений. Причиной плохого состояния сопряжений, в первую очередь, является несоответствие крепи и способов охраны геомеханическим условиям их эксплуатации.

В технической литературе и нормативных документах под сопряжением понимают только узел пересечения или примыкания выработок и не учитывают состояние породного массива, на участках выработок, примыкающих к узлу.