

-
2. Лейбензон Л. С. Курс теории упругости. – М.-Л.: Огиз-Гостехиздат, 1947. – 464 с.
 3. Бриджмен П. В. Исследование больших пластических деформаций и разрывов. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. – 440 с.
 4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. – М.: Наука, 1973. – 208 с.

*Статья рекомендована к публикации
канд. техн. наук В.А.Пристромом*

УДК 622.258

Борщевский С.В., канд. техн. наук, проф. (ДонНТУ),
Прокопов А.Ю., канд. техн. наук (Шахтинский институт ЮРГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН НАРУШЕНИЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА

Розглянуті основні причини порушення кріплення вертикальних стволів шахт Донбасу. Виявлений суттєвий вплив технологічних причин на виникнення порушень кріплення. Даються рекомендації щодо вдосконалення технології кріплення глибоких стволів з метою забезпечення стійкості та безремонтної підтримки стволів в процесі їх експлуатації.

Рассмотрены основные причины нарушения крепи вертикальных стволов шахт Донбасса. Выявлено существенное влияние технологических причин на возникновение нарушений крепи. Даны рекомендации по совершенствованию технологии крепления глубоких стволов с целью обеспечения устойчивости и безремонтного поддержания стволов в процессе эксплуатации.

Examined the main reasons of the support breaking of the mining vertical shafts of Donbass. Revealed the essential influence of the technological causes upon the support breaking appearance. Given recommendation upon the perfection of the deep shaft supporting technology with the aim of providing stability and maintain the shafts without any repairs during operation.

Постановка проблемы. Вертикальные стволы в Донбассе в настоящее время сооружаются и эксплуатируются в самых разнообразных горно- и гидрогеологических условиях, усложняющихся с увеличением глубины разработки месторождений полезных ископаемых. Отличаясь своей уникальностью и важностью в производственном комплексе горнодобывающего предприятия, они требуют постоянного поиска и разработки эффективных решений по интенсификации их строительства и безремонтной эксплуатации [1], что, в свою очередь, является актуальной научно-технической проблемой развития угольной промышленности Украины. Особенно важны вопросы, касающиеся причин возникновения нарушений крепи вертикальных стволов шахт.

Анализ последних достижений. Большинство угольных шахт Донбасса, построенных и введенных в эксплуатацию в 70–90-х годах XX в., вскрыты центральными, центрально отнесенными или фланговыми вертикальными стволами, глубина которых колеблется от 120...150 м (для вентиляционных стволов, проходимых у верхней технической границы) до 1100...1300 м (для главных, вспомогательных и воздухоподающих стволов), а диаметры в свету – от 4,5 до 8,0 м в зависимости от назначения ствола и производственной мощности шахты. Предпочтение при проведении стволов получила совмещенная технологическая схема с буровзрывным способом отрывки горной массы.

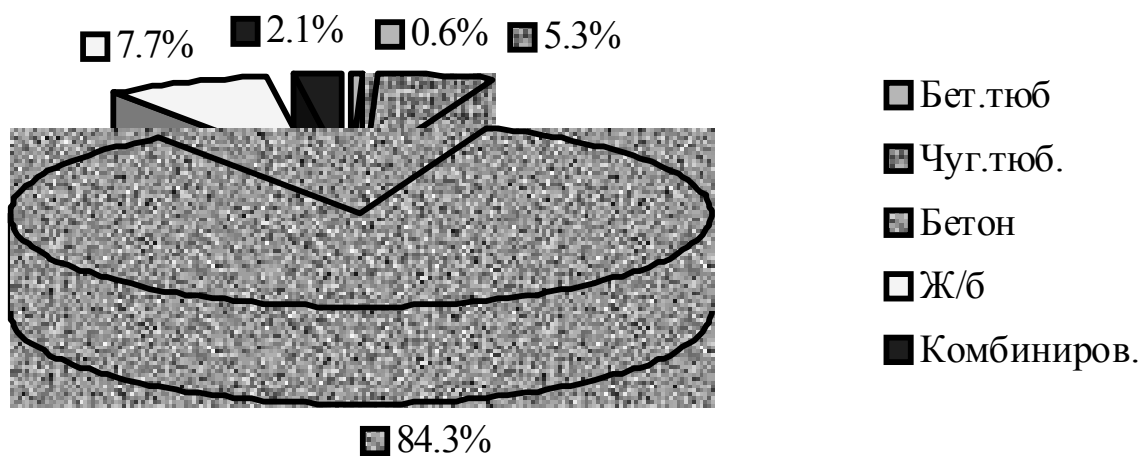


Рис.1. Процентное соотношение видов крепи, распространенных в вертикальных стволах Донбасса

Наиболее распространенными являются монолитная бетонная и железобетонная крепи стволов, доля которых на горных предприятиях Донбасса составляет 93% от общего объема крепления (рис. 1). Участки стволов со сложными горно- и гидрогеологическими условиями (рыхлые, неустойчивые, сильно обводненные породы), проходимые специальными способами строительства, закреплены тубинговой крепью (металлические или железобетонные тубинги) или комбинированными многослойными крепями (сталебетонные, чугунно-бетонные и т.д.). На участках пересечения стволами слабых пород и угольных пластов с целью недопущения значительных деформаций и разрывов сплошности крепи устраивались узлы податливости.

Нормальная эксплуатация существующих и строящихся горнодобывающих предприятий в значительной мере обусловлена научно обоснованным техническим обслуживанием вертикальных стволов, а также проведением своевременного и качественного ремонта их крепи.

Вертикальные стволы эксплуатируют в течение нескольких десятилетий. За это время в них по мере необходимости проводятся ремонтные работы и периодически осуществляется техническое обслуживание.

Целью данной статьи являются выяснение и классификация основных причин возникновения нарушений крепи вертикальных стволов шахт и путей их устранения.

Основной материал. Усложнение гидрогеологических условий строительства, пересечений зон влияния старых горных работ, а также наличие в околоствольном массиве пород тектонических полей начальных напряжений оказывают негативное влияние на крепь и армировку вертикальных стволов. Указанные факторы предъявляют повышенные функциональные, технические и экономические требования к надежности крепи и армировки стволов. Надежность длительной работы крепи и армировки должна обеспечиваться на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации, включая ремонты ствола и его реконструкцию. Степень надежности напрямую зависит от полноты учета многочисленных фактических факторов в принятых методах расчета, способах подбора элементов конструкции и ее

изготовления, от материала конструкций, технологии проходки, крепления ствола и монтажа армировки.

На основе обследования глубоких вертикальных стволов (свыше 600м), выполненного УкрНИМИ, получены сведения о нарушенности глубоких вертикальных стволов украинского Донбасса. Наибольший процент нарушенных стволов приходится на объединения, разрабатывающие крутопадающие пласты, а также на объединения со сложными горно- и гидрогеологическими условиями («Красноармейскуголь», «Луганскуголь»). В большинстве случаев повреждения крепи и армировки стволов происходят под влиянием комплекса причин, основными из которых являются влияние очистных работ и сопрягающихся со стволом выработок.

В условиях пологих пластов влияние очистных работ проявляется в основном в форме опорного давления при оставлении предохранительных целиков недостаточных размеров, построенных по старым Правилам охраны, либо при проведении стволов в зонах остаточного опорного давления у старых очистных выработок.

Довольно значительную группу причин составляют нарушения технологии крепления и поддержания стволов, неудовлетворительное качество крепи, несоответствие бетона агрессивным шахтным водам (до 38%) и др. На основе же выполненного анализа состояния крепи вертикальных стволов шахт российского Донбасса, пройденных в 1970–90-х годах, выявлено, что из 28 стволов 12 имели существенные повреждения крепи, что составило 42%.

Удельный вес причин нарушений крепи вертикальных стволов на шахтах Донбасса представлен в табл. 1, откуда видно, что на шахтах российского Донбасса практически отсутствуют нарушения крепи стволов, вызванных значительным горным давлением. Исключение составляют единичные случаи нарушения крепи, вследствие влияния очистных работ, проводимых вблизи ствола и околоствольных выработок. Это объясняется преобладанием в пересекаемой толще прочных устойчивых пород и пологим их залеганием. Основными причинами нарушения крепи вертикальных стволов в российском Донбассе является низкое качество бетона, несоблюдение проектной толщины крепи и формы

сечения, обмерзание крепи в зимнее время, влияние агрессивных подземных вод, содержащих 1300...2300 мг/л ионов SO_4 .

Таблица 1.

Характеристика причин повреждения крепи стволов

Причины повреждений крепи стволов	Стволы с повреждениями	
	шт.	%
на шахтах российского Донбасса		
1. Влияние очистных выработок	1	8
2. Влияние сопрягающихся со стволами выработок	3	25
3. Неблагоприятные горно- и гидрогеологические условия	2	16
4. Нарушения технологии проведения крепления и поддержания стволов, неудовлетворительное качество крепи	6	50
на шахтах украинского Донбасса		
1. Влияние очистных выработок	75	74
2. Влияние сопрягающихся со стволами выработок	78	76
3. Неблагоприятные горно- и гидрогеологические условия	25	25
4. Нарушения технологии проведения крепления и поддержания стволов, неудовлетворительное качество крепи. Агрессивное воздействие среды на крепь	38	38

Кроме того, как видно из табл. 1, немаловажную роль в возникновении различного вида повреждений крепи и армировки стволов играют *технологические нарушения*, допускаемые как в период проходки и крепления ствола, так и во время эксплуатации подъемного комплекса. Кроме того, на несоответствие параметров монолитной бетонной крепи стволов проектным характеристикам, и, как следствие, на ухудшение качества крепи, оказывает влияние несовершенство самой технологии буровзрывных и бетонных работ в стволе (отклонение центра и стенок ствола от проектного положения, спуск бетона по трубам в глубоких стволах, неточная центровка и установка опалубки, износ опалубки, т.е. изменение ее проектной формы и размеров и др.) [2,3].

Как показывает опыт поддержания вертикальных стволов в Донбассе [4,5], при влиянии очистных выработок деформации

крепи, как правило, возникают в ранее отремонтированных местах. Это связано как с малой прочностью «латки» по контуру, так и с тем, что места максимумов деформаций околоствольного массива сохраняются в течение длительного времени. Помимо того, что устройство «латок» не приводит к достижению цели ремонта – созданию прочной надежной крепи – и связано со значительными непроизводительными затратами, они являются местами повышенной опасности. При деформациях околоствольного массива и крепи значительно меньших, чем допустимые для бетонной крепи, «латки» могут разрушаться, внезапно отделяться и обрушаться в ствол. При этом, чем меньше площадь соприкосновения «латки» с вмещающими породами, тем больше опасность ее внезапного отделения от остальной крепи [5].

Таким образом, ремонта крепи в виде устройства бетонных «латок» следует избегать во всех случаях, особенно когда нет уверенности, что процесс сдвижения закончился и уже не возобновится, а также в условиях, когда ствол обводнен, а шахтные воды обладают агрессивными по отношению к бетону свойствами.

Произведенный анализ причин повреждения крепи и армировки вследствие технологических нарушений позволил выделить следующие их основные группы.

1. Причины, обусловленные технологией спуска бетонной смеси к месту укладки. В настоящее время доставку бетонной крепи в ствол в Украине и других странах СНГ производят по трубам. Это позволяет полностью механизировать работы по укладке бетонной смеси за опалубку и получить при правильном подборе ее состава и соблюдении технологии ведения работ достаточную прочность и водонепроницаемость. Вместе с тем, такой способ доставки бетонной смеси в ствол имеет ряд существенных недостатков. Так, для полной гидратации цемента необходимо 10...20% воды от его массы [6]. Однако такая смесь обладает низкой подвижностью, и ее практически невозможно транспортировать по трубам и укладывать за опалубку. Поэтому подвижность бетонной смеси при доставке по трубопроводу на глубину 200 м принимают не менее 11 см и увеличивают на каждые последующие 150 м глубины на 1 см. При глубине ствола 1000 м подвижность достигает 17...19 см.

Для придания такой подвижности требуется вводить в бетонную смесь избыточное количество воды (до 55...60% от массы цемента), что снижает качество бетона и приводит к перерасходу цемента. Например, согласно инструкции по приготовлению и применению бетонов и растворов для горных работ института НИИОМШС, при увеличении подвижности бетонной смеси с 9 до 17 см и сохранении класса бетона по прочности расход цемента увеличивается на 10...12%, а класс бетона по водонепроницаемости снижается на 30...35% [4].

К недостаткам рассматриваемой технологии также следует отнести расслоение бетонной смеси при спуске по трубам, которое вызывает повышение коэффициента вариации прочности бетона, и, как следствие, снижение надежности крепи.

2. Причины, вызванные несоблюдением формы сечения ствола в свету и толщины крепи по периметру вследствие деформации опалубки, неточности ее центровки, отклонения положения центрального отвеса, несоблюдения паспорта буровзрывных работ и других факторов.

Как показывает опыт проходки глубоких вертикальных стволов в Донбассе [1,7,8], с увеличением глубины повышаются значения радиальных отклонений контура крепи от проектного положения. Это связано с неточностью центровки опалубки вследствие колебаний центрального отвеса, амплитуда которых увеличивается с глубиной. Кроме того, с увеличением количества циклов бетонирования, вследствие поочередных отрывов опалубки от бетона и ее монтажа на следующей заходке, опалубка деформируется и изменяет свою форму, вызывая тем самым изменения формы внутреннего контура крепи.

Все вышеописанные технологические нарушения и трудноустраняемые погрешности, допускаемые при креплении стволов, значительно сказываются на несущей способности и, как следствие, на состоянии вертикальных стволов. В случае недопустимых деформаций или нарушений крепи требуются значительные затраты на ремонт и поддержание стволов, что в конечном итоге влияет на рентабельность всего горного предприятия.

3. Причины, вызванные несовершенством применяемой технологической схемы.

В настоящее время в Украине и странах СНГ наибольшее распространение получила совмещенная технологическая схема проходки стволов, доля которой составляет 95...98% [1]. Эта схема и применяемое оборудование позволяют получить стабильную техническую скорость проходки ствола 75 м/мес. При высоком уровне организации работ достигается скорость проходки 100 м/мес и более.

Однако наряду с явными преимуществами совмещенная схема обладает целым рядом трудноустраняемых недостатков, влияющих на технико-экономический уровень и качество проходки и крепления ствола. Ряд последних исследований в этой области показывает, что применение совмещенной технологической схемы проходки негативно сказывается на качестве монолитной бетонной крепи. Это связано с тем, что при возведении крепи из быстротвердеющего бетона непосредственно за продвижением забоя в глубоких стволах возникают значительные нагрузки за счет конвергенции вмещающих пород, которые неблагоприятно влияют на крепь и могут привести к ее разрушению. Кроме того, при проходке по совмещенной технологической схеме буровзрывные работы производятся в непосредственной близости от бетонной крепи и воздействуют на бетон в ранней стадии твердения, что приводит к образованию дефектов на микроуровне и, в конечном результате, к снижению качества крепи.

Повысить качество крепи можно применением последовательной или параллельной технологических схем, при которых наблюдается разгрузка вмещающих ствол пород до возведения постоянной крепи и снижение нагрузки на крепь на 12...15%.

Резюмируя вышеизложенное, следует сделать следующие **выводы.**

1. Для сохранения качества бетонной смеси при проходке стволов глубиной более 500 м целесообразно переходить на технологию спуска бетона контейнерами.
2. С целью уменьшения погрешности формы кольца крепи вследствие деформаций опалубки целесообразно заменять передвижную опалубку после 400-500 м крепления ствола.
3. Параметры монолитной бетонной крепи глубоких вертикальных стволов необходимо определять с учетом

неизбежных отклонений положения и формы кольца крепи от проектных параметров.

4. Более благоприятными с точки зрения формирования высоких прочностных характеристик монолитной бетонной крепи являются последовательная и параллельная технологические схемы проходки и крепления.
5. Около половины нарушений крепи вертикальных стволов вызваны технологическими отклонениями и погрешностями при креплении, поэтому параметры технологии крепления имеют первостепенное значение в обеспечении устойчивости и безремонтного поддержания стволов в процессе эксплуатации.

Литература

1. Борщевский С.В. Современное направление развития технологии сооружения вертикальных стволов шахт // Сб. научн. трудов НГУ. – №17. – Т.1 – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С.406-412
2. Ягодкин Ф.И., Прокопова М.В. Статистический анализ радиальных отклонений крепи вертикальных стволов // Состояние и перспективы развития Восточного Донбасса: Сб. науч. тр. – В 2 ч. – Ч. 1 / Шахтинский ин-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001.– С. 95-101.
3. Ягодкин Ф.И., Прокопова М.В. Анализ влияния диаметра и глубины ствола на величину радиальных отклонений крепи// Совершенствование проектирования и строительства угольных шахт: Сб. науч. тр. / Шахтинский ин-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001.– С. 32-38.
4. Акимов А.Г., Хакимов Х.Х. Обеспечение безопасной эксплуатации шахтных стволов – М.: Недра, 1988. – 216 с.
5. Манец И.Г., Снегирев Ю.Д., Паршинцев В.П. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов – М.: Недра, 1987. – 327 с.
6. Сыркин С.П. Доставка бетонной смеси к месту укладки в вертикальных стволах // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки.– 2003.– С. 35-40.
7. Левит В.В. Разработка и обоснование технологии и параметров армирования вертикальных стволов с применением расстрелов на анкерах: Дис... канд. техн. наук: 05.15.04 / Гос. горн. акад. Украины. – Днепропетровск, 1993. – 166 с.
8. Левит В.В. Геомеханічні основи розробки і вибору комбінованих способів кріплення вертикальних стовбурів у структурно неоднорідних породах: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.15.04/ Гос. горн. акад. Украины. – Дніпропетровськ, 1999. – 36 с.

*Статья рекомендована к публикации
канд. техн. наук И.Г.Манцем*