

А.И.ЧАВКИН, канд. техн. наук, *Achavkin@mail.ru*
ОАО «ШахтНИУИ», Ростов

A.I.CHAVKIN, PhD in eng. sc., *Achavkin@mail.ru*
Open Society «Shaktniui», Rostov

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Изложен опыт применения на шахтах российского Донбасса действующей «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» и приведены методы обоснования параметров анкерной крепи для конкретных условий эксплуатации.

Ключевые слова: параметры, анкерная крепь, условия эксплуатации.

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE ROOF BOLTING FOR CONCRETE SERVICE CONDITIONS

In the report experience of application on collieries of the Russian Donbass acting «Instructions by calculation and application of the roof bolting on collieries of Russia» is stated and methods of a substantiation of parameters of the roof bolting for concrete service conditions are instanced.

Key words: parameters, the roof bolting, service conditions.

Применение анкерной крепи в настоящее время регламентируется «Инструкцией по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» [2], разработанной ВНИМИ и утвержденной к применению в 2000 г. (далее – Инструкция). За истекшие 10 лет на шахтах российского Донбасса накоплен достаточно большой опыт применения Инструкции для выбора и обоснования параметров анкерной крепи.

За эти годы произошел полный переход от применения анкеров распорно-замковых конструкций к анкерам сталеполимерным. Поэтому накопленный опыт касается, прежде всего, применения анкерной сталеполимерной крепи. Ее очевидные достоинства (высокая несущая способность и малая податливость) по сравнению с распорно-замковыми анкерами сделали возможным применение анкерной крепи в зонах влияния очистных работ и для крепления сопряжений и камер большой ширины (за пределами

действия Инструкции). ОАО «ШахтНИУИ» разработано для этих целей «Руководство по креплению анкерами сопряжений горных выработок и камер шириной 8-12 м» [3]. Анкерная крепь стала все чаще применяться для крепления капитальных горных выработок.

Применение Инструкции для определения параметров анкерной крепи в различных условиях эксплуатации выявило ряд ее недостатков, которые обуславливают необходимость дополнительных исследований для обоснования большинства параметров анкерной крепи (табл.1).

Несущая способность анкеров регламентируется указанным ГОСТом. В соответствии с ним минимальная несущая способность сталеполимерных анкеров должна составлять не менее 100 кН. Инструкция предусматривает возможность использования анкеров со стержнями диаметром 20 мм из Ст3 и Ст5 со стандартной резьбой типоразмера М20, имеющих расчетную несущую

Параметры анкерной крепи, нуждающиеся в дополнительном обосновании и уточнении после определения по действующей Инструкции

Параметр	Причины дополнительного обоснования и уточнения
Несущая способность анкеров	Инструкция не содержит рекомендаций по несущей способности анкеров для различных условий эксплуатации, допускает применение анкеров с несущей способностью менее установленной ГОСТ Р 52042-2003. Крепи анкерные. Общие технические условия. Опыт показал, что необходимая несущая способность анкеров зависит от влияния очистных работ, наличия в кровле слабых контактов и глубины расположения выработки
Сопротивление анкерной крепи	Сопротивление анкерной крепи при большой глубине залегания и слоистых породах кровли, склонных к расслоению, должно быть больше, чем определяемое по Инструкции
Податливость анкеров	Податливость анкеров, регламентируемая Инструкцией, значительно превосходит реально необходимые значения этого параметра
Длина закрепления стержней в шпурах	Инструкция требует закрепления стержней анкеров в капитальных горных выработках по всей длине шпура, что необходимо далеко не во всех случаях. Вместе с тем, при поддержании выработок в зонах влияния очистных работ в условиях слоистых кровель для сохранения их устойчивости целесообразно закрепление анкеров по всей длине шпуров, что не предусматривается Инструкцией
Прочность опорных элементов	Инструкция не содержит указаний о прочности (толщине) опорных элементов. Поэтому выбор их зачастую производится по принципу минимализации затрат, что приводит к их порывам или прорывам в зонах влияния очистных работ
Затяжка кровли	Инструкция часто требует применения затяжки кровли и в тех случаях, когда ее применение не является необходимостью
Параметры анкерной крепи для боков	Инструкция содержит алгоритм определения параметров анкерной крепи в боках, результаты расчета по которому, как правило, сильно отличаются от реально необходимых для этих условий параметров анкерной крепи
Условия применения антикоррозионных покрытий	Инструкция устанавливает условия для применения антикоррозионных покрытий на элементах анкерной крепи: срок службы более 5 лет в условиях поддержания обводненных пород или при относительной влажности воздуха более 85 %. Но исчерпание ресурса анкерной крепи по фактору коррозионного износа не всегда происходит при этих условиях, равно как и имеют место случаи исчерпания ресурса анкерной крепи по фактору коррозионного износа и при отсутствии указанных условий
Выбор антикоррозионных средств	Инструкция не содержит рекомендаций по выбору антикоррозионных средств для создания антикоррозионных покрытий на элементах анкерной крепи
Первоначальное натяжение анкеров	Инструкция требует придавать анкерам первоначальное натяжение величиной не менее 10 кН, что в большинстве случаев оказывается недостаточным

способность от 60 до 100 кН и диаметром 24 мм из Ст3 и Ст5 со стандартной резьбой типоразмера М24, имеющих расчетную несущую способность от 65 до 130 кН.

Опыт использования анкеров с типоразмером резьбы М20 и расчетной несущей способностью 93 кН на шахтах «Дальняя», «Ростовская», «Садкинская» и других показал, что их допустимо применять только вне зон влияния очистных работ. В зоне интенсивных смещений пород кровли за лавой стержни таких анкеров зачастую рвутся по резьбовой части даже при превышении уровня сопротивления крепи, требуемого инструкцией.

В связи с этим при корректировке технической документации на разработанные ОАО «ШахтНИУИ» анкерные крепи АСП1

и АСП1 исполнения с типоразмером резьбы М20 были исключены, а для изготовления анкерных стержней были приняты стали периодического профиля № 25 класса не ниже А-III. При формировании резьбовой части типоразмера М24 накатным способом расчетная несущая способность таких анкеров, исходя из минимальной прочности стержня на разрыв (по резьбовой части), составляет от 153 до 265 кН. При применении таких анкеров в зонах влияния очистных работ не было отмечено ни одного случая их разрыва по резьбовой части.

Получивший широкое распространение на шахтах российского Донбасса анкер А20В, поставляемый ЗАО «Кузбасспромсервис», имеет расчетную несущую способность около 130 кН. Его самым существен-

ным достоинством является использование винтового профиля для навинчивания натяжных гаек. Это позволяет наиболее полно использовать поперечное сечение стержня анкера, легко и в широких пределах регулировать положение натяжных гаек, устраняя при обрушениях нижних слоев кровли необходимость использования прокладок для создания контакта опорного элемента с кровлей в месте установки анкера. Однако этот анкер имеет недостаточно надежное болтовое соединение, так что в зонах влияния очистных работ наблюдаются срывы гаек со стержней. По этой причине ОАО «ШахтНИУИ» не рекомендует применять этот анкер для крепления выемочных выработок, которые будут сохраняться за очистным забоем для повторного использования бесцеликовым способом.

Исследованиями на шахте «Дальняя» [1] были установлены требования к несущей способности анкеров в зависимости от глубины расположения подготовительной выработки и количества слабых контактов в зоне анкерования. Несущая способность анкеров тесно увязана с расчетным сопротивлением анкерной крепи и длиной анкеров (табл.2).

Приведенные в табл.2 рекомендуемые параметры анкерной крепи учитываются при разработке рекомендаций по креплению выработок анкерной крепью на шахтах российского Донбасса. Требуемое сопротивление анкерной крепи для сохранения устойчивости кровли выработки зависит не только от глубины расположения выработки, но в значительно большей степени от наличия в кровле слабых контактов. Поэтому для

обеспечения требуемого уровня сопротивления анкерной крепи в выработках, расположенных в трещиноватых, слоистых породах, необходимы постоянные наблюдения за процессами расслоения анкеруемого массива пород кровли. Это наилучшим образом достигается путем осмотра стенок специально пробуренных (смотровых) шпуров с помощью оптических приборов, позволяющих определять наличие и величину раскрытия трещин расслоения, а также их удаление от контура кровли выработки. В случае увеличения числа слабых контактов, раскрывающихся в трещины расслоения, до шести и более возникает необходимость в корректировке параметров анкерной крепи.

По Инструкции длина анкеров для закрепления кровли определяется прежде всего типом кровли и шириной выработки. Опыт применения анкерной сталеполимерной крепи на шахтах российского Донбасса показал верность этого подхода при учете склонности массива к расслоению из-за наличия в нем слабых контактов.

Инструкцией устанавливаются значения податливости анкеров в зависимости от полноты закрепления стержня по длине шпура, величины расчетных смещений пород кровли и склонности анкеруемых углей и пород к горным ударам и выбросам. При смещениях около 300 мм, регламентируемых Инструкцией в качестве расчетных смещений для выемочных штреков, поддерживаемых за первым очистным забоем для повторного использования и погашаемых за вторым очистным забоем, и частичном закреплении стержней по длине шпуров регламентируемая величина податливости анкеров должна

Таблица 2

Рекомендуемые значения параметров анкеров для различных условий эксплуатации

Параметр	Условия использования	
	Незначительное количество слабых контактов в кровле (менее шести)	Наличие большого числа слабых контактов в кровле (шесть и более)
Несущая способность анкеров, кН, не менее	130/180	220/260
Расчетное сопротивление анкерной крепи, кН/м ²	120-150/150-200	200-240/240-300
Длина анкеров, м	2,0/2,0	2,2/2,4

Примечание. В числителе – на глубине менее 600 м; в знаменателе – на глубине более 600 м.

составлять 70 мм. Опыт применения анкерной крепи на угольных шахтах показал, что для этих условий достаточно применять демпфирующие элементы (опорные пластины) с конструктивной податливостью 14 мм. Общая податливость анкера АСГ1 с такой опорной пластиной при достижении расчетной несущей способности составляет 23 мм.

Для обеспечения требований Инструкции к величине податливости у анкера АСГ1 имеется группа исполнений с тремя опорными пластинами. Но поскольку за более чем десятилетний срок применения этого анкера на шахтах российского Донбасса в самых сложных условиях эксплуатации (в зонах влияния очистных работ) отказов анкерной крепи из-за недостаточной податливости не наблюдалось, исполнение анкеров АСГ1 с тремя опорными пластинами оказалось невостребованным. В связи с этим возникла необходимость в уточнении требований к податливости анкеров, регламентируемых действующей Инструкцией и ГОСТом.

На шахтах российского Донбасса для исключения перегрузок на анкеры в зоне влияния очистных работ при смещениях кровли более 150 мм применяются опорные пластины или шайбы, входящие в комплект поставки анкеров. Применение демпфирующих элементов рекомендуется и для особо ответственных капитальных выработок, закрепляемых только анкерной крепью: наклонных стволов, сопряжений, камер с пролетом более 8,0 м. В остальных случаях допускается применение анкеров без демпфирующих элементов.

Инструкция требует закрепления стержней анкеров в капитальных горных выработках по всей длине шпуров, что далеко не во всех случаях необходимо. В условиях прочных монолитных пород, не склонных к расслоению, поддерживаемых вне зон влияния очистных работ, допустимо закрепление стержней анкеров и не по всей длине шпура. Вместе с тем при поддержании выработок в зонах влияния очистных работ в условиях слоистых кровель для сохранения их устойчивости целесообразно закрепление анкеров по всей длине шпуров, что не предусматривается Инструкцией.

Инструкция не содержит указаний о прочности (толщине) опорных элементов. Опыт показал, что металлические полосовые подхваты толщиной 5 или 6 мм при поддержании кровли в зонах влияния очистных работ прорываются натяжными гайками анкеров. Поэтому рекомендованная толщина опорных элементов (металлических полосовых подхватов) для эксплуатации анкерной крепи в зонах влияния очистных работ составляет не менее 8 мм.

Инструкция требует применения затяжки кровли во всех случаях, кроме выработок с устойчивой кровлей, эксплуатируемых в условиях небольшого горного давления в течение не более 4-5 лет. Но эти требования во многих случаях оказываются чрезмерными. На шахте «Садкинская» имеется успешный опыт поддержания устойчивых и среднеустойчивых кровель в зонах влияния очистных работ без затяжки. Если кровля малотрещиновата и не склонна к расслоению, ее можно поддерживать без затяжки в зоне влияния очистных работ анкерной крепью, усиленной податливыми стойками. Применение затяжки необходимо при креплении выработок с трещиноватыми и склонными к расслоению кровлями.

Параметры анкерной крепи для боков выработок, рассчитанные по Инструкции, как правило, не соответствуют условиям их поддержания. Плотность анкерования и расстояние между анкерами оказываются недостаточными. По расчету может оказаться, что бок следует крепить, а он в креплении не нуждается. И наоборот. Алгоритм для расчета параметров анкерной крепи для боков выработок и сопряжений, содержащийся в Инструкции, не пригоден для определения параметров анкерной крепи боков для шахт российского Донбасса. Крепление боков здесь осуществляется по рекомендациям ОАО «ШахтНИУИ», разработанным исходя из имеющегося опыта крепления боков выработок анкерной крепью.

Инструкция устанавливает условия для применения антикоррозионных покрытий на элементах анкерной крепи (см. табл.1), но не содержит указаний по выбору средств для формирования антикоррозионных по-

крытий на элементах анкерной крепи. Исследования, проведенные ОАО «ШахтНИИУИ» показали, что требования к средствам антикоррозионной защиты элементов анкерной крепи должны быть очень жесткими. Шахтные испытания различных антикоррозионных материалов, поставляемых на рынок Российской Федерации, на предмет их пригодности для антикоррозионной защиты анкерной крепи выявили лишь одно антикоррозионное средство, пригодное для этой цели, – антикоррозионный материал Sika Epiter TF 130, поставляемый ЗАО «Амвит» (Москва) [4]. Нанесение этого материала на элементы анкерной крепи допускается только после специальной абразивно-струйной обработки их поверхности и может осуществляться только в заводских условиях. Использование этого антикоррозионного средства удорожает анкерную крепь на 50-60 %. Поэтому применение анкерной крепи с антикоррозионными покрытиями из этого материала должно быть тщательно обосновано.

Возможно применение и других антикоррозионных материалов, но они должны предварительно пройти шахтные испытания на их пригодность для формирования антикоррозионных покрытий элементов анкерной крепи.

Наиболее простым антикоррозионным средством, которое может быть использовано для защиты элементов анкерной крепи от коррозионного разрушения, является битумная мастика, которая может некоторое время (от года до 5 лет) предотвращать коррозионное разрушение элементов анкерной крепи.

Если применять антикоррозионные покрытия элементов анкерной крепи в полном соответствии с критериями их применения, приведенными в Инструкции, может оказаться, что они применяются в условиях, где ресурс анкерной крепи по фактору коррозионного износа превышает срок эксплуатации выработки, или наоборот, не применяются в условиях, где ресурс анкерной крепи по фактору коррозионного износа меньше срока эксплуатации выработки. Поэтому обоснование необходимости применения анкерной крепи с антикоррозионным по-

крытием производится по результатам исследования динамики коррозионного разрушения элементов анкерной крепи в других выработках этой или близлежащих шахт, эксплуатирующихся в сходных условиях. Согласно этим данным определяются скорость коррозионного разрушения элементов анкерной крепи, их ресурс по фактору коррозионного износа и необходимость применения антикоррозионных мероприятий [5].

В Инструкции содержится только одно требование к первоначальному натяжению анкеров – оно должно быть не менее 10 кН. В условиях трещиноватых, слоистых кровель, склонных к расслоению, такое натяжение анкеров оказывается недостаточным для предотвращения процессов расслоения кровли. А при неровном профиле кровли такого усилия порой недостаточно и для того, чтобы прижать опорный элемент к кровле. Опыт показал, что в этих случаях необходимо придавать анкерам первоначальное натяжение не менее 40 кН.

В табл.3 приведены методические подходы к уточнению параметров анкерной крепи для конкретных условий эксплуатации.

Таким образом, такие важнейшие параметры анкерной крепи как несущая способность анкера, сопротивление анкерной крепи, длина закрепления стержней по длине шпуров, прочность опорных элементов, необходимость применения затяжки кровли, а также антикоррозионных покрытий на элементах анкерной крепи после определения их по Инструкции нуждаются в уточнении для конкретных условий эксплуатации.

В связи с этим можно констатировать, что назрела необходимость в разработке новой редакции «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России», учитывающей опыт применения анкерной сталеполимерной крепи, накопленный на шахтах, как российского Донбасса, так и других угледобывающих регионов страны. Учитывая последние тенденции в формировании нормативно-технической базы горного производства вместо новой редакции указанной Инструкции можно разрабатывать технические рег-

Методические подходы к уточнению параметров анкерной крепи для конкретных условий эксплуатации

Параметр	Уточнение параметров
Несущая способность анкеров и сопротивление анкерной крепи	Исходя из опыта эксплуатации с учетом рекомендаций в табл.2.
Податливость анкеров	Вне зон влияния очистных работ – без демпфирующего элемента; в зонах влияния очистных работ на пластах, опасных по горным ударам и выбросам, а также в особо ответственных капитальных выработках – с демпфирующим элементом, обеспечивающим податливость анкера не менее 23 мм
Длина закрепления стержней в штупах	Для каждого конкретного случая с учетом назначения выработки, влияния на нее очистных работ, обводненности, трещиноватости анкеруемого массива и склонности его к расслоению
Прочность опорных элементов	В выработках, подверженных влиянию очистных работ, толщина опорного элемента (как правило, металлического полосового подхвата) не менее 8 мм
Затяжка кровли	Необходимость применения – из опыта эксплуатации анкерной крепи в аналогичных условиях
Параметры анкерной крепи для боков	Исключительно из опыта эксплуатации анкерной крепи в аналогичных условиях
Условия применения антикоррозионных покрытий	Применение антикоррозионных покрытий на основании изучения динамики коррозионного износа элементов анкерной крепи в сходных условиях эксплуатации
Выбор антикоррозионных средств	При длительной эксплуатации анкерной крепи – антикоррозионный материал Sika Epiter TF 130, наносимый в заводских условиях. При незначительном превышении сроком службы выработки ресурса анкерной крепи по коррозионному фактору – битумная мастика, наносимая в шахтных условиях
Первоначальное натяжение анкеров	В условиях неслоистой, устойчивой кровли с ровным профилем не менее 10 кН, во всех остальных случаях не менее 40 кН

ламенты на применение анкерной крепи с областью применения в пределах угольного бассейна, района, одного или нескольких угледобывающих предприятий. Это позволит при определении параметров анкерной крепи более точно учитывать условия ее работы, повысить эффективность ее применения и безопасность эксплуатации закрепленных ею выработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов А.В. Влияние сопротивления анкерной крепи на смещения пород кровли с различным количеством слабых контактов в подготовительных выработках вне зоны влияния очистных работ / А.В.Беликов, В.В.Беликов // Горный инф.-аналит. бюл. 2008. № 12. С.340-345.
2. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России / ВНИМИ. СПб, 2000. 70 с.
3. Руководство по креплению анкерами сопряжений горных выработок и камер шириной 8-12 м / ШахтНИУИ. Шахты, 2008. 122 с.

4. Чавкин А.И. Обеспечение проектных сроков эксплуатации анкерных металлических крепей // Горный инф.-аналит. бюл. 2008. № 12. С.327-332.

5. Чавкин А.И. Причины, динамика коррозионного износа и прогноз срока службы анкерной крепи в условиях коррозионно-активной среды // Уголь. 2004. № 3. С.15-16.

REFERENCES

1. Belikov A.V., Belikov V.V. Agency of resistance of the roof bolting on biases of roof rock with various quantity of feeble contacts in development openings outside of a band of agency of a broken working // The Mountain informational – analytical bulletin. 2008. N 12. P.340-345.
2. The instruction on calculation and application of the roof bolting on collieries of Russia / Saint Petersburg, 2000. 70 p.
3. An administration on fastening by anchors of conjugations of mine workings and cabinets in breadth 8-12 m / Shakty, 2008. 122 p.
4. Chavkin A.I. Maintenance of design expected life the metal roof bolting // The Mountain informational-analytical bulletin. 2008. N 12. P.327-332.
5. Chavkin A.I. Parent, dynamic loudspeaker of a corrosive wear and the forecast of service life of the roof bolting in requirements of the corrosive fissile medium // Coal. 2004. N 3. P.15-16.