

УДК 622.284.74**Р.А. Иванов**

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИНСТРУКЦИЙ ПО РАСЧЕТУ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ

Важную роль в повышении эффективности производства (снижение себестоимости продукции, рост производительности труда, обеспечение безопасности и ритмичной работы угольных шахт) играет решение проблемы рационального крепления и надежного поддержания горных выработок.

Недостатки рамной крепи, возводимой вручную, проявились особенно остро в период широкого внедрения высокопроизводительных проходческих комбайнов, очистных механизированных комплексов и перевода горных работ на более глубокие горизонты. В этих условиях, крепь стала основным фактором, сдерживающим увеличение темпов проведения выработок. Что в свою очередь сдерживает интенсификацию отработки угольных пластов и затрудняет освоение проектных показателей по добыче угля.

Промышленное освоение нового способа крепления, с применением анкерной крепи, позволило значительно улучшить технико-экономические показатели работы предприятий, осуществить коренное перевооружение в сфере крепления и поддержания горных выработок, снизить производственный травматизм от обрушения пород и создать благоприятные условия для высокопроизводительной работы проходческих комбайнов и очистных механизированных комплексов.

Освоение анкерной крепи требовало решения ряда сложных научно-технических проблем, возникающих в связи с коренным изменением существующих способов крепления, а также практического доказательства возможности применения ее (при правильно выбранных параметрах) в чрезвычайно разнообразных горно-геологических условиях. В развитии анкерной крепи можно выделить три этапа:

- первый – анкерная крепь распорного типа;
- второй – сталеполимерная анкерная крепь;
- третий – анкера глубокого заложения (канатные и составные анкера).

На сегодняшний день горная промышленность обладает более чем полувековым опытом использования анкерной крепи; в настоящее время актуальным вопросом является создание универсальной инструкции по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России.

Для этого необходимо четкое представление о существующих методах расчета анкерного крепления, в связи с этим нами были проанализированы существующие инструкции по расчету анкерного крепления.

Первая, из рассмотренных нами инструкций, -

“Инструкция по применению анкерной крепи в подготовительных выработках шахт Кузбасса”, разработанная КузНИУИ и изданная в 1969 году в Прокопьевске.

Инструкцию составили доктор технических наук А.П.Широков и В.А.Лидер.

Инструкция ориентирована на применение конкретных анкерных болтов, совокупная область применения которых довольно обширна.

Основными параметрами анкерной крепи, определяемыми при расчёте, являются: длина анкера, прочность закрепления и плотность установки.

Основными факторами заметно сужающим область применения анкерной крепи являются коэффициент крепости, водоприток и влияние очистных работ.

Следующая рассмотренная нами инструкция это – “Инструкция по применению металлической рамной и анкерной крепей на шахтах Кузбасса”. Инструкция разработана в КузНИУИ, издана в Прокопьевске в 1972 году. Авторами данной инструкции являются Широков А.П., Бараников П.И., Лидер В.А., Куралова Л.Г..

Эта инструкция существенно ничем не отличается от рассмотренной нами ранее. Факторы, определяющие возможность установки анкерной крепи остались прежними.

Следующая рассмотренная нами инструкция: “Инструкция по ремонту горных выработок закреплённых анкерной крепью”.

Инструкция разработана в КузНИУИ и издана в 1974 году в Прокопьевске.

Авторами инструкции являются Широков А.П., Башев И.Ф., Писляков Б.Г., Егошин В.В., Разумняк Н.А., Гимасов Б.П., Ковылов В.С..

Инструкция отличается от предыдущих тем, что в ней описаны характер и причины деформации выработок с анкерной крепью. В расчёте параметров анкерной крепи отличий от предыдущих инструкций нет.

Затем нами была рассмотрена: “Отраслевая инструкция по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт”. Инструкция разработана Институтом Горного дела им. А.А. Скочинского и издана в 1985 году в Москве (авторы: П.И. Гнесунев, Н.И. Мельников, М.Л. Гелескул и др.).

Инструкция не содержит расчётных формул, а только рекомендации и предписания для выбора параметров анкерных болтов в различных условиях. Это, скорее, справочник.

Следующая инструкция это – “Временное руководство по применению винтовой анкерной

крепи для крепления подготовительных выработок на шахтах Кузбасса”, разработана в КузПИ и издана в г. Кемерово в 1989 году. Авторы: Егоров П.В., Квон С.С., Шевелёв Ю.А., Денискин Н.Ф., Шакурина В.Г. и др.

В данной инструкции для крепления выработок рекомендуют использовать винтовую анкерную крепь. В инструкции описана область применения винтовой анкерной крепи, которая не получила широкого распространения, из-за очень ограниченной области применения.

Следующая рассмотренная нами инструкция – “Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России”.

Инструкция разработана Межотраслевым научным центром ВНИМИ при участии специалистов КузНИУИ, ПечорНИИпроекта, ЦАКК Кузбасса, ШахтНИУИ, производственников и Госгортехнадзора России – изданная в 2000 году в Санкт-Петербурге.

Авторы: К.А. Ардашев (руководитель), В.Б. Артемьев, В.И. Аксененко, В.А. Борисовец, А.В. Борисов, В.В. Беликов, В.М. Вернигор, Ю.П. Коренной, А.И. Кузнецова, Т.И. Лазаревич, К.Н. Лазченко, В.С. Лудзиш, А.А. Обухов, С.И. Посыльный, А.А. Привалов, В.В. Райский, В.Н. Рева, А.В. Ремезов, М.А. Розенбаум, К.И. Рутьков, П.С. Сыркин, А.Б. Соколов, С.А. Толмачев, В.М. Удовиченко.

Данная инструкция ориентирована на применение сталеполимерных анкеров с высокой несущей способностью. Основными факторами, определяющими выбор конструкций анкерной крепи являются назначение, срок службы выработок, их форма и размеры, интенсивность горного давления, а также степень устойчивости вмещающих пород. Предусмотрен выбор различных паспортов крепления и поддержания выработок. В целом инструкция существенно отличается от рассмотренных нами ранее, её область применения гораздо шире, а расчёты для определения параметров анкерного крепления минимизированы с помощью использования nomogramm.

В октябре-декабре 2002 года нами была проведена работа по изучению проявления горного давления и работоспособности анкерной крепи в разрезной печи и в штреках лавы № 910, в горно-геологических условиях пласта Полясаевского – I на шахте «Заречная», при прохождении комплексом разрезной диагональной печи.^{1*}

Параметры анкерного крепления рассчитывались согласно “Инструкции по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России” 2000 года выпуска.

Конвейерный штрек № 910 проходит по пл. Полясаевскому-1. Глубина залегания выработки 150-267м. Падение пласта 0,5-1°, средняя мощ-

ность пласта 2,5м.. Штрек проходит по углю с сечением в проходке $S_{np} = 12,2 \text{ м}^2$. Длина верхняка для крепления выработки $L = 4,5\text{м}$ из СВП-22 или швеллера № 8 -10. Срок службы выработок до 12 месяцев.

Для крепления конвейерного штрека №910 применяли анкерную крепь типа АСП с анкерами $L = 2,2\text{м}$, $D = 20\text{мм}$ с ампулами АКЦ-1У, АП-1, АКЦ-1Н, $L = 470\text{мм}$. Длина верхняка 4,5м из СВП-22 с четырьмя отверстиями $D = 35\text{мм}$.

Шаг крепи по кровле принимаем 0,8м с перетяжкой кровли металлической решетчатой затяжкой из проволоки $d=6-8\text{мм}$.

Крепление бортов выработок производится на всём протяжении металлической полосой из 1/2 СВП-17,22 или штропсами длиной 3,5м расположенной параллельно почве на три анкера АКС $L=1,6\text{м}$ с ампулами АКЦ-1У, АП-1 $L=300\text{мм}$. Отставание крепления бортов от крепления кровли допускается не более 10м.

Вентиляционный штрек № 910 проходится по пл. Полясаевскому-1. Глубина залегания выработки 150-267 м. Падение пласта 5-8°, средняя мощность пласта 2,5м. Заезд проходится по углю с сечением в проходке $S_{np} = 9,62 \text{ м}^2$. Длина верхняка для крепления выработки $L = 3,5\text{м}$ из СВП-22. Срок службы выработки до 12 месяцев.

Для крепления Вентиляционного штрека №910 применяли анкерную крепь типа АСП с анкерами $L = 2,2\text{м}$, $D = 20\text{мм}$ с ампулами АКЦ-1У, АП-1, АКЦ-1Н, $L = 470\text{мм}$. Длина верхняка 3,5м из СВП-22 с тремя отверстиями $D=35\text{мм}$. Шаг крепи по кровле принимаем 0,8м с перетяжкой кровли металлической решетчатой затяжкой из проволоки $d=6-8\text{мм}$.

Крепление бортов выработок производится на всём протяжении металлической полосой из 1/2 СВП-17,22 или штропсами длиной 3,5м расположенной параллельно почве на три анкера АКС $L=1,6\text{м}$ с ампулами АКЦ-1У, АП-1 $L=300\text{мм}$. Отставание крепления бортов от крепления кровли допускается не более 10м.

Разрезная печь №910 проходится по пл. Полясаевскому-1. Глубина залегания выработки 150-267м. Падение пласта 3-5°, средняя мощность пласта 2,5м. Заезд проходится по углю с сечением в проходке $S_{np} = 9,62 \text{ м}^2$. Длина верхняка для крепления выработки $L = 3,5\text{м}$ из СВП-22 или швеллера 8-10. Срок службы выработки до 12 месяцев.

Для крепления разрезной печи №910 применяли анкерную крепь типа АСП с анкерами $L = 1,7-2,2\text{м}$, $D = 20\text{мм}$ с ампулами АКЦ-1У, АП-1, АКЦ-1Н, $L = 470\text{мм}$. Длина верхняка 3,5 м из СВП-22 с тремя отверстиями $D=35\text{мм}$.

Шаг крепи по кровле принимаем 0,8м с перетяжкой кровли металлической решетчатой затяжкой из проволоки $D=6-8\text{мм}$.

Борта не крепятся.

Для получения информации о проявлениях горного давления были установлены замерные

¹ Работа проводилась совместно с Батиным К.И.

станции.

Одна замерная станция, для замеров вертикальной конвергенции, была расположена на вентиляционном штреке – перед сопряжением штрека с разрезной печью (по ходу движения очистного забоя), вторая – на конвейерном штреке.

Также были оборудованы замерные пункты по разрезной печи на расстоянии 20м друг от друга - для замеров вертикальных смещений пород, и две замерные станции для замера горизонтальных смещений бортов выработки - одна у сопряжения с вентиляционным штреком, другая на середине разрезной печи (рис.1).

В связи с тем, что анкеры скрыты толщей пород, в которых они установлены, по внешнему виду анкерной крепи трудно судить, насколько надёжно она закреплена.

Для наблюдения за смещением и расслоением

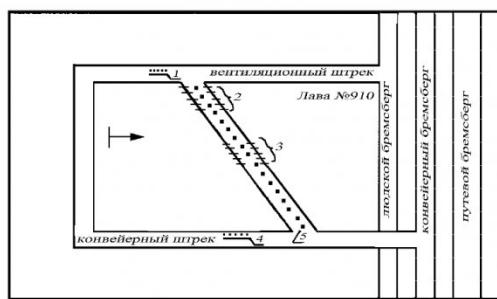


Рис.1. Расположение станций в лаве № 910:
1 - замерная станция №1, для измерения вертикальной конвергенции; 2 - замерная станция №2, для измерения горизонтальной конвергенции; 3 - замерная станция №3, для измерения горизонтальной конвергенции; 4 - замерная станция №4, для измерения вертикальной конвергенции; 5 - почвенные репера для измерения вертикальной конвергенции.

пород кровли также были установлены глубинные реперы в местах расположения замерных станций №1 и №4. В шпур (рис.2) диаметром 43 мм, длиной на 1 метр выше горизонта закрепления анкеров, устанавливают два глубинных репера, соединённых тросами с цветными указателями. Один (базовый) глубинный репер, закрепляют в забое шпура, а другой - на глубине закрепления анкеров.

Показания на замерных станциях снимались с момента, когда расстояние от очистного забоя до разрезной печи, по вентиляционному штреку, составляло 90 м, по конвейерному- 260 м. Расстояние от очистного забоя до замерной станции на вентиляционном штреке составляло 75 м, на конвейерном 166 м. Показания снимались с частотой 48-24 часа с точностью до 1 мм.

Периодичность снятия показаний составляла 48 часов по всем замерным пунктам, с последующим переходом на 24 часа.

Скорость смещения пород кровли на вентиля-

ционном штреке изменялась в среднем от 0,3 до 1 мм/сут. на расстоянии 75-20 м от очистного забоя, 1-1,5 мм/сут. на расстоянии 20-13 м. Максимальное значение величины смещения пород кровли составило 8 мм, что составляет приблизительно 1/11 от расчётных смещений.

На вентиляционном штреке анкерная крепь работала удовлетворительно.

Скорость смещения пород кровли в конвейерном штреке изменялась от 0 до 1,5 мм/сут на расстоянии 65-27 м от очистного забоя, от 0,9 до 19 мм/сут на расстоянии 27-2 м. Максимальное значение величины смещения пород кровли составило 43 мм, что составляет приблизительно 1/3 от расчётных смещений. На конвейерном штреке наблюдались отжимы и вывалы бортов выработки.

Отмечена не всегда удовлетворительная работа анкерной крепи.

Скорость смещений пород кровли в разрезной печи изменялась от 0 до 2,5 мм/сут. на расстоянии 75-30 м от очистного забоя, 1- 9,5 мм/сут. на расстоянии 30-1 м. Максимальное значение величины смещения пород кровли в разрезной печи составило 33 мм, приблизительно 1/2 от расчётных. Причём на замерных пунктах в разрезной печи были получены отрицательные значения конвергенции на расстоянии 1 и 17 м от замерного пункта до очистного забоя. А значения отрицательных смещений на двух замерных пунктах превысили значения первоначальных положительных смещений на 8 и 14 мм, соответственно.

Анкерная крепь работала удовлетворительно.

В 2003 г. была проведена аналогичная работа

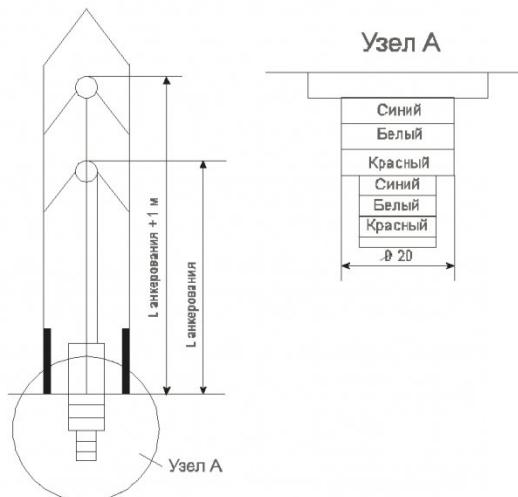


Рис.2. Шпур с установленным в нём глубинным репером с цветовой индикацией. Метки на реперах представляют цветные горизонтальные полосы:

- синий – расслоение пород в допустимых пределах;
- белый – угрожающий предел расслоения;
- красный – критическое расслоение.

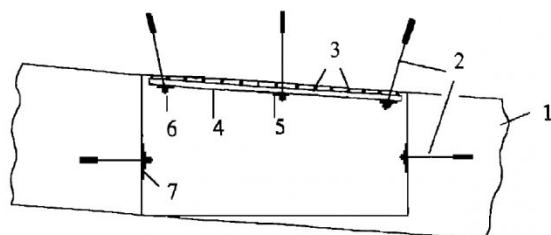


Рис.3. Выемочный штрек, закреплённый сталеполимерной анкерной крепью:

1 - пласт угля; 2 - анкера в бортах и кровле выработки; 3 - металлическая решётка; 4- верхняк из швеллера: 5 - шайба; 6 - гайка; 7 – штрупса

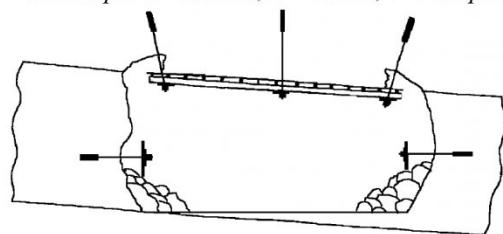


Рис.5. Выемочный штрек, закреплённый сталеполимерной анкерной крепью

в лаве № 909. Наиболее существенное и интересное отличие данной лавы от предыдущей – это её расположение. Лава находилась в отработанном массиве. В отличие от предыдущей, данная лава отрабатывалась в более тяжёлых горно-геологических условиях, обусловленных переходом не обнаруженного ранее геологического нарушения, повышенной обводнённостью и газовыделением из выработанного пространства. Все эти факторы периодически приводили к простоям очистного забоя, которые по нашему предположению, должны были способствовать интенсивному смещению пород кровли. При визуальном осмотре оконтуривающих выработок, на расстоянии до 50 м от лавы обнаруживались отжимы и вывалы толщиной до 1 м. Но, несмотря на сложные условия, в которых отрабатывалась лава, полученные данные ничем существенным от предыдущих не отличались.

При проведении наблюдений в выработках оконтуривающих лаву № 909 – была установлена не всегда удовлетворительная работа анкерной крепи, хотя смещения кровли в выработках едва ли составили 1/3 от расчётных. Можно предположить, что происходили интенсивные смещения кровли непосредственно после проведения выработки. Но, принимая во внимание тот факт, что ни в одной из выработок не было замечено на момент установки измерительных станций характерных признаков смещения кровли, это маловероятно.

При проведении натурных наблюдений в выработках, оконтуривающих лаву № 910, была отмечена удовлетворительная работа анкерной крепи, при условии соблюдения паспорта крепления.

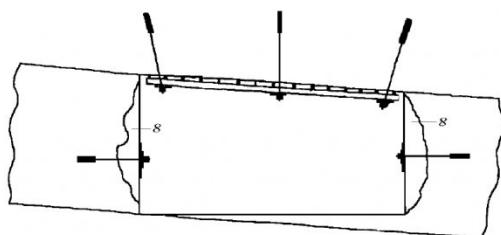


Рис.4. Выемочный штрек, закреплённый сталеполимерной анкерной крепью: 8 - отжим

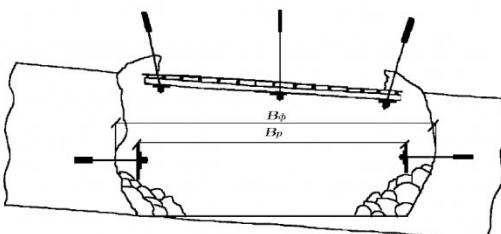


Рис.6. Выемочный штрек, закреплённый сталеполимерной анкерной крепью:

B_p – расчётная ширина выработки, B_ϕ – фактическая ширина выработки

Однако в выработках оконтуривающих лаву № 909, при аналогичных расчётных параметрах анкерного крепления, были отмечены отказы работоспособности анкерного крепления. Рассмотрев возможные причины отказа работоспособности крепи, мы пришли к выводу, что одной из таких может являться несоответствие расчетного сечения выработки фактическому.

На рис.3 изображено сечение вентиляционного штрека № 909 по паспорту.

На рис.4 изображено то же сечение с отжимом в начальной стадии.

На рис.5 изображено сечение выработки после обрушения отжимов.

Таким образом, при расчете параметров анкерного крепления, использовалась ширина выработок по паспорту – B_p . В действительности же, при подвигании очистного забоя и попадании выработок в зону опорного давления, сечение приобретало отличные от расчётных форму и ширину (рис.6).

Таким образом, $B_\phi > B_p$, при величине отжимов 1 м и $B_p=3,7$ м на 54 %, что не соответствует фактическим расчётным параметрам анкерной крепи. Следовательно, не принимая мер по укреплению бортов от вывалов, расчёт параметров анкерного крепления, для выработок лавы № 909, можно считать неверным.

Возможной мерой исключения неточностей в расчёте параметров анкерной крепи является укрепление бортов от вывалов, но это будет малоэффективно, т.к. усиление крепления бортов предотвратит вывалы, но не отжимы.

Другой мерой может быть учёт возможных

отжимов (в определённых горнотехнических условиях) при расчёте длины анкерных стержней.

Также для борьбы с вывалами может использоваться схема анкерования, при которой крайние анкеры будут устанавливаться под более острым углом и иметь большую длину, чем центральный анкер. Это поможет передавать нагрузку центру (внутренней части) целиков, уменьшит возможность вывалов вдоль борта выработки.

Выводы

1. В большинстве рассмотренных инструкций, по расчёту анкерной крепи, использовалась одна и та же методика расчёта параметров анкерного крепления.

2. Все рассмотренные инструкции не распространяются на применение анкерной крепи в специфических и сложных условиях.

3. Большинство рассмотренных инструкций не распространяется на ранее закреплённые анкерной крепью выработки.

4. Установлено, что применяемая в настоящее время инструкция для угольных шахт России не всегда обеспечивает верный выбор параметров анкерного крепления.

5. Параметры анкерной крепи (длина анке-

ров и плотность установки) в настоящее время определяются обычно по эмпирическим формулам, а также в соответствии с рекомендациями, регламентирующими параметры анкеров для различных отраслей шахтного и подземного строительства. Разработка методов расчета анкерной крепи находится еще в начальной стадии. Методы анализа напряженного состояния армированного анкерами массива пород вокруг выработки также требуют дальнейшего развития.

6. Для дальнейшего изучения геомеханических процессов происходящих в горных выработках, закрепленных анкерной крепью, необходимы новые научные исследования, оборудование в горных выработках сложных замерных станций, состоящих из разнообразных датчиков позволяющих достоверно определить влияние анкерного крепления на устойчивость горных выработок.

7. Необходима разработка отечественного оборудования, при помощи которого можно было бы с большей достоверностью определить по пробуренному в кровле горной выработки шпуру горно-геологические условия и принять в решении расчетных задач коэффициенты, соответствующие сложности существующих условий.

□ Автор статьи:

Иванов

Руслан Александрович

– аспирант каф. разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом

УДК 622.822.22

А.М.Ермолаев, А.А.Ермолаев

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВСКРЫТИЯ И ПОДГОТОВКИ ВЫЕМОЧНЫХ ПОЛЕЙ (БЛОКОВ) ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВ УГЛЯ, СКЛОНОВЫХ К САМОВОЗГОРАНИЮ

Определение места заложения полевого штreta

Согласно требованиям Правил безопасности вскрытие, подготовка и разработка пластов угля, склонных к самовозгоранию, должно производиться через полевые выработки [1].

Следовательно, первоочередной задачей при проектировании является определение места заложения полевого штreta на проектируемом горизонте, для чего воспользуемся расчетной схемой, показанной на рис.1.

Если за исходную точку A принять точку пересечения плоскости симметрии сечения полевого штreta с горизонтом рельсовых путей, то перпенди-

куляр к плоскости почвы пласта определит положение точки B. Длина отрезка AB (расстояние от полевого штreta до пласта по нормали) является искомой в задаче. Эта длина зависит от высоты полевого штreta (в пределах 3 - 3,5 м), от величины растрескивания пород (при буровзрывной проходке полевого штreta 3 - 5 м) и от нормативов [2]: 25 м – если штрек закладывается в крепких породах и 35 м - в слабых (крепость пород по шкале М.М. Протодьяконова соответственно более

или менее 5). Таким образом, расстояние AB составит 31 для крепких и 43 м – для слабых пород.

Расстояние по горизонтали от точки A до точки пересече-

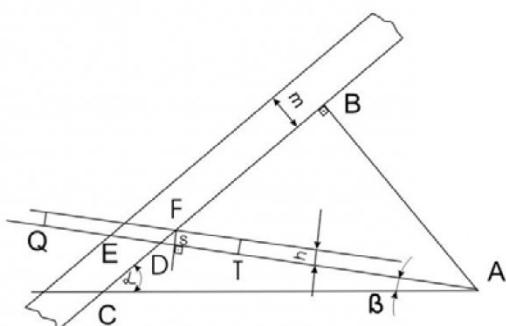


Рис.1. Расчетная схема по определению места заложения полевого штreta