Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LI, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.83 + 622.273.9

ПРОЯВЛЕНИЕ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТКАТОЧНЫХ ВЫРАБОТКАХ ТЕКЕЛИЙСКОГО РУДНИКА И РЕКОМЕНДАЦИЯ ДЛЯ НИХ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ КРЕПИ

В. В. Смирняков, Г. Г. Мирзаев

Текелийское месторождение свинцово-цинковых руд представляет сложную мощную крутопадающую линзообразную залежь. Породы висячего и лежачего боков представлены сильно трещиноватыми, склонными к обрушению углисто-глинистыми сланцами с прослойками доломитизированных известняков и других осадочных пород. Руды являются более крепкими и устойчивыми, чем вмещающие породы, и представлены сульфидами, вкрапленными в углисто-глинистых сланцах, кварцитах и углисто-кварцевых сланцах, а также пиритовыми рудами.

Физико-механические свойства горных пород Текелийского месторождения изменяются в широких пределах. Даже в образцах одной пробы отмечены расхождения, объясняемые в основном большой трещиноватостью пород. Механическая прочность пород весьма высока: средний предел прочности при одноосном сжатии перпендикулярно слоистости по данным наших испытаний составил для пород 1700 *кГ/см*^{2}, а для руд 2800 *кГ/см*^{2}. Предел прочности при сжатии параллельно слоистости для пород в 2—3, а для руд в 1,2—1,5 раза меньше, чем при сжатии перпендикулярно слоистости.

В настоящее время на руднике разрабатывают горизонты 7 и 8, в стадии подготовки находится горизонт 9, предполагается отработка рудного тела до горизонта 14.

Принята камерно-столбовая система разработки с маганизированием руды и последующей бетонной закладкой камер. При отбойке руды в камерах одновременно взрывается до 5 *т* ВВ, что неблагоприятно сказывается на состоянии расположенных вблизи горных выработок.

Основные откаточные выработки крепятся деревянной, монолитной бетонной и железобетонной и сборной железобетонной крепями. Поддержание выработок, особенно закрепленных сборной железобетонной крепью, на всех горизонтах вызывает значительные затруднения: некоторые участки выработок перекрепляли по 3—4 раза и несмотря на это они находятся в аварийном состоянии. Затраты на поддержание выработок увеличиваются по мере перехода горных работ на нижние горизонты. Так, в 1960 г. на поддержание выработок по руднику было израсходовано 29 тыс. руб., в 1961 — 37, в 1962 — 75 и в 1963 — более 100 тыс. руб.

Таким образом, одной из актуальных задач освоения нижних горизонтов Текелийского рудника является разработка рациональных видов крепи откаточных выработок.

При исследовании горного давления и характера его проявления на руднике нами замерялись нагрузки на крепь горных выработок, сдвижения пород кровли и боков выработки, систематически визуально изучалось состояние выработок и анализировались статистические данные о произведенных работах по перекреплению и ремонту выработок за последние 5 лет.

Нагрузки на крепь горных выработок измеряли с помощью специально сконструированных динамометров для замера распределенной и сосредоточенной нагрузок [Смирняков, Борисовец, 1961]. Всего в выработках Текелийского рудника установлено 34 стоечных динамометра и 130 для замера распределенной нагрузки на 29 замерных станциях. Сдвижения горных пород, окружающих выработку, измеряли путем установки в кровлю и бока выработки глубинных реперов штангового и струнного типов, широко применяемых в практике научно-исследовательских институтов [Билик и др., 1958].

В результате изучения всех собранных данных выявлены основные причины разрушения крепи откаточных выработок Текелийского рудника. Все выработки откаточных горизонтов Текелийского рудника по условиям поддержания можно условно разделить на две основные группы: 1) неподверженные влиянию очистных работ (выработки околоствольных дворов и вентиляционные, пройденные в восточной части месторождения); 2) находящиеся в зоне влияния очистных работ (полевой и рудный штреки, откаточные орты и др.).

Поддержание выработок первой группы на существующих горизонтах не представляет затруднений. Однако с увеличением глубины разработки нагрузка на крепь этих выработок должна увеличиться и применяемая в настоящее время крепь не сможет ее выдержать.

Для определения количественных и качественных показателей горного давления в выработках первой группы и их изменения в зависимости от глубины в заиловочных квершлагах горизонтов 5, 6, 7 были установлены динамометрические станции, расположенные одна от другой в 50 *м* по вертикали. Все станции установлены в одно время, в выработках одинакового сечения и закрепленных одинаковой железобетонной крепью, в одних и тех же породах с коэффициентом крепости 7.

Средние значения нагрузок на крепь, замеренных на отдельных станциях, и характер их распределения по контуру выработок (рис. 1) показывают, что давление на крепь во всех случаях нарастало постепенно и, достигнув максимума, оставалось постоянным. Величина и интенсивность нарастания нагрузки на этих станциях неодинаковы. С увеличением глубины скорость нарастания нагрузки увеличивается. Так, на горизонте 5 (глубина 176 *м*) нагрузка на крепь достигла максимального значения через 120—160 дней, а на горизонте 7 (глубина 276 *м*) — через 60—100 дней. Нагрузка на крепь в диапазоне 176—276 *м* возрастает почти пропорционально глубине, увеличиваясь через каждые 50 *м* примерно на 2 $T/м^2$. Если та же количественная зависимость сохранится на горизонтах 8, 9 и 10 (на глубинах соответственно 326, 376 и 426 *м*), давление на жесткую крепь однопутевых выработок соответственно составит 10, 12 и 14 $T/м^2$.

Основная доля затрат на поддержание приходится на выработки второй группы, где давление на крепь начинает развиваться уже спустя 15—20 дней после проходки. Нагрузка нарастает медленно и постепенно и стабилизируется в зависимости от глубины через 2—6 месяцев. При

отсутствии вблизи станции очистных работ нагрузка остается постоянной. С приближением этих работ к замерным станциям на 60—70 *м* нагрузка на крепь резко увеличивается и породы на контуре выработки сдвигаются. Крепь откаточных выработок обычно разрушается при приближении очистных работ на 30—40 *м*. После проходки очистных работ породы на контуре выработки в среднем сдвигаются на 40—50 *мм* (по реперам, закрепленным на глубине 2 *м*). И здесь нагрузка примерно в полтора раза

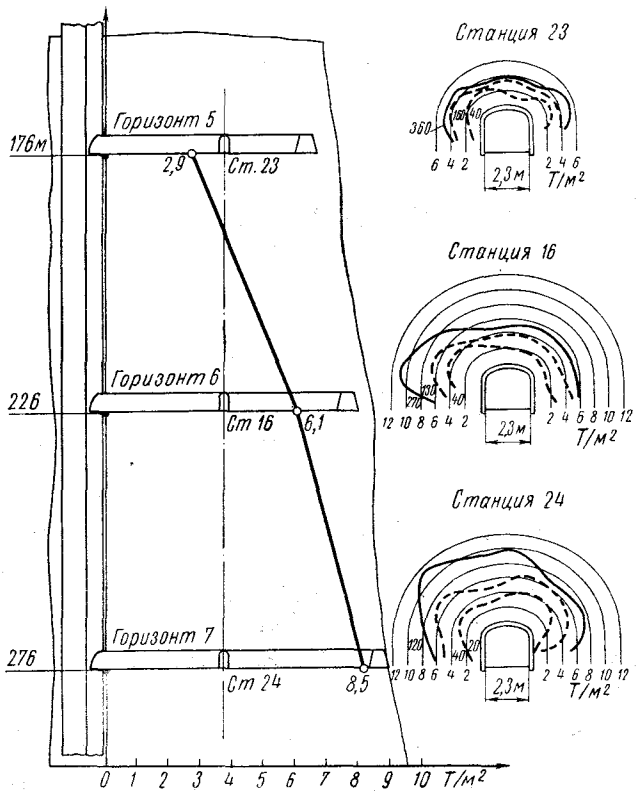


Рис. 1. Нагрузки на крепь и характер ее распределения по контуру выработок, не подверженных влиянию очистных работ.

больше со стороны боков выработки, чем со стороны кровли. Максимальная нагрузка в боках выработки 15 $Т/м^2$, а со стороны кровли 10 $Т/м^2$.

Поверочный расчет несущей способности крепи показал, что замеренные динамометрами нагрузки на всех станциях меньше несущей способности крепи на 30—40%. При этих условиях крепь не должна была бы разрушаться. Однако после прохода очистных работ выработки приходится полностью перекреплять. Это можно объяснить влиянием взрывных работ в очистных камерах.

Наблюдения за сейсмическим влиянием взрывных работ на устойчивость выработок показали, что максимальные деформации пород от действия динамических усилий (взрывной волны) вблизи эпицентра взрыва (30—50 *м*) превышают допустимые. В момент взрыва это приводит к разрушению пород на контуре выработок и крепи. Максимальные деформации пород, зафиксированные в момент взрыва (по индикаторным стойкам СУ-1), 7,5 *мм*, остаточные 2,5 *мм*.

Общая картина влияния взрывных работ на устойчивость горных выработок была представлена графически с включением наблюдений за проявлениями горного давления в выработках горизонтов 6, 7 и 8, результатов инструментальных и визуальных наблюдений, геологических разрезов по выработкам, видов крепи, даты проходки, перекрепления, ведения очистных работ и т. п. На рис. 2 приведен фрагмент этого графика для участка рудного штрека горизонта 7. Между взрывными работами в камерах, ростом нагрузки на крепь и перекреплениями выработки фиксируется прямая связь. Это подтверждается и тем, что перекрепление выработок в близко расположенных от данного участка очистных камерах начинается сразу после взрывных работ.

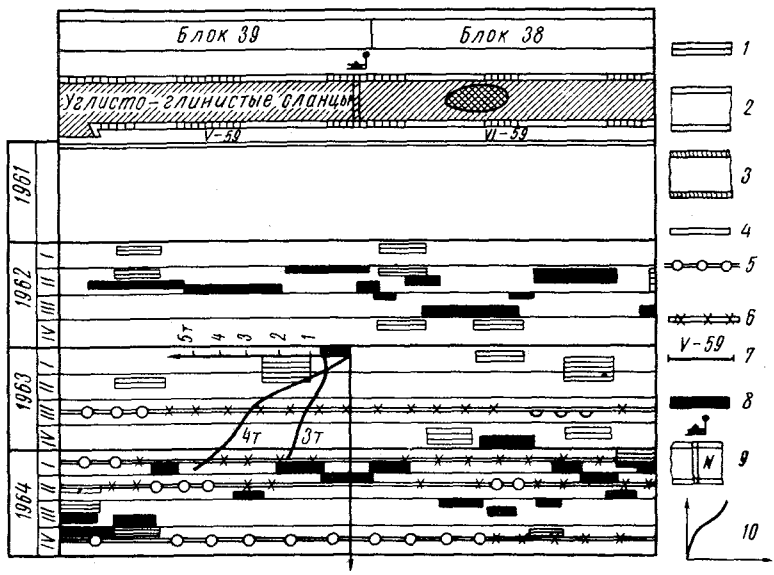


Рис. 2. Фрагмент графика наблюдений за проявлением горного давления:

1 — взрывные работы; *2* — деревянная крепь; *3* — сборная железобетонная крепь УРП; *4* — крепь в хорошем состоянии; *5* — крепь, нуждающаяся в частичном ремонте; *6* — крепь, подлежащая замене; *7* — время проходки выработки; *8* — перекрепление выработок; *9* — динамометрическая станция; *10* — нагрузка на раму.

В результате проведенных исследований установлены основные исходные данные для конструирования рационального вида крепи горизонтальных откаточных выработок Текелийского рудника. При разработке конструкции крепи для выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ, кроме общих требований производственного, экономического и технического характера необходимо учитывать сопротивляемость крепи динамическим нагрузкам. С этой точки зрения наиболее рациональна металлическая крепь.

При выработках, не подверженных влиянию очистных работ, необходимо ориентироваться на монолитную и сборную железобетонную крепи, которые готовятся из менее дефицитных материалов. Как следует из данных опыта, штанговая крепь также может найти применение в выработках Текелийского рудника.

Все исходные данные расчета опытных видов крепи приняты по натурным наблюдениям проявления горного давления.

Арочная металлическая податливая крепь из спецпрофиля рекомендуется для крепления выработок, находящихся в зоне влияния очистных

работ. Податливость крепи обусловлена возможностью скольжения элементов в их сопряжениях, после того как внешняя нагрузка превзойдет силы трения. Натяжением хомутов можно регулировать силы трения, а следовательно, и режим податливости крепи.

Узлы податливости крепи из спецпрофиля, работа которых основана на принципе трения, обладают рядом существенных недостатков, выявленных шахтными наблюдениями. Так, монтаж крепи производится с помощью хомутов, планок и гаек, причем затягивание гаек на хомутах производят неравномерно. В результате, нагрузки, при которых начинает проявляться податливость, не одинаковы и значительно меньше несущей

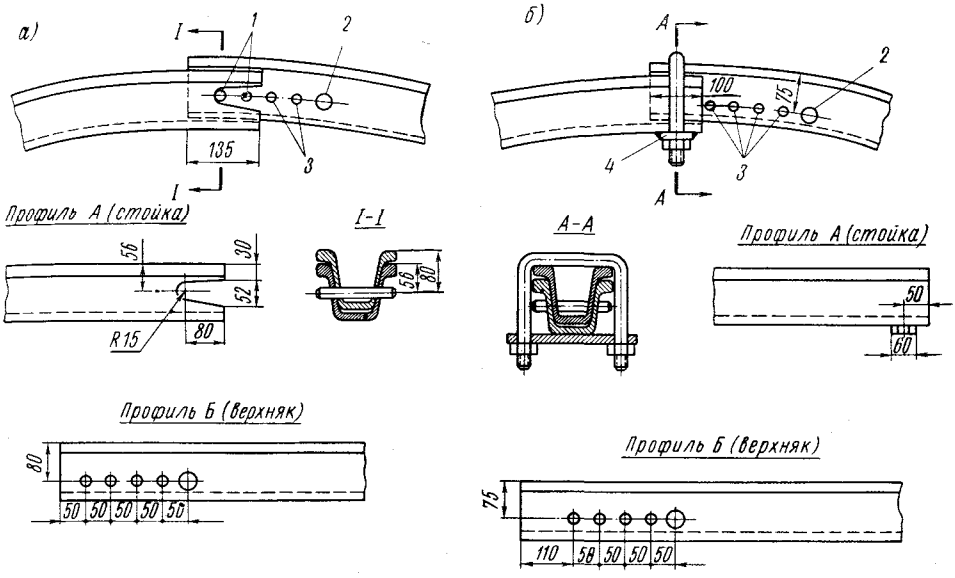


Рис. 3. Узлы податливости металлической крепи постоянного сопротивления:

1 — вставные шпильки; *2* — ограничитель податливости; *3* — вваренные шпильки; *4* — приваренная планка.

способности крепи, т. е. полная несущая способность крепи не используется. В дальнейшем, после первого сдвижения элементов крепи, хомуты, стягивающие профили, частично ослабляются и податливость крепи продолжает проявляться уже при более низких нагрузках, чем первоначальная (если не производить регулярного подтягивания гаек на хомутах). Очевидно, наилучшим конструктивным решением узла податливости будет такое, когда нагрузка, при которой проявится податливость крепи, приблизится к несущей способности жесткой крепи. На основе этого нами разработаны для крепи из спецпрофиля узлы податливости (рис. 3), работа которых основана на принципе среза металлических шпилек определенного диаметра.

В первом варианте конструкции (см. рис. 3, *а*) для этого на верхних концах боковых элементов крепи (профиль *А*) делают вырезы, а на концах сегмента *Б* (верхняк) — отверстия, в которые вставляют и приваривают шпильки. Диаметр шпилек рассчитывают на срез шпильки при нагрузке, составляющей примерно 80% несущей способности крепи. Два крайних отверстия на концах сегмента *Б* остаются свободными. В них при монтаже крепи вставляют металлические стержни. Монтаж крепи производят с помощью съемного домкрата.

Работа этого узла податливости происходит следующим образом. В первую очередь при достижении нагрузки 80% несущей способности крепи срежется первый вставной стержень, нагрузка спадет. При вторичном ее возрастании срежется второй стержень и т. д. Срез каждой шпильки или стержня обеспечивает податливость в узле на 50 *мм*. Величина податливости в одном узле равна 300 *мм*, что обеспечивает вертикальную податливость крепи примерно на 230 *мм*.

Второй вариант нового узла податливости (см. рис. 3, *б*) отличается от первого наличием одного хомута, отсутствием выреза в профиле *Б* и вставных стержней. Работа его аналогична предыдущему.

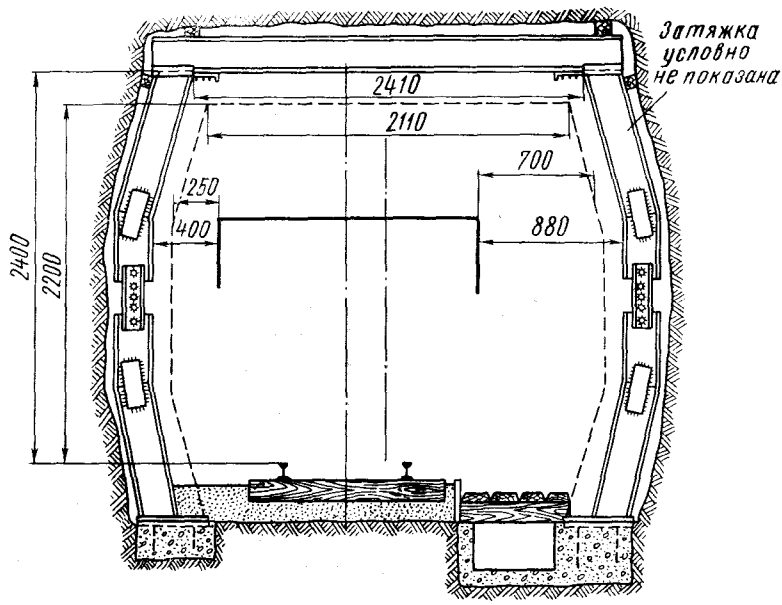


Рис. 4. Металлическая податливая бочкообразная крепь.

При новых узлах податливости, кроме указанных выше преимуществ, упрощается процесс возведения крепи. Она приобретает шарнирность, сокращается число ее деталей и достигается экономия металла примерно на 8% по сравнению с существующей конструкцией крепи. Расчетная несущая способность крепи с новыми узлами податливости за счет введения двух дополнительных шарниров повышается в 1,5—2 раза, что в свою очередь, позволит сократить расход металла на 30—40%.

Металлическая податливая бочкообразная крепь (рис. 4) состоит из двух стоек, сваренных в виде ломаных линий, и прямолинейного верхняка и обладает горизонтальной податливостью 200 *мм* и вертикальной 150 *мм*. Элементы крепи готовят из двутавровых балок.

Вертикальная податливость крепи обеспечена наличием узлов в средней части стоек. Узлы работают на принципе среза металлических шпилек. Каждый узел состоит из двух приваренных к стойке отрезков швеллера, между которыми установлены четыре шпильки.

Горизонтальная податливость также осуществляется за счет среза металлических шпилек, устанавливаемых на верхняке. Диаметр шпилек рассчитан на срез при нагрузке, составляющей также 80% от несущей способности крепи. Эта крепь в настоящее время проходит шахтные испытания.

Сборная железобетонная крепь рекомендуется в основном для выработок, не подверженных влиянию очистных работ. Однако ее целесообразно испытать и в выработках, находящихся в зоне влияния очистных работ, поскольку в ее конструкциях предусмотрены средства для смягчения динамических ударов. Все виды сборной железобетонной крепи рассчитаны на вертикальную нагрузку 15 $T/м^2$ и горизонтальную 20 $T/м^2$.

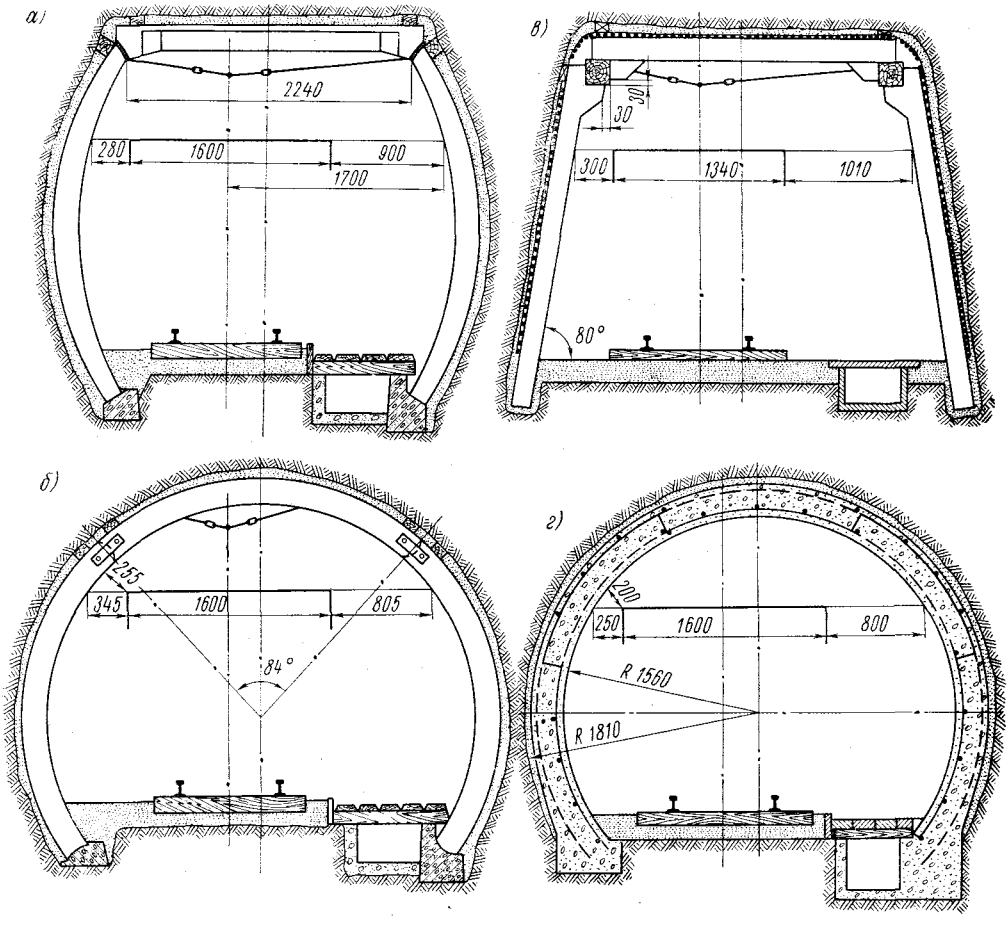


Рис. 5. Железобетонные виды крепи: *а* — сборная бочкообразная; *б* — сборная арочная; *в* — сборная трапециевидная; *г* — монолитная.

Сборная железобетонная бочкообразная крепь (рис. 5, *а*) устанавливается всплошную. Рама крепи состоит из двух боковых элементов и прямолинейного верхняка. Элементы крепи имеют тавровое сечение. Торцы прямоугольные.

В замках соединений верхняков с боковыми элементами при креплении выработок в зоне влияния очистных работ устанавливают прокладки из листовой резины толщиной 10 *мм*. Они выполняют роль амортизаторов, снижая в 5—6 раз силу динамического удара на крепь, возникающего в результате взрывных работ в очистных камерах.

Сборную железобетонную арочную крепь (см. рис. 5. *б*) устанавливают вразбежку через 0,5 *м*. Промежутки между арками затягивают металлической затяжкой — решеткой, также выполняющей роль амортизатора.

Как показали испытания [Пружинер, 1960], решетки надежно противостоят сейсмическому воздействию взрыва. Каждая арка состоит из трех взаимозаменяемых сегментов прямоугольного сечения 150 × 190 *мм*, соединяемых планками и болтами.

Сборная железобетонная трапециевидная крепь с взаиморазгружающимися консолями (см. рис. 5, *в*) разработана по типу применяемой в настоящее время в комбинате Карагандашахтострой. Выработки, закрепленные этой крепью в сложных горногеологических условиях Карагандинского бассейна, находятся в удовлетворительном состоянии.

Монолитная железобетонная крепь подковообразной формы (см. рис. 5, *г*) предназначена для крепления откаточных выработок, не подверженных влиянию очистных работ. Стены и свод крепи образуются дугой одного радиуса. Такая форма поперечного сечения наиболее устойчива. Крепь установлена в полевом штреке горизонта 7 на участке протяженностью 15 *м* взамен разрушенной сборной железобетонной крепи из плит УРП. Опытный участок расположен в породах лежачего бока залежи, представленных сильно трещиноватыми углисто-глинистыми и окремненными углистыми сланцами. По его середине установлена динамометрическая станция. Нагрузка на крепь начала нарастать спустя 6—8 дней после установки крепи. Распределение ее по контуру крепи оказалось неравномерным. Наибольшая нагрузка (12,6 $T/м^2$) зарегистрирована со стороны рудного тела. В результате большой нагрузки в крепи появился ряд мелких трещин, однако общее состояние выработки хорошее.

Для крепления выработок на опытных участках нами применялась также железобетонная штанговая крепь как в качестве самостоятельной, так и в комбинации с деревянной. Результаты наблюдений подтвердили правильность первоначальных предположений о возможности применения железобетонных штанг в рассматриваемых условиях.

Выводы

1. Основной причиной разрушения крепи горных выработок следует считать сейсмическое воздействие взрывных работ в очистных камерах.

2. Максимальные статические нагрузки на крепь горизонтальных выработок со стороны боков выработки составляют 15 $T/м^2$ и со стороны кровли 10 $T/м^2$.

3. Максимальные единовременные деформации пород контура горизонтальных выработок от динамических нагрузок при массовых взрывах достигают 7,5 *мм*, что приводит к разрушению пород и крепи.

4. В выработках, не подверженных влиянию очистных работ, по мере увеличения глубины разработки нагрузка на крепь увеличивается примерно на 2 $T/м^2$ на каждые 50 *м*.

5. Для выработок в зоне влияния очистных работ наиболее рациональна металлическая крепь. Однако необходимы испытания сборной железобетонной крепи, разработанной нами для конкретных условий Текелийского рудника.

ЛИТЕРАТУРА

Билик Ш. М., Кораблев А. А., Панов А. Д., Слободов М. А. Приборы и аппаратура для исследований проявлений горного давления. Углетехиздат, 1958.

Пружинер В. Л. Крепление горизонтальных горных выработок стальными решетчатыми затяжками. Шахтное строительство, № 12, 1960.

Смирняков В. В., Борисовец В. А. Горное давление в подземных выработках Тентекского и Чурубай-Нуринского районов Карагандинского бассейна. Изв. вузов. Горный журнал, № 12, 1961.