

УДК 622.83

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ И МЕТОДИКА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Касьян Н. Н., Сахно И. Г., Мокриенко В. Н.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

У роботі позначена актуальність питання контролю стану виробки, проведений аналіз літературних джерел, на підставі якого була встановлена необхідність розробки нового способу контролю стану виробки, запропоновано спосіб що дає можливість визначення просторового переміщення точок вимірів, обґрунтовані параметри приладів, розрахована можлива погрішність вимірів, проведені стендові і шахтні випробування способу.

Actuality question of control the state of making is in-process marked, the analysis of literary sources, the necessity of development new method of control the state of making was set is conducted, a method is offered enabling determination of the spatial moving of measuring points, the parameters of devices are grounded, the possible error of measuring is expected, the stand and mine tests of method are conducted.

Введение. Устойчивость подземных горных выработок определяется рядом влияющих факторов, таких как, горно-геологические и горнотехнические условия, режимы ведения и параметры горных работ, а также постоянным развитием горных работ и непрерывным перемещением их фронта в пространстве. Поэтому изучение геомеханических процессов без привлечения методов натуральных наблюдений и измерений невозможно [1]. Несмотря на трудоемкость и организационную сложность натуральных измерений, эти методы позволяют точно и однозначно выявить

основные определяющие факторы изучаемых геомеханических процессов, их механизмы, правильно поставить задачи для аналитических исследований и моделирования.

Анализ исследований и публикаций. Авторами было проанализировано порядка 30-ти литературных источников, это позволило сделать вывод, что наиболее распространенным видом контроля состояния выработки является фиксация смещений вмещающих выработку пород, по степени прироста которых судят о напряженно-деформированном состоянии массива. Одним из таких примеров является способ исследования проявлений горного давления на угольных и сланцевых шахтах [2], включающий установку контурной замерной станции, состоящей из замерных пунктов, установленных с расстоянием 3 – 5 метров. При этом в замерных пунктах в кровлю, почву и бока выработки устанавливаются реперы, представляющие собой штырь диаметром 12 – 16 мм, длиной 0,5 – 0,7 м на глубину 0,3 – 0,5 м, после чего между реперами, установленными в бока выработки, натягивается нить, а к реперу установленному в кровле выработки подвешивается отвес и контроль за состоянием горной выработки ведут путем измерения расстояний по отвесу от кровли до нити, от почвы до нити, а также путем измерения расстояний по нити от реперов, установленных в боках выработки до отвеса. По разнице прироста смещений каждого из замеров судят о возрастании напряжений приконтурного массива пород выработки.

Реализация этого способа затруднена или невозможна при загромождении выработки горно-транспортным и вспомогательным оборудованием.

Область нерешенных задач. Известно, что деформирование контура выработки происходит не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости. Существующие способы контроля состояния горной выработки не позволяют отследить динамику процесса перемещения контура выработки в пространстве, что снижает информативность полученных данных о смещении горных пород, может привести к искаженному восприятию происходящего физического процесса, и неверной трактовке полученных результатов.

Целью исследований является разработка способа контроля состояния горной выработки и методики его использования для обеспечения возможности определения пространственного перемещения замерных точек, назначенных на контуре выработки, во времени, при повышении достоверности и информативности контроля с сокращением затрачиваемого времени на измерения, проверка его работоспособности в лабораторных и шахтных условиях.

Основная часть. Пояснение сущности способа. В любой горной выработке, на всех этапах ее эксплуатации существуют как минимум две однозначно определяемые линии: это продольная ось, задающая направление выработки и вертикаль которую можно определить при помощи отвеса. Если вести измерения используя эти линии, то положение и перемещение замерных точек в пространстве будет однозначно определено. Однако использование продольной оси выработки как базы нецелесообразно, так как центр выработки, как правило, загромождён оборудованием. Предлагается использовать в качестве базовой линию, эквидистантную продольной оси выработки (рис. 1).

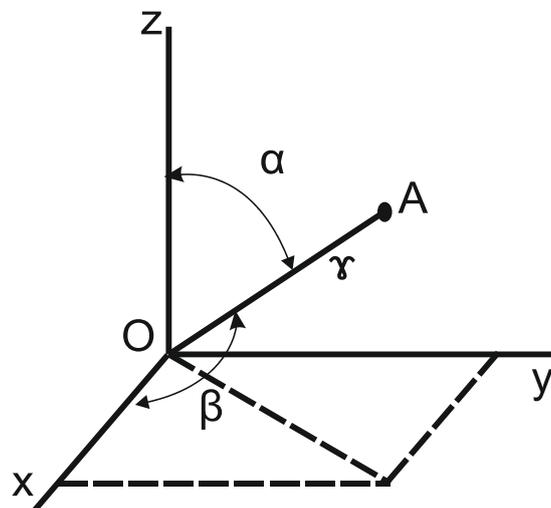


Рис. 1. Схема к выбору контролируемых величин

Пусть OX линия, эквидистантная продольной оси выработки, ZO – вертикаль, O – точка их пересечения, назначим ее реперной точкой, таким образом контролируя три параметра (длину отрезка AO , угол β между XO и OA и угол α между вертикалью

ZO и отрезком OA) можно однозначно определить пространственное положение замерной точки А.

Схема инструментального определения положения замерной точки А, относительно реперной точки Б представлена на рисунке 2.

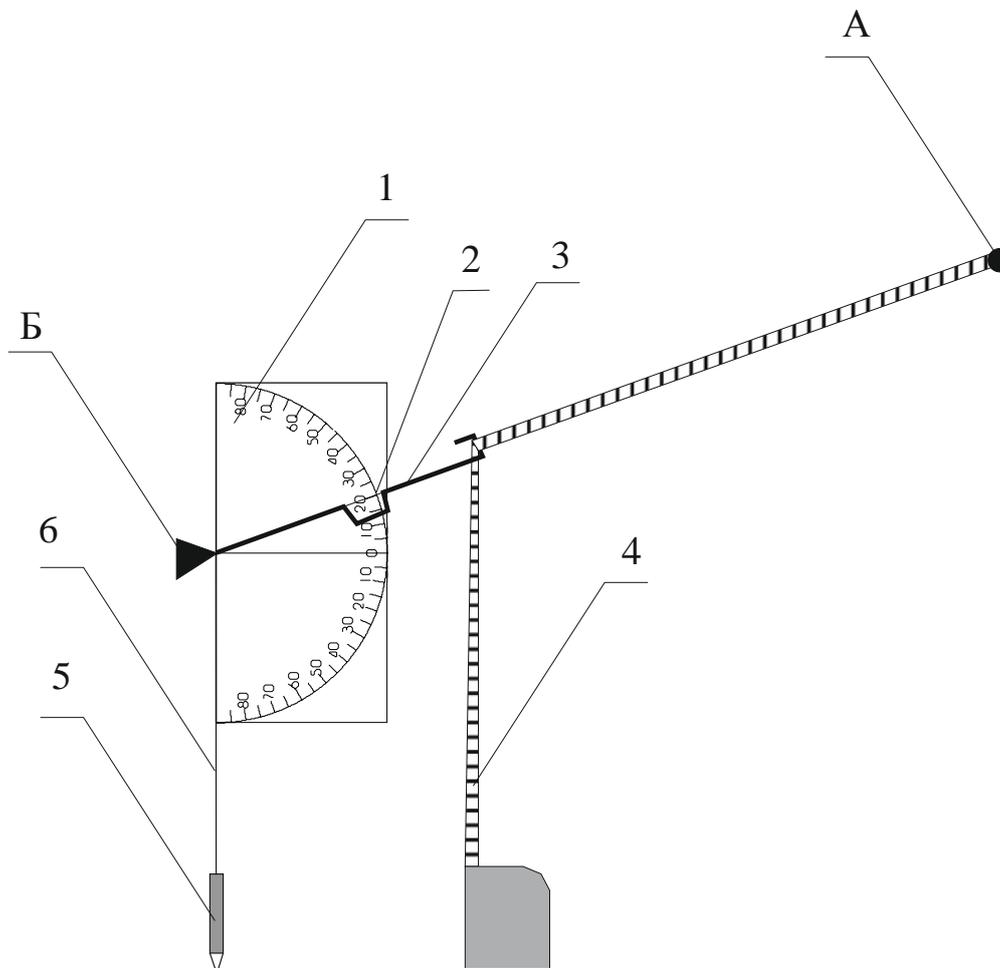


Рис. 2. Схема инструментального определения положения замерной точки

1 – транспортир, 2 – измерительная леска, 3 – жесткий поворотный проволочный элемент, 4 – рулетка, 5 – отвес, 6 – нить отвеса

С учетом изложенного предлагается следующая реализация способа (рис. 3). В горной выработке 1, приконтурный массив которой подвержен внешним воздействиям (например, надработка, подработка, влияние очистных работ и т.д.), в зависимости от решаемых задач контроля выбирают контролируемый участок

длиной L . В качестве измерительных элементов отсчета смещений по характерным точкам на рамах крепи (например, замки) назначают замерные точки на контуре выработки.

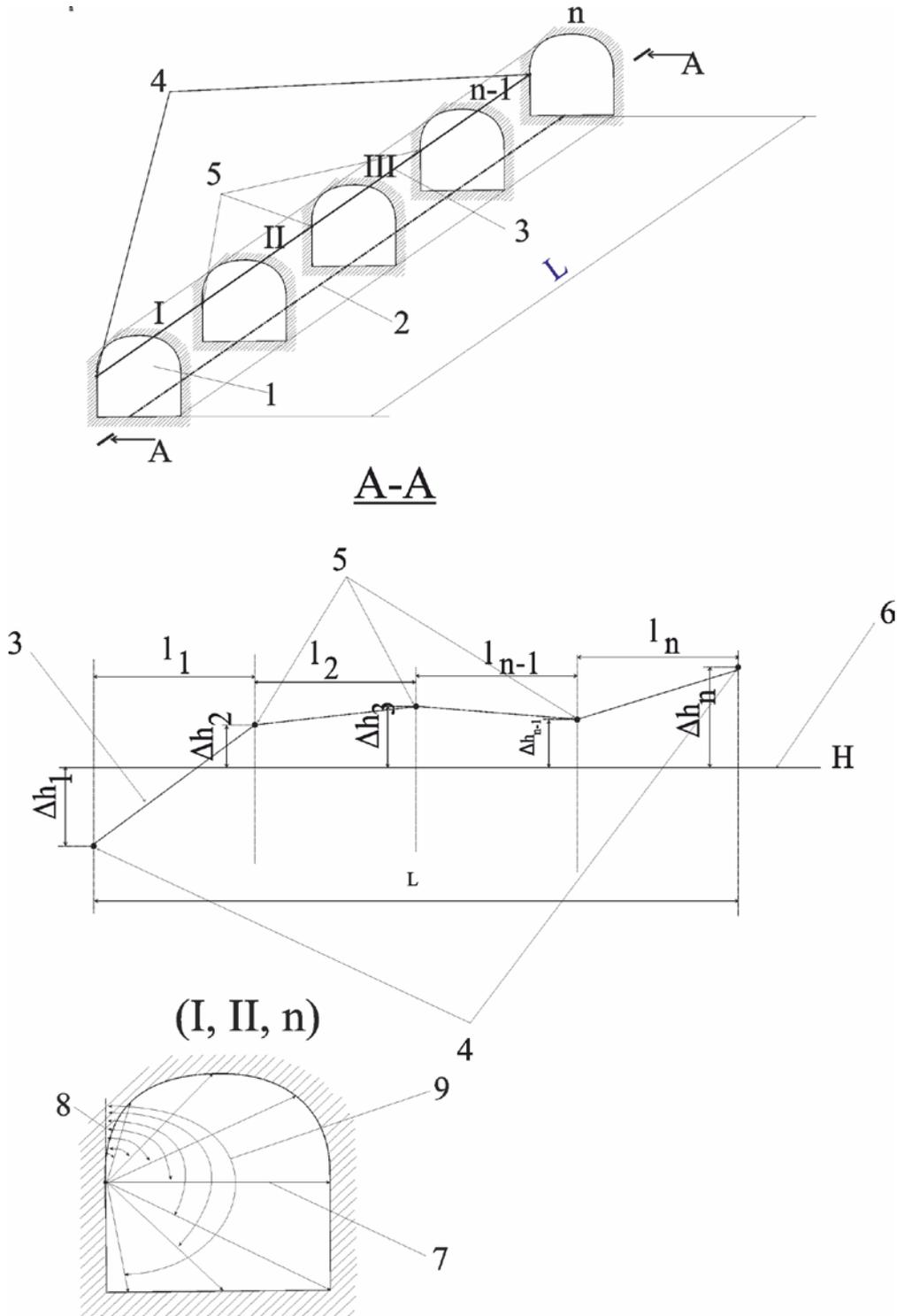


Рис. 3. Схема реализации способа

1 – подготовительная выработка, 2 – ее продольная ось, 3 – базовый элемент, 4 – опорные реперы, 5 – промежуточные реперы, 6 – изогипса проходящая через контрольную точку, 7 – условный отрезок, 8 – вертикаль, 9 – угол между условным отрезком и вертикалью, L – длина замерного участка, I, II, III, n – сечения выработки, в которых фиксируются перемещения замерных точек, H – глубина контрольной точки, l_n – расстояние между промежуточными реперами, Δh – высотные отметки опорных и промежуточных реперов относительно известной высотной отметки б.

В качестве базового элемента используют реперные точки, расположенные на основной линии 3, эквидистантной к продольной оси выработки. Для этого, в местах поперечных сечений выработки, ограничивающих контролируемый участок 4, а также в промежуточных 5 между этими сечениями с определенным шагом l_n устанавливают в бок выработки, металлические штыри. В современных условиях ведения горных работ, весь контур выработки подвержен смещениям от действия горного давления.

Однако, проанализировав факторы, влияющие на эти смещения, можно определить участки контура выработки, которые наименее смещаются, именно на этих участках контура выработки необходимо устанавливать металлические штыри. После чего их соединяют эластичной нитью, закрепляемой на каждом штыре так, чтобы она создавала основную линию, эквидистантную к продольной оси выработки. От контрольной точки, находящейся вне зоны смещений, с известной глубиной H путем прокладки нивелирного хода устанавливают высотные отметки реперных точек 4, а высотные отметки Δh в остальных реперных точках 5 – с помощью водяного уровня.

После чего осуществляют замеры смещений в заданных поперечных сечениях путем измерения длины условного отрезка 7 между реперной точкой базового элемента и каждой назначенной замерной точкой на контуре выработки, с помощью, например, телескопического измерительного средства, лазерной рулетки на негазовых шахтах и т.д. Одновременно измеряют углы 9, образованные условным отрезком и вертикалью 8 в заданных поперечных сечениях, а также углы образованные условным отрезком и

основной линией с помощью угломеров. Результаты этих измерений являются значением смещений в начальном состоянии. Далее в каждый заданный промежуток времени осуществляют измерения смещений в каждом поперечном сечении аналогично описанному выше. Полученные значения сравнивают с измеренными ранее в начальном состоянии, по разнице которых судят об изменении напряженного состояния приконтурных пород.

Теоретические основы способа контроля.

Физиологические предпосылки применения способа.

Съем показаний при применении способа производится человеком, органы чувств которого, ограничены диапазоном чувствительности. Известно [3], что человеческий глаз с остротой зрения, равной единице ($v = 1$), различает две далёкие точки, угловое расстояние между которыми равно одной угловой минуте ($1'' = 1/60^\circ$). На этом свойстве основаны тесты для проверки остроты зрения, в частности таблица Сивцева-Головина.

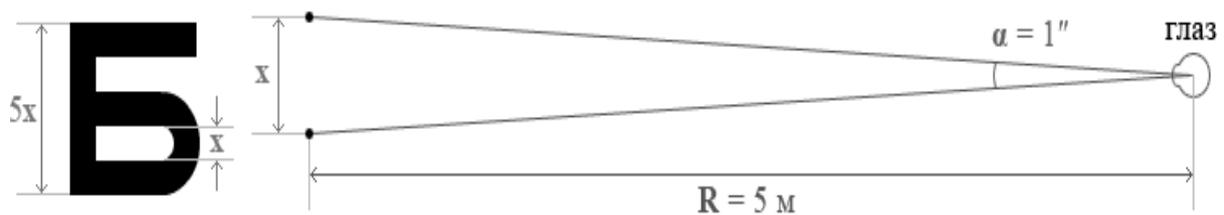


Рис. 4. Схема расчета элемента таблицы Сивцева-Головина для проверки остроты зрения

Если расстояние просмотра (R) равно 5 м, то глаз с остротой зрения $v = 1$ различит две точки, расстояние между которыми $x = 2 \times 5 \cdot \text{tg}(\alpha/2) = 0,00145 \text{ м} = 1,45 \text{ мм}$. Именно из этих соображений определены толщина штриха, расстояние между соседними штрихами в буквах на таблице и размеры самих букв (в примере, представленном на рисунке 4, высота буквы Б равна $5 \times 1,45 = 7,25 \text{ мм}$) [3]. Используя данную зависимость, получим графики возможного видения лески в зависимости от ее диаметра. При этом введем коэффициент запаса [4] $K = 2$, для учета осложнения условий восприятия в подземных условиях запыленностью и недостаточной освещенностью. Исходя из физиологических пара-

метров человека, при измерениях транспортер будет находиться на расстоянии от глаз $0...X$, где X – длина руки. При росте человека 1,8 м длина руки составляет 0,65 - 0,85 м, таким образом, по графику рис. 5. можно установить необходимый диаметр лески. В данном случае он составит 0,5 мм. Аналогично выбирается толщина штриха на шкале транспортера.

Полученные значения этих величин дают возможность перейти к расчету параметров транспортера.

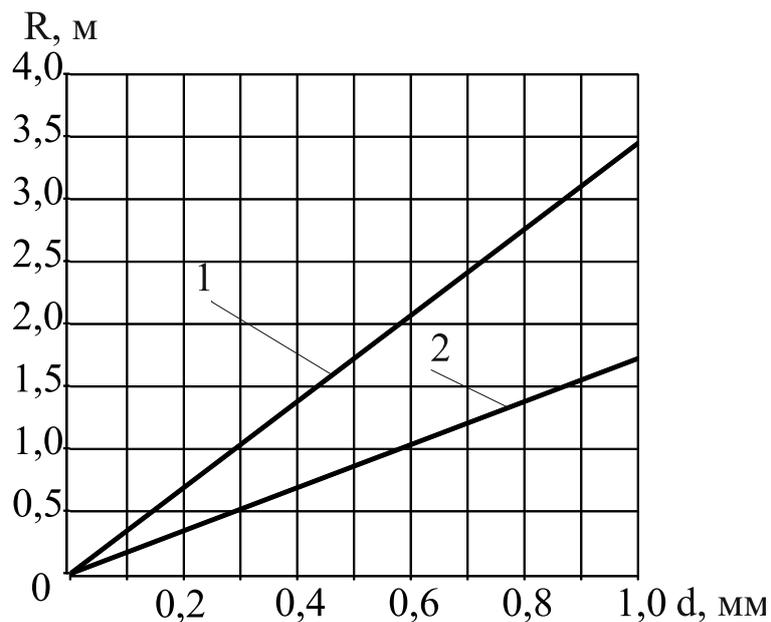


Рис. 5. Графики зависимости максимально возможного расстояния R видения тонкой линии от ее толщины d , при нормальных 1 и подземных 2 условиях восприятия

Расчет параметров транспортера. Выше было установлено, что толщина линии, нормально воспринимаемой в подземных условиях, составляет 0,5 мм. Примем толщину $d_{1.5} = 0,5$ мм, тогда расстояние между осями штрихов можно вычислить (рис. 6) по формуле:

$$h = \frac{d_1}{2} + d_2 + d_3 + d_4 + \frac{d_5}{2}, \text{ мм} \quad (1)$$

где d_1 – толщина верхнего штриха, d_2 – расстояние от верхнего штриха до измерительной лески, d_3 – толщина измерительной лески, d_4 – расстояние от измерительной лески до нижнего штриха, d_5 – толщина нижнего штриха.

$$h = \frac{0,5}{2} + 0,5 + 0,5 + 0,5 + \frac{0,5}{2} = 2, \text{ мм}$$

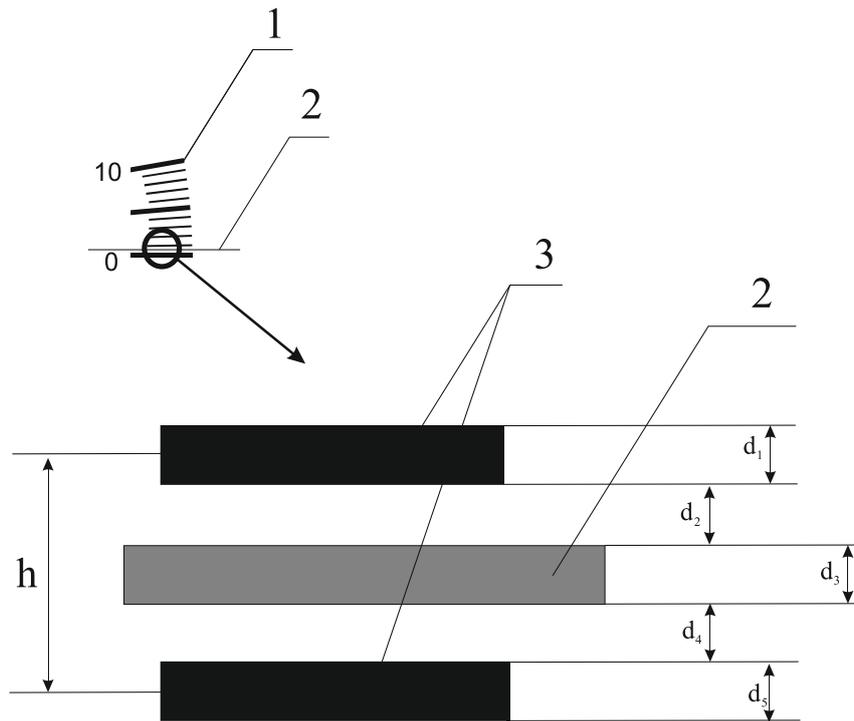


Рис. 6. Схема к расчету расстояния между осями штрихов транспорта. 1 – шкала транспорта; 2 – измерительная леска, 3 – верхний и нижний штрих

Примем цену минимального деления равную 1 град., тогда радиус транспорта

$$R = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)}, \text{ м} \quad (2)$$

где R – радиус транспорта, м; h – расстояние между осями штрихов, м; α – угол, измеряемый минимальной ценой деления транспорта.

$$R = \frac{0,002}{\operatorname{tg}(1)} = 0,1145.$$

Используя данную формулу, построим графики зависимости радиуса R транспорта от цены деления N (рис. 7).

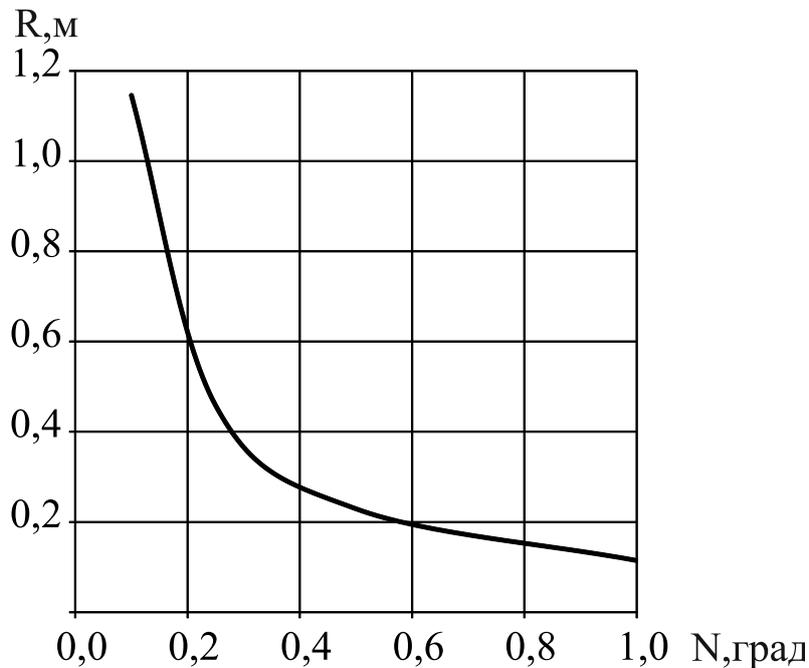


Рис. 7. График зависимости радиуса транспорта от цены деления

Полученные параметры позволяют перейти к расчету погрешностей измерения.

Расчет погрешностей измерения. При любом способе измерения важным является вопрос погрешности измерений. В общем случае необходимо принимать во внимание как случайные, так и инструментальные погрешности. При этом стандартная погрешность величины x вычисляется по формуле

$$\Delta x = \sqrt{\sigma_x^2 + \Delta_x^2}, \text{ ед} \quad (3)$$

где σ_x – случайная погрешность измерений, Δ_x – приборная погрешность.

Приборная погрешность. Анализируя схему определения положения замерной точки, представленную на рис. 8, можно сделать вывод, что неточности измерения могут быть:

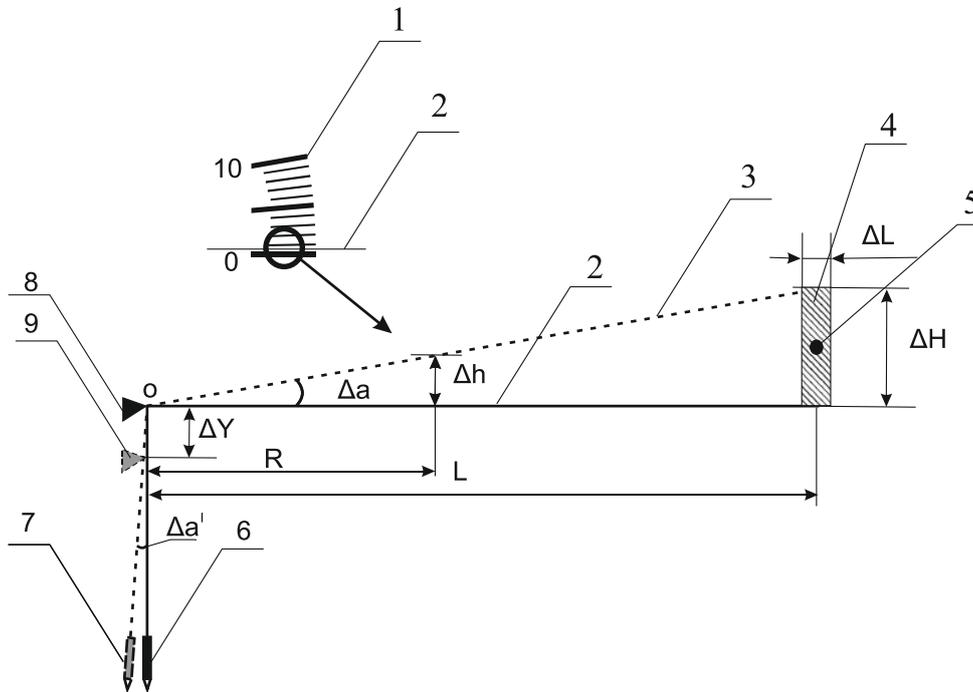


Рис. 8. Схема к расчету приборной погрешности

1 – шкала транспортира; 2 – истинное положение измерительной лески; 3 – максимально возможное отклонение лески; 4 – область возможных погрешностей; 5 – назначенная замерная точка; 6 – истинное положение отвеса; 7 – максимально возможное отклонение отвеса; 8 – истинное положение репера; 9 – максимально возможное отклонение; R – радиус транспортира, м; L – расстояние до замерной точки, м; Δh – погрешность шкалы транспортира, м; ΔH – вертикальное отклонение замерной точки, м; ΔL – горизонтальное отклонение замерной точки, м; $\Delta\alpha$ – в месте съема показаний, при измерении угла транспортиром, град; $\Delta\alpha^1$ – в месте съема показаний, при выравнивании транспортира по отвесу, град; ΔY – вертикальное отклонение репера.

- а) в месте стыковки транспортира и репера;
- б) в месте съема показаний, при выравнивании транспортира по отвесу;

в) в месте съема показаний, при измерении угла транспортиром;

г) при измерении расстояния до замерной точки (погрешность измерительной рулетки).

Толщина засечки на репере минимальная, поэтому принимаем ее из условий видимости, т.е. 0,5 мм. Так как класс точности приборов неизвестен, то за погрешность принимаем половину цены наименьшего деления [5], тогда погрешность $\Delta\alpha^1$ в месте съема показаний, при выравнивании транспорта по отвесу, а также погрешность $\Delta\alpha$ в месте съема показаний, при измерении угла транспортиром, обусловлена его параметрами, которые рассчитаны выше, и составляет 0,5 град. каждая. Для измерения используется рулетка, погрешность которой составляет 1 мм.

Величину ΔH выразим из второго закона подобия треугольников:

$$\frac{R}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \rightarrow \Delta H = \frac{L \cdot \Delta h}{R}, \text{ м} \quad (4)$$

Тогда максимально возможное вертикальное отклонение составит

$$\Delta H^1 = \Delta Y + \Delta H, \text{ м} \quad (5)$$

Сравним порядок значений ΔY и ΔH , для этого зададимся условиями: $\Delta h = 0,002$ м, $L = 4$ м, $R = 0,1145$ м, тогда

$$\Delta H = \frac{4 \cdot 0,002}{0,1145} = 0,070 \text{ м}, \Delta Y = 0,001 \text{ м}.$$

Т.к. ΔY на порядок меньше ΔH , то считаем возможным пренебречь им и в дальнейшем исключим его из расчетов. Примем $\Delta H^1 = \Delta H$. Величину ΔL вычислим по следующему выражению:

$$\Delta L = L - L \cdot \cos \alpha, \text{ м} \quad (6)$$

где α – суммарная погрешность при измерении угла.

$$a = \Delta \cdot a^1 + a, \text{ град.} \quad (7)$$

где $\Delta\alpha$ – в месте съема показаний, при измерении угла транспортиром, град; $\Delta\alpha^1$ – в месте съема показаний, при выравнивании транспорта по отвесу, град;

$$a = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ град}$$

Используя данные формулы, построим графики максимально возможных отклонений ΔH (рис. 9) и ΔL (рис. 10) в зависимости от расстояния L

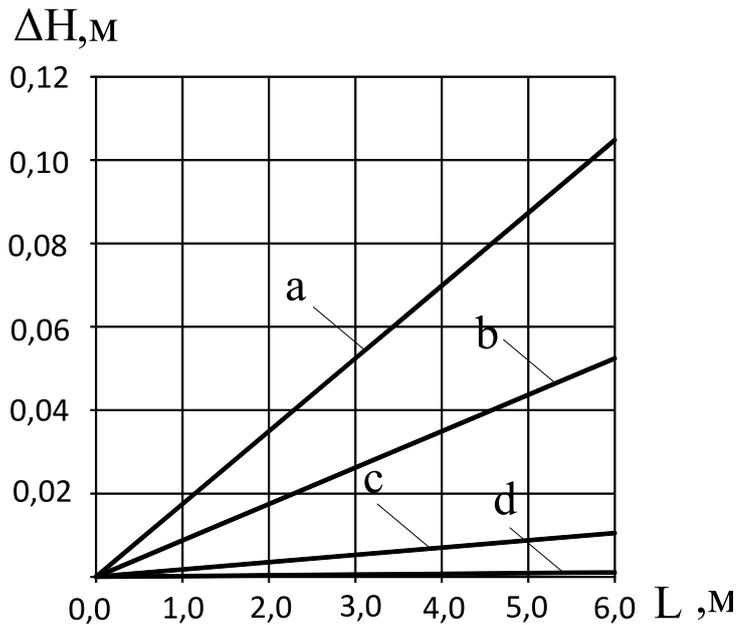


Рис. 9. Графики максимально возможного отклонения ΔH

a – максимально возможное отклонение при $\alpha = 1$ ($\Delta h = 0,002\text{ м}$, $R = 1145 \text{ м}$), b – максимально возможное отклонение при $\alpha = 0,5$ ($\Delta h = 0,001\text{ м}$, $R = 1145 \text{ м}$), c – максимально возможное отклонение при $\alpha = 0,1$ ($\Delta h = 0,0002 \text{ м}$, $R = 1145 \text{ м}$), d – максимально возможное отклонение при $\alpha = 0,01$ ($\Delta h = 0,00002 \text{ м}$, $R = 1145 \text{ м}$).

Проанализировав графики, можно сделать выводы, что отклонение в большей мере зависит от точности измерения угла. Один из путей увеличения точности измерений – увеличение радиуса транспорта, однако этот путь, как видно из графика (рис. 7), малоэффективен. Например, при цене деления 0,2 град. радиус должен быть 0,6 м. Применение такого прибора будет крайне затруднено в подземных условиях.

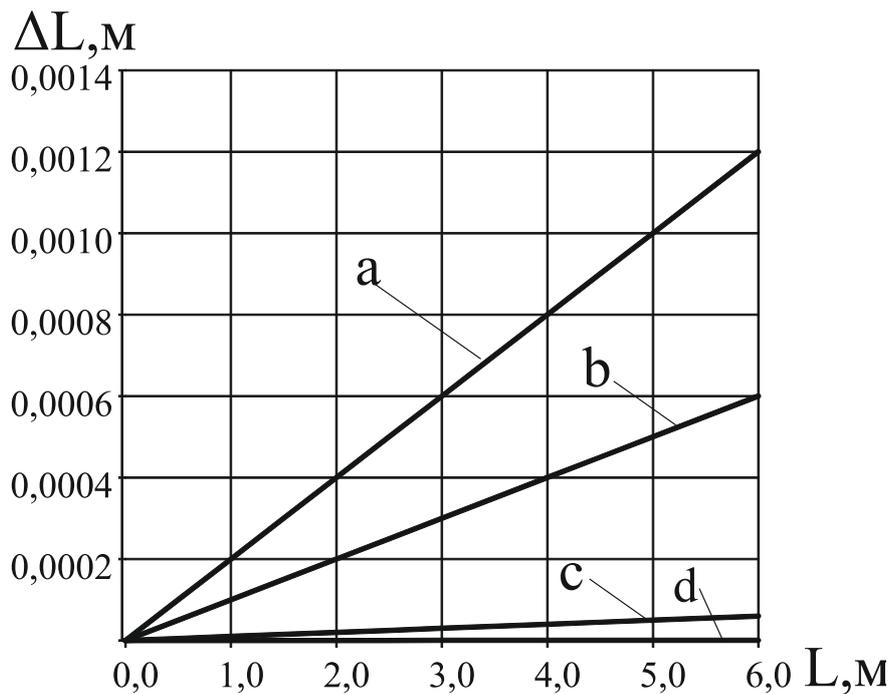


Рис. 10. Графіки максимально можливого відхилення ΔL
а – максимально можливе відхилення при $\alpha = 1$. ($\Delta h = 0,002$ м, $R=1145$ м), б – максимально можливе відхилення при $\alpha = 0,5$ ($\Delta h = 0,001$ м, $R = 1145$ м), с – максимально можливе відхилення при $\alpha = 0,1$ ($\Delta h = 0,0002$ м, $R = 1145$ м), д – максимально можливе відхилення при $\alpha = 0,01$ ($\Delta h = 0,00002$ м, $R=1145$ м)

Второй путь – применение вместо транспортира более точного угломера, например электронного (УЦ-360, BOSCH DWM 40 L и др.). Однако такие угломеры, как правило, имеют ограничения по применению в условиях подземных горных выработок.

Третий путь – применение вспомогательной шкалы, служащей для более точного определения количества долей делений –

по номеру того деления Нониуса, которое точно совпадает с делением основной шкалы (обведено пунктиром).

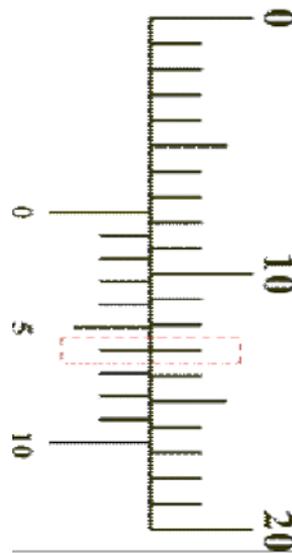


Рис. 11. Пример шкалы Нониус

С применением шкалы Нониуса будет достигнута точность измерения угла до 0,1 град., при небольшом радиусе транспортира ($R = 0,1145$ м), а так же сравнительно дешевой стоимости прибора.

Стоит учитывать тот факт, что приборная погрешность подчиняется нормальному закону распределения, следовательно, максимальные отклонения будут встречаться минимальное число раз. Чтобы установить величину приборной и случайной погрешностей проводились стендовые испытания способа.

Проверка точности метода при стендовых испытаниях.

Стендовые испытания проводились в лаборатории ДонНТУ на стенде равнорADIUSной крепи (рис. 12).

Полученные данные о положении замерных точек с помощью предлагаемого способа сравнивались с данными, полученными с помощью метода фотофиксации и графоаналитического метода. Предлагаемый метод был реализован по описанной выше методике.



Рис. 12. Стендовые испытания предлагаемого способа контроля смещений

Использованный метод фотофиксации заключался в следующем: равнорadiусная крепь была сфотографирована с расположенным в ее сечении объектом с известными геометрическими

размерами. После чего, снимки загрузили в графический редактор CorelDRW, масштаб фотографий был приведен к масштабу сетки графического редактора с помощью описанного выше объекта. Далее использовалась функция определения координат (X;Y) для построения профиля выработки.

Графоаналитический метод заключался в следующем: по известным параметрам этой крепи была построена геометрическая модель (рис. 13). После чего с использованием известных геометрических зависимостей были определены координаты.

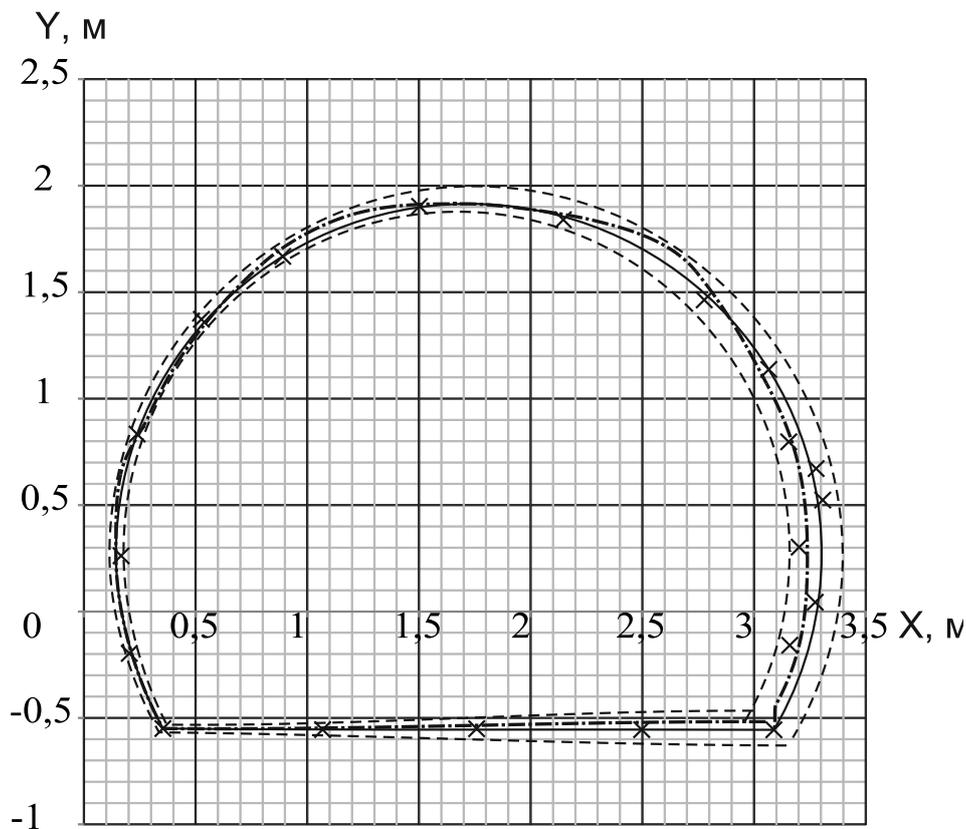


Рис. 13. Графическое изображение контура выработки
— теоретический профиль выработки,
-- область максимальных отклонений,
--- профиль выработки, построенный по результатам замеров

Ход испытаний. На контуре рамы было назначено несколько замерных точек, количество замеров в каждой из которых было равно 5. После чего вычислялось среднеарифметическое значе-

ние для каждой серии замеров, а затем полученные данные сравнивались со значениями графоаналитического метода по выражению:

$$\Delta_2 = \frac{N_{\text{рас}} - n_{\text{п.сред}}}{N_{\text{рас}}} \cdot 100. \%, \quad (8)$$

где $N_{\text{рас}}$ – значение искомой величины полученное с помощью графоаналитического метода, $n_{\text{п.сред}}$ – среднеарифметическое значение величины, полученное по предлагаемому способу.

И с данными метода фотофиксации:

$$\Delta_2 = \frac{n_{\text{ф.сред}} - n_{\text{п.сред}}}{n_{\text{ф.сред}}} \cdot 100. \%, \quad (9)$$

где $n_{\text{ф.сред}}$ – среднеарифметическое значение величины, полученное с помощью метода фотофиксации. Пример расчета приведен в табл. 1.

На основании проведенных стендовых испытаний способа можно сделать выводы, что отклонение результатов замеров, полученных по предлагаемому способу, составляет 1 - 5% от значений, полученных с привлечением двух других методов. Следовательно, ожидаемые смещения контура выработки за период проведения замеров должны измениться на 5 и более процентов, чтобы стало возможным их однозначно зафиксировать при данной точности приборов. Это позволило перейти к приемочным испытаниям способа.

Приемочные испытания способа.

Целью приемочных испытаний способа контроля состояния выработки было определение отклонений от известной методики ВНИМИ в шахтных условиях.

Испытания были проведены в 3 восточном конвейерном штреке пл. m_3 гор. 915 м на шахте «Щегловская - Глубокая» в период с сентября 2010 г. по март 2011 г. на участке длиной 50 м (замерные станции были установлены с 91 по 95 пикет на каждом пикете).

Таблица 1
 Значения полученных данных расчета координат замерных точек
 по разным методам

	Предлагаемый метод						Метод фотофиксации						Графоаналитический метод	$\Delta_1, \%$	$\Delta_2, \%$	
	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	$n_{п.сред}$	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	$n_{ф.сред}$				$N_{рас.}$
Положение верхнего замка (высоты крепя)																
X	1,53	1,53	1,52	1,51	1,51	1,52	1,51	1,5	1,49	1,48	1,47	1,49	1,5	2,0	1,3	
Y	1,88	1,88	1,9	1,89	1,89	1,888	1,81	1,8	1,82	1,85	1,8	1,816	1,82	4,0	3,7	
Положение левого замка																
X	0,43	0,45	0,44	0,44	0,45	0,442	0,43	0,42	0,41	0,4	0,45	0,422	0,45	4,7	1,8	
Y	1,42	1,44	1,43	1,45	1,45	1,438	1,43	1,44	1,44	1,43	1,42	1,432	1,42	0,4	1,3	
Положение правого замка																
X	2,88	2,85	2,88	2,85	2,85	2,862	2,94	2,93	2,94	2,99	2,94	2,948	2,95	2,9	3,0	
Y	1,34	1,35	1,35	1,37	1,37	1,356	1,33	1,33	1,32	1,35	1,3	1,326	1,3	2,3	4,3	

Замеры по предлагаемому способу проводились по методике, описанной выше. На рис. 14 показана возможность его применения при загроможденности рабочего пространства выработки. На рис. 15 приведена схема расположения высотных отметок

реперных точек на контролируемом участке для определения абсолютных перемещений замерных точек.



Рис. 14. Шахтные испытания способа

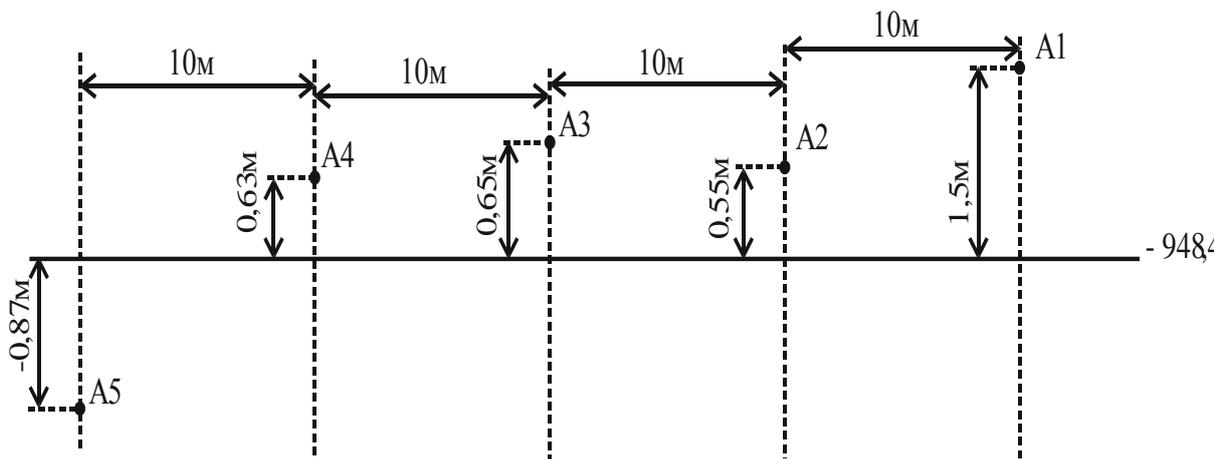


Рис. 15. Схема расположения высотных отметок реперных точек на контролируемом участке

На рамах с оборудованными, согласно предлагаемому способу, замерными станциями, также были установлены контурные станции по известной методике [2], которые представляли собой марки, нанесенные на раму крепи, одна марка на верхняке крепи по центру выработки и по одной на ножках рамы крепи на высоте 1,5 м от почвы (рис. 16).

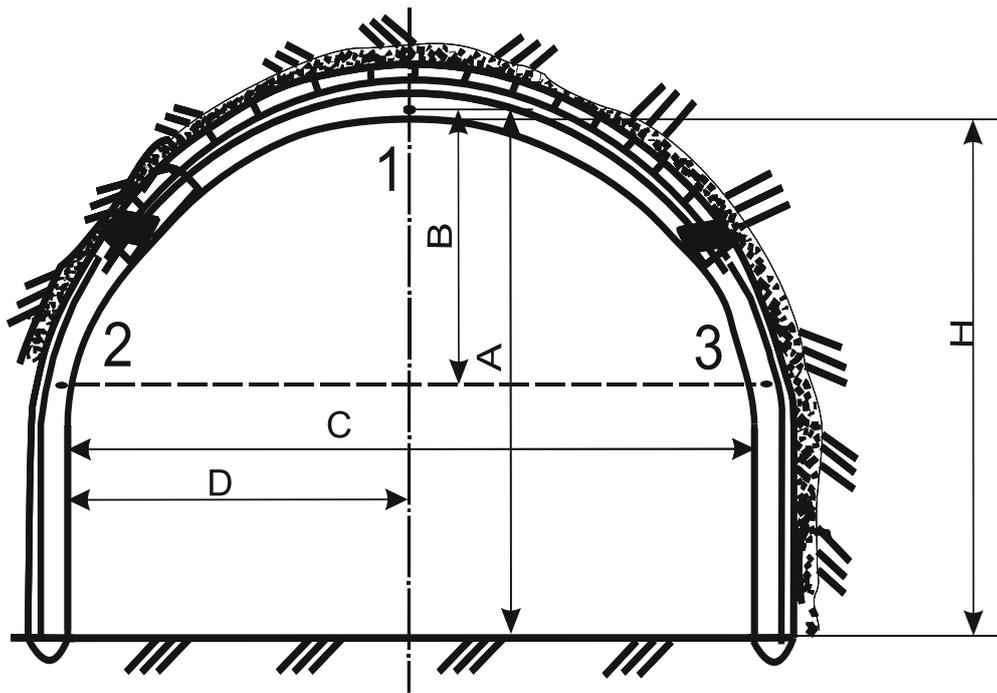


Рис. 16. Схема замерной станции, оборудованной по методике ВНИМИ

Для установки марки на раме крепи с помощью ножовки запиливалась канавка шириной 1 мм, затем в канавку укладывался отрезок стальной проволоки, после чего кромки канавки вальцевались. Методика замеров на этих станциях заключается в следующем: к реперу в кровле выработки подвешивался отвес, а между боковыми реперами натягивалась резиновая нить. Затем по отвесу измерялось расстояние A от кровельного репера до почвы, и B от кровельного репера до резиновой нити, а также по натянутой резинке измерялась ширина выработки C , и расстояние D от бокового репера, расположенного со стороны, противоположной очистному забою, до отвеса. Проводился ряд контрольных замеров, из которых было установлено, что отклонение результатов замеров по известному и предлагаемому способу не превышали 5 %. После чего измерения проводились по предлагаемому способу.

Выводы по приемочным испытаниям способа контроля состояния горной выработки: предложенный способ контроля состояния выработки обеспечивает снижение времени, затрачиваемого на измерения, по сравнению с известной методикой, значи-

тельно повышает информативность контроля состояния горных выработок, т.к. позволяет получить больше замерных точек, обеспечивает возможность определения пространственного перемещения замерных точек во времени. Способ может применяться в условиях загроможденности рабочего пространства выработки (например, породопогрузочной машиной, оборудованной, облаживающим лаву и т.д.), когда использование известной методики [2] затруднено.

Хронометражные наблюдения за процессом измерения с применением предлагаемого способа и известного [2] показали, что при ведении замеров 2 человека для обработки 5 замерных станций по методике ВНИМИ затрачивается 2 ч, а по предлагаемой методике 1 час. При этом количество замерных точек по предлагаемому способу больше в 3 раза и это с учетом записывания результатов.

Выводы по работе. Таким образом, разработанный способ контроля состояния горной выработки, а также методика его использования позволяет обеспечить возможность определения пространственного перемещения замерных точек во времени, назначенных на контуре выработки.

Проведенное обоснование параметров приборов для реализации способа позволяет выбрать для каждой практической задачи необходимую точность.

Стендовые испытания показали, что погрешности подчиняются нормальному закону распределения и, следовательно, максимальное отклонение встречается минимальное число раз. Что позволяет применять приборы меньшей точностью (а соответственно и ценой) без особой потери точности данных о перемещениях замерных точек.

Количество назначенных на контуре выработки замерных точек не ограничивается в предлагаемом способе, что дает возможность варьирования их количеством в зависимости от решаемой задачи, а также возможность применения способа при загроможденности рабочего пространства выработки, а это, в свою очередь, позволяет повысить достоверность и информативность контроля.

Применения данного способа в шахтных условиях позволило значительно сократить время, затрачиваемое на измерения.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Турчанинов Н.А. Основы механики горных пород [Текст] / Турчанинов Н.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. // – Л.: Недра, 1989. – 488 с.
2. Методические указания по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах / ВНИМИ. – Л., 1973 – 102 с.
3. Аветисов Э.С., Ковалевский Е.И., Хватова А.В. Руководство по детской офтальмологии. – М.: Медицина, 1987. – 496 с.
4. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение [Текст]. – Введ. 1995 – 08 – 02.
5. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. – Л.: Наука, 1985.