

## **Маркшейдерские работы при трассировании линейных сооружений на подземных горных выработках (разбивка, установка, съемка)**

Под линейными сооружениями подразумеваются железные и автомобильные дороги на подземных горных выработках, главное требование к которым заключается в обеспечении безопасности и равномерности движения с заданными уклонами, радиусами поворота и скоростями следования.

Трассирование является одним из видов инженерно-геодезических изысканий и служат для выбора наиболее оптимального положения в подземных горных выработках трассы и отвечающие всем требованиям технических условий на ее проектирование.

Трассой называют главную ось проектируемого линейного сооружения значительной протяженности. Ось наносится на план, задается координатами основных точек. Кроме плана основным элементом трассы являются и продольный профиль (вертикальный разрез по проектируемой линии). Продольный профиль трассы состоит из линий переменного уклона, сопрягаемыми обычно вертикальными круговыми кривыми. Для наглядности вертикальный масштаб разреза выполняют в 10 раз крупнее горизонтального. Чтобы наиболее полно

Задачей при сооружениях криволинейного участка горной выработки (сопряжений, заездов, закруглений и т.д.), особенно задания проектного расположения элементов крепи, разбивки и выноса в натуру закруглений рельсового пути и переходных кривых, стрелочных переводов, джиговых заездов является требование обеспечения необходимой точности задания направления подобным выработкам.

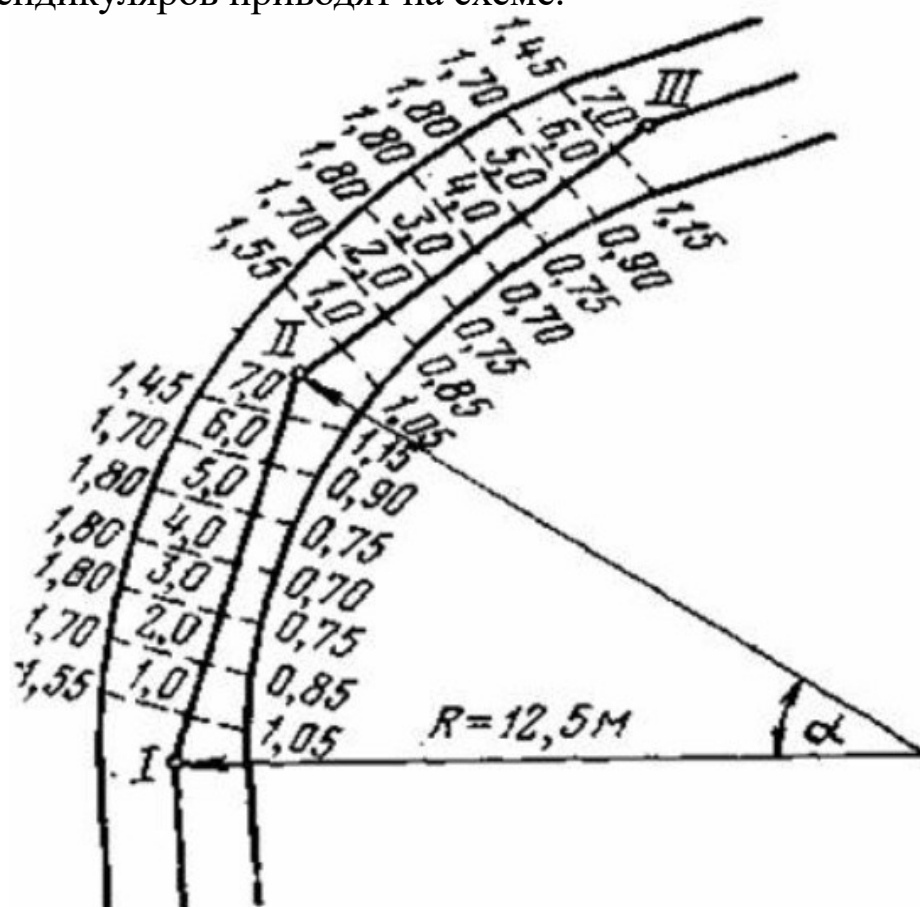
При проведении криволинейного участка горной выработки известен ***способ перпендикуляров.***

При этом способе вначале на плане проектируемого криволинейного участка горной выработки, выполненном в крупном масштабе (1:20 или 1:50), от последней точки дополнительной маркшейдерской съемки наносится линия предварительного проектного направления проведения горной выработки. На этой линии откладываются равные отрезки, на конце которых строятся перпендикуляры до стенок проектируемой выработки. Размеры этих перпендикуляров наносятся на плане. Затем в шахте с помощью маркшейдерского инструмента задается это предварительное направление начала проведения криволинейного участка горной выработки и закрепляется тремя отвесами. По мере разрушения, уборки породы и создания определенного пространства ограниченного размерами выработки вчерне откладывается отрезок на линии створа трех отвесов, а от конца отрезка откладывают в обе стороны перпендикуляры, определяющие положение стенок (боков) выработки в натуре.

Недостатком способа перпендикуляров является большой объем подготовительных работ, сложность определения равных отрезков вдоль створа отвесов и соответственно недостаточная точность выноса перпендикуляров, т.е. проекта в натуру. При этом не предоставляется возможность определения местоположения конкретных элементов крепи в натуре.

## Способ перпендикуляров

На схеме криволинейного участка, составленной в крупном масштабе (1 : 20 — 1 : 50), круговую кривую заменяют вписанными в нее хордами, предварительно вычислив углы их поворота и длину. По этой схеме графически определяют расстояния (перпендикуляры) от хорд до стенок выработки через каждые 1-2 м. Числовые значения перпендикуляров и расстояний от начала хорды (от точки поворота) до оснований всех перпендикуляров приводят на схеме.



Задание направления криволинейного участка горной выработки также можно выполнить по известному *способу радиусов*.

При этом способе на крупномасштабном плане закругления горной выработки (паспорте) по предварительной маркшейдерской съемке наносится первая рама, линия предварительного проектного направления от последней точки дополнительной маркшейдерской съемки и вычерчивается проектным радиусом положение стенок (боков) закругления горной выработки. От первой рамы по внешней более длинной стороне наносятся положения ножек крепи на расстоянии друг от друга, равном проектному шагу установки крепи.

Расстояния между крепью по внутренней стороне определяется эмпирически по формуле в зависимости от проектного радиуса закругления и ширины выработки. После определяют графически на плане отрезки радиусов (рабочие скобы) от направления проведения горной выработки до проектного места расположения крепи по внешней и внутренней стороне выработки. При выносе проекта в натуру, так же как и при способе перпендикуляров от точки маркшейдерской съемки выносятся это предварительное направление начала проведения закругления горной выработки и закрепляется створом отвесов. Затем, используя радиусы, домеры и шаги установки крепи по наружным и внутренним стенкам выработки выносят в натуру положение каждой рамы крепи.

Основными недостатками способа радиусов, как и предыдущего способа перпендикуляров, является сложность и недостаточная точность выноса проекта в натуру по причине того, что отрезки радиусов откладываются от условной визирной линии (створа отвесов) предварительного задания направления. Этот способ не универсален по той причине, что он позволяет определить положение крепи в натуру только в случае, когда криволинейный участок представлен закруглением определенного радиуса.

## Способ радиусов.

При этом способе по схеме криволинейного участка, составленной в крупном масштабе, графически определяют расстояния от хорды до стенок выработки по направлению радиусов закругления, затем вычисляют расстояния между осями соседних стоек по наружной  $d_1$  и внутренней  $d_2$  сторонам выработки. Указанные расстояния могут быть вычислены по формулам

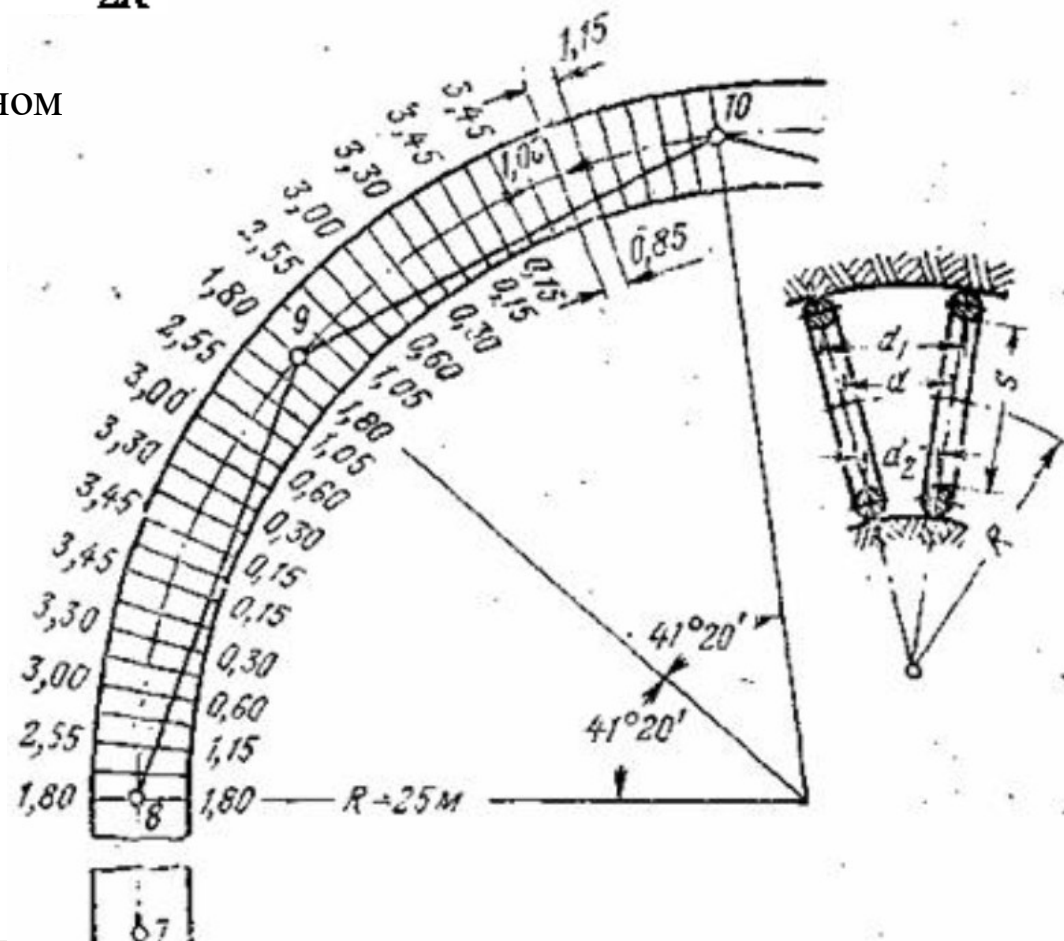
$$d_1 = d + d \frac{s}{2R}; \quad d_2 = d - d \frac{s}{2R},$$

где  $d$  – расстояние между осями рам на прямолинейном участке (по паспорту крепления);

$s$  – средняя ширина выработки;

$R$  – радиус закругления криволинейного участка.

По результатам графических измерений и вычислений составляют схему (рисунок 61) криволинейного участка, на которой указывают все необходимые размер



Известен также способ *продольных (коротких) хорд*. При этом способе разбивка оси горной выработки производится по всему криволинейному участку закругления равными прямолинейными отрезками (хордами) без применения угловых измерений. При этом разворот заднего конца каждой такой хорды относительно ее центра осуществляется на эмпирически рассчитанную величину, зависящую от радиуса закругления горной выработки и принятой длины хорды. Каждая последующая хорда является предварительным направлением прохождения выработки на отдельном участке. Ширина выработки определяется домером, который равен половине ширины выработки. Этот домер откладывается от оси выработки, т.е. окружности, описываемой передний, расположенный к забою выработки, отрезок хорды.

Этот способ не нашел широкого применения из-за быстрого накопления ошибки выноса в натуру проектного положения горной выработки. Такой способ может быть применен только при задании направления закруглению выработки, не требующей допустимой точности, и не обеспечивает определение проектного положения крепи.

Известен способ задания направления на сооружение сопряжения горных выработок или заезда *базовыми точками*. При этом способе на плане (паспорте) проектируемого сопряжения в крупном масштабе наносится последняя точка маркшейдерской съемки и проектное положение предварительного направления горной выработки в непосредственной близости к одной из стенок (боков) пройденной ранее горной выработки. От этой линии на прямолинейной стороне выработки намечаются базовые точки, которые в дальнейшем будут использованы для определения проектного положения крепи. При этом с плана определяются кратчайшие расстояния (рабочие скобы) от проектной линии направления горной выработки до



базовых точек и домеры от базовых точек до точек на противоположной стороне сопряжения, определяющие проектное расположение крепи на криволинейной стороне проектируемой выработки. При выносе проекта в натуре в шахте устанавливается маркшейдерский инструмент под последней точкой дополнительной съемки, выносятся и закрепляются тремя отвесами предварительное направление проведения горной выработки. От линии направления створа отвесов откладываются рабочие скобы и закрепляются базовые точки, а от них, с помощью домеров определяется проектное положение противоположной стенки выработки.

Недостатки такого способа - сложность и малая точность, так как не только проектные точки расположения крепи, но и базовые точки не определяются инструментально, а привязываются к визирной линии задания направления горной выработки, представленной створом отвесов.

***Способ задания направления проведения и крепления криволинейного участка горной выработки*** применяется более простой, универсальный, обеспечивающий достаточную точность выполнения работ способ выноса проекта в натуру, который позволяет определять не только проектное расположение криволинейного участка выработки, но и положение ее крепи.

Для решения поставленной задачи предлагается способ определения проектного расположения криволинейного участка горной выработки и ее крепи, при котором используются две базовые точки, закреплённые на обеих сторонах (боках) выработки. Координаты этих точек определяются по результатам инструментальной маркшейдерской съемки без предварительного задания направления ее проведения и крепления в виде створа отвесами. При этом соблюдается определенная последовательность выполнения основных этапов работ.

Пояснение сущности модели показано на рис.1.

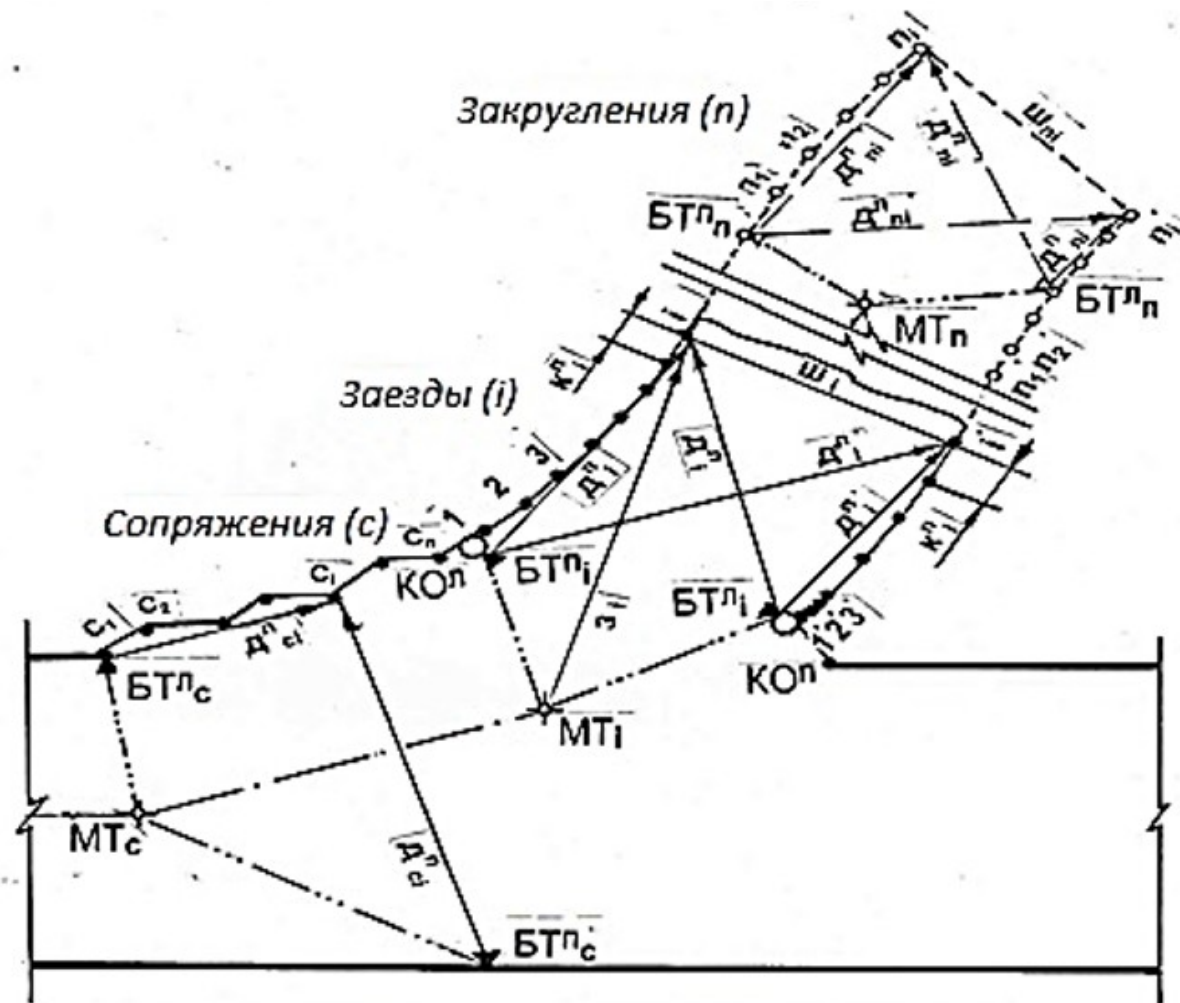


Рис.1

$КО^п$   $КО^п$  - камерная опора  
 $МТ_i$  - маркшейдерские точки  
 $БТ^{п}_i$  и  $БТ^{л}_i$  - базовые точки  
 $1.2.3. i, n$  - элементы крепления

$c_i$  - элементы крепления сопряжения  
 $Д^{п}_{pi}$  - домеры  
 $к^{п}_i$ ;  $к^{л}_i$  - кроки установки крепления  
 $Ш_i$  - ширина выработки



Все снимаемые с плана криво-линейного участка горной выработки домеры и контрольные замеры (шаги установки крепи и ширины выработки) сводятся в специальную таблицу №1. Данные таблицы используются при выносе проекта в натуру.

Таблица №1 Домеры и контрольные замеры

Участок выработки	№ п/п ра- мы	Левая сторона участка выработки			Правая сторона участка выработки			Контрольные замеры	
		Домеры, д		Шаг уста- новки крепи, ш <sup>п</sup>	Домеры, д'		Шаг уста- новки крепи, ш <sup>п</sup>	Ширина выработк и В	Отм. до крепи
		Правый д <sup>п</sup>	Левый д <sup>л</sup>		Правый д <sup>п'</sup>	Левый д <sup>л'</sup>			
Сопряже ние (с)	C <sub>1</sub>	д <sup>п</sup> <sub>с1</sub>	д <sup>л</sup> <sub>с1</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>с1</sub>	д <sup>п</sup> <sub>с1'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>с1'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>с1</sub>	В C <sub>1</sub>	3 C <sub>1</sub>
	C <sub>2</sub>	д <sup>п</sup> <sub>с2</sub>	д <sup>л</sup> <sub>с2</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>с2</sub>	д <sup>п</sup> <sub>с2'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>с2'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>с2</sub>	В C <sub>2</sub>	3 C <sub>2</sub>
	C <sub>i</sub>	д <sup>п</sup> <sub>си</sub>	д <sup>л</sup> <sub>си</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>си</sub>	д <sup>п</sup> <sub>си'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>си'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>си</sub>	В C <sub>i</sub>	3 C <sub>i</sub>
	C <sub>n</sub>	д <sup>п</sup> <sub>сn</sub>	д <sup>л</sup> <sub>сn</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>сn</sub>	д <sup>п</sup> <sub>сn'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>сn'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>сn</sub>	В C <sub>n</sub>	3 C <sub>n</sub>
Заезд (i)	1	д <sup>п</sup> <sub>1</sub>	д <sup>л</sup> <sub>1</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>1</sub>	д <sup>п</sup> <sub>1'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>1'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>1</sub>	В 1	3 <sub>1</sub>
	2	д <sup>п</sup> <sub>2</sub>	д <sup>л</sup> <sub>2</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>2</sub>	д <sup>п</sup> <sub>2'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>2'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>2</sub>	В 2	3 <sub>2</sub>
	3	д <sup>п</sup> <sub>3</sub>	д <sup>л</sup> <sub>3</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>3</sub>	д <sup>п</sup> <sub>3'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>3'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>3</sub>	В 3	3 <sub>3</sub>
	i	д <sup>п</sup> <sub>i</sub>	д <sup>л</sup> <sub>i</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>i</sub>	д <sup>п</sup> <sub>i'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>i'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>i</sub>	В i	3 i
Закругле ние (n)	n <sub>1</sub>	д <sup>п</sup> <sub>n1</sub>	д <sup>л</sup> <sub>n1</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>n1</sub>	д <sup>п</sup> <sub>n1'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>n1'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>n1</sub>	В n <sub>1</sub>	3 n <sub>1</sub>
	n <sub>2</sub>	д <sup>п</sup> <sub>n2</sub>	д <sup>л</sup> <sub>n2</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>n2</sub>	д <sup>п</sup> <sub>n2'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>n2'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>n2</sub>	В n <sub>2</sub>	3 n <sub>2</sub>
	n <sub>i</sub>	д <sup>п</sup> <sub>ni</sub>	д <sup>л</sup> <sub>ni</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>ni</sub>	д <sup>п</sup> <sub>ni'</sub>	д <sup>л</sup> <sub>ni'</sub>	ш <sup>п</sup> <sub>ni</sub>	В n <sub>i</sub>	3 n <sub>i</sub>

Предлагаемый способ задания направления проведения и крепления криволинейного участка горной выработки осуществляется следующим образом. Перед началом работ по прохождению криволинейного участка горной выработки в непосредственной близости от начала этого участка (2-4м) в характерных местах, имеющих хороший обзор первой части криволинейного участка, к примеру - заезда, закрепляются базовые точки БТПі и БТЛі на постоянной крепи по обеим сторонам (бокам) ранее пройденной выработки. Затем производится инструментальная маркшейдерская съемка ранее пройденной выработки, при которой с последней маркшейдерской точки полярным способом подснимаются эти базовые точки. По результатам съемки составляется план горной выработки в крупном масштабе (1:100, 1:50) и проектное положение криволинейного участка горной выработки. На план (паспорт) горной выработки по вычисленным координатам наносятся базовые точки БТПі и БТЛі.

После, на плане криволинейного участка горной выработки или сопряжении от базовых точек определяют домеры  $d_i$  до каждой ножки рам крепи отдельной части криволинейного участка проектируемой горной выработки будь то заезда - 1,2..і, сопряжения – С1,..Сn, закруглений - n1,..in, опалубки или других характерных точек стенок выработки. Все домеры заносятся в таблицу замеров [Табл.№1].

Затем при выносе проекта в шахте, откладывая домеры от базовых точек  $d_i$  линейными засечками, определяют проектное положение ножки возводимой рамы крепи горной выработки.

Для повышения точности производятся контрольные замеры шага установки крепи  $k_i$ ,  $k_i'$  по обеим сторонам выработки, ширины выработки в свету  $ш_i$  и контрольные замеры  $z_i$  от последней точки МТі маркшейдерской съемки до выносимой в натуру точки, взятые из таблице [Табл.№1].

По мере подвигания забоя выработки производится дополнительная инструментальная съёмка первой части пройденного криволинейного участка горной выработки и подснимаются следующие базовые точки БТП<sub>n</sub> и БТЛ<sub>n</sub>, закреплённые предварительно так же с обеих стенок выработки ближе к забою от ранее используемых, которые будут использоваться при выносе в натуру точек места расположения крепи следующей части участка выработки.

Дальнейшие работы по выносу проекта в натуру выполняются в последовательности описанной выше.

Точность задания направления проведения и крепления криволинейного участка горной выработки в рассматриваемом способе определяется ошибкой измерения домеров, т.е. ошибкой измерения длин.

Из всех известных причин возникновения ошибок измерения небольших длин (10-15 м) определяющей, наиболее весомой причиной, является случайная ошибка отсчитывания ( $m_0 = \pm 1-2$  мм).

При относительной ошибке измерения длины составит 1:7500.

Учитывая, что каждый элемент крепи в описываемом способе определяется двумя домерами от двух базовых точек, среднеквадратическая ошибка задания направления проведения и крепления криволинейного участка горной выработки составит

$$m_n = \pm m_0 \sqrt{2} = \pm 1.4 \text{ мм.}$$

Таким образом, предлагаемый способ задания направления проведения и крепления криволинейного участка горной выработки позволяет без предварительного задания направления проведения горной выработки, закреплённого тремя отвесами, упростить и значительно повысить точность определения проектного положения не только стенок выработки, но и положение элементов различного типа крепи в выработках любой конфигурации и их сопряжения. Этим способом можно производить разбивку закруглений рельсового пути и переходных кривых при укладке стрелочных переводов и рельс на заездах.

Вопросы:

1. Цель и задача задания направления криволинейным участкам
2. Порядок выполнения задания направления криволинейному участку способом перпендикуляров
3. Порядок выполнения задания направления криволинейному участку способом радиусов
4. Порядок выполнения задания направления криволинейному участку способом продольных (коротких) хорд
5. Порядок выполнения способом задания направления на сооружение сопряжения горных выработок или заезда базовыми точками
6. Выполните задания направления криволинейному участку одним из способов