Записки Ленинградского Горного Института, том XIII, вып. 3, 1941
Annales de l'Institut des Mines á Léningrad, vol. XIII, liv. 3, 1941

Магнитная ориентировка

Доц. *Г. А. Кротов*

Magnetic orientation (Magnetische Orientierung)

Docent *G. A. Krotov*

Введение

Бурный рост стахановского движения охватил все отрасли народного хозяйства СССР. Горная промышленность первая подняла знамя стахановского движения и сейчас все больше и шире внедряет его во все процессы труда горняка.

Советская маркшейдерия, призванная своевременно обеспечивать горную промышленность различными измерительными и горно-геометрическими данными, необходимыми для правильного осуществления горно-эксплоатационных и геолого-разведочных работ, проектирования шахтного строительства, обеспечения безопасности ведения горных работ, подсчета запасов месторождений и охраны недр от излишних потерь, охраны сооружений на дневной поверхности и стволов шахт от разрушения в результате подработки и т. д. — до сих пор не встала на путь стахановских, революционных методов работ, в силу чего отстает от темпов работы всей горной промышленности.

Объясняется это тем, что многие маркшейдеры в силу своей привычки работать по старинке, а иногда и в силу слабой квалификации, не идут на введение новых стахановских форм и методов работы, обеспечивающих быстрейшее обслуживание рудника.

Ориентировка шахт является одной из трудоемких и ответственнейших задач маркшейдерской службы. Это видно хотя бы из того, что при производстве ориентировки геометрическими способами приходится на 18—24 часа останавливать работу ствола шахты, что при беспрерывной работе осуществить почти невозможно. Сейчас перед маркшейдерами стоит задача найти и использовать такие методы ориентировки шахт, которые не требовали бы остановки работы ствола шахты или сокращали бы ее до минимума, не понижая точности ориентировки.

Таким методом ориентировки является магнитная ориентировка, что видно из следующего.

1) Производство магнитной ориентировки не требует остановки ствола шахты ни в период подготовки, ни в момент производства.

2) При выполнении магнитной ориентировки маркшейдер имеет возможность полностью изолироваться от оживленных рабочих мест в шахте и на поверхности и поэтому может спокойно и производительно работать, не мешая текущей работе по эксплоатации. Все это значительно повышает точность и качество работы.

3) Все подготовительные работы магнитной ориентировки как в шахте, так и на поверхности чрезвычайно просты и требуют во много раз меньше времени, чем подготовительный период любого геометрического метода ориентировки.

4) Полевые наблюдения и измерения при магнитной ориентировке, которые в основном состоят из измерения магнитных азимутов, на поверхности и в шахте несравненно проще и производятся гораздо быстрее, чем при геометрических методах. Опыт показывает, что все наблюдения в шахте и на поверхности при магнитной ориентировке можно произвести в течение $2^1/_2$—3 часов, а с подготовительным периодом в течение 3 —4 часов.

5) Не во всех случаях геометрические методы ориентировки являются надежными в смысле точности результатов. В самом деле, с увеличением глубины шахты точность геометрической ориентировки прогрессивно понижается, это имеет тем большее отрицательное значение, что современные шахты со вскрытием нижних горизонтов и новых пластов имеют тенденцию к увеличению глубины.

Характер отклонения отвеса под влиянием тока воздуха и капежа остается до сих пор неизученным и не может быть учтен аналитическим методом, что в значительной степени снижает точность ориентировки. Это обстоятельство особенно вредно сказывается при ориентировке через одну шахту, когда ориентировка осуществляется через проектирование с поверхности в шахту весьма короткой линии, при этом неучет даже незначительного отклонения отвесов является источником весьма грубых погрешностей. Кроме того, погрешность подхода полигона к шахте целиком входит в погрешность геометрической ориентировки.

В противовес вышеизложенному точность магнитной ориентировки, как известно (при данной стадии изученности этого вопроса), не зависит от глубины шахты. Кроме того, исключаются все указанные выше источники погрешностей (при определении азимута), которые сопутствуют геометрической ориентировке.

Практика по производству магнитной ориентировки у нас и заграницей свидетельствует, что при тщательности производства работ и соблюдении всех требуемых условий магнитная ориентировка гарантирует точность в 1′—2′ и даже выше. Об этом говорят и результаты наших работ, описанных ниже.

Камеральная обработка полевых наблюдений магнитной ориентировки не представляет ничего сложного, она гораздо проще обработки результатов геометрических методов ориентирования, причем производится во много раз быстрее. Практика показывает, что при производстве вычисления магнитной ориентировки с последующим исследованием точности можно уложиться в пределах 2—3 часов, в то время как при вычислении и полном исследовании ориентировки методом Вейсбаха (с производством контролей, с определением погрешностей проектирования, примыкания и т. д. и тем более с уравнением по методу наименьших квадратов) вряд ли хороший вычислитель закончит работу в 7—9 часов.

Все вышеперечисленные преимущества магнитной ориентировки шахт выдвигают этот метод в число передовых стахановских методов. Поэтому маркшейдерам на местах и работникам государственного маркшейдерского контроля необходимо широко внедрить его в практику своей работы.

Но нужно помнить, что применение магнитной ориентировки как основного метода возможно только в особо благоприятных условиях и при двойном-тройном повторении ее.

Основным целевым назначением магнитного метода ориентировки является контроль геометрических ориентировок и шахтных полигонных съемок. Особо удобен этот метод при производстве контроля подземных съемок. В этом случае он дает возможность определить азимут одного из последних станов и поэтому получить окончательный результат, свободный от внутренних погрешностей полигона. Проделав подобный контроль в различных местах рудника, мы сможем увязать всю рудничную сеть теодолитной съемки, а следовательно выявить и избавиться от грубых ошибок и оценить степень точности рудничной съемки.

Кроме того, в шахтах со слабой кровлей и почвой происходит часто выпучивание почвы и сдвижение кровли, а с ними и нарушается положение маркшейдерских точек (пунктов), вделанных в почву и в кровлю. В таких случаях совершенно необходимо иметь объективный самостоятельный контроль исходных то-

чек. Магнитная ориентировка в данном случае является лучшим средством выполнения контроля. Можно было бы указать значительное количество примеров, когда производство магнитной ориентировки является необходимым и уместным. Но достаточно и приведенного, чтобы убедиться, что магнитная ориентировка не менее, чем любая геометрическая, заслуживает внимания.

Однако, магнитная ориентировка в практике не получила широкого распространения. Объясняется это, должно быть, не только косностью маркшейдеров, но и тем, что в проведении магнитной ориентировки есть еще много вопросов, не вполне изученных и разработанных до конца. Всем известно, что внешняя обстановка и природные условия (железные массы, электротоки, тектонические нарушения, состав окружающих пород и т. д.), способные возмущать поле земного магнитизма, резко ограничивают применение магнитной ориентировки. Вопрос же производства магнитной ориентировки в условиях наличия указанных возбудителей почти не изучен.

Кроме того, при производстве магнитной ориентировки делают допущение, что плоскости магнитных меридианов для точек в шахте и на поверхности в один физический момент параллельны между собой. Остаются также неполными наши знания о характере вариаций склонений меридиана с изменением координаты Z и о магнитном поле рудника и его изменении с глубиной в зависимости от состава и расположения горных пород.

В различных точках дневной поверхности земли направление магнитного меридиана непостоянно, но величина и характер изменения направления магнитного меридиана в соседних точках (в зависимости от расстояния) для большинства районов неизвестны. Для определения закономерности этого изменения необходимо произвести магнитную микросъемку участка шахты, как это проделано бригадой ЦНИМБа в Донбассе в 1930—33 гг. Кроме того, некоторые трудности встречаются в организации наблюдений за суточными вариациями склонения магнитного меридиана, если нет в радиусе 300—400 *км* государственного деклинатория, тем более, что на рудниках не всегда имеется точный магнитный прибор (деклинатор). Изменение склонения принимается равным для районов средних широт радиусом в 300—400 *км*. Это также нуждается в проверке и уточнении.

Исследование и разрешение этих вопросов, кроме большого практического значения, имеют и чисто научный интерес. Поэтому не случайно ЦНИМБ неоднократно ставил их в тематический план исследовательских работ.

В нашей работе мы делаем попытку разбора некоторых затронутых выше вопросов, исходя из анализа материалов полевых наблюдений, проделанных нами в 1937 г. на шахте Новая Голубовка. Разрешение данных вопросов, особенно первого (влияние масс на стрелку), несомненно приведет к широкому распространению магнитной ориентировки среди рудничных маркшейдеров.

Производство магнитной ориентировки

Идея магнитной ориентировки состоит в следующем. На поверхности выбирается какая нибудь линия (сторона триангуляции или полигона) $A — A'$, угол простирания α, который в существующей системе координат на данном руднике известен, и любое направление в подземных выработках, свободных от масс, действующих на магнитную стрелку (см. рис. 1). Требуется определить угол простирания α_1 (в существующей системе координат). С помощью точных инструментов с магнитной стрелкой определяются магнитные азимуты стана на поверхности A_z и в шахте A_{z_1}.

Разность между значением угла простирания линии на поверхности и магнитным азимутом этой линии дает угол склонения магнитного меридиана от оси X данной системы координат $\delta = \alpha — A_z$. Чтобы получить значение угла простирания стана в шахте $(B — B')$ α_1 (в существующей системе координат), достаточно магнитному азимуту стана $(B — B')A_z$ прибавить с соответствующим знаком склонение δ

$$\alpha_1 = A_{z_{B-B'}} \pm \delta.$$

Измеренные магнитные азимуты станов в шахте и на поверхности приводят к одному моменту времени и исправляют на суточные вариации магнитного меридиана.

Передача координат с поверхности в шахту на точки B и B' осуществляется посредством одного отвеса, спущенного в шахту, и связующих полигонов на поверхности ($A — I — II$) и в шахте ($II — I — B$).

В зависимости от необходимости приведения измеренных магнитных азимутов к одному моменту времени и введения поправок за ход суточных вариаций магнитная ориентировка, сохраняя общий принцип производства, имеет несколько разновидностей, отличающихся друг от друга по методике производства. Могут иметь место следующие варианты.

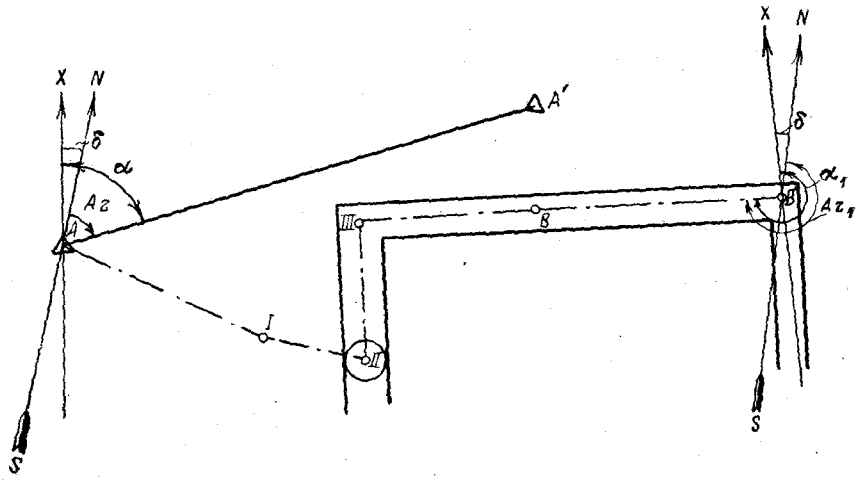


Рис. I.

А. Производство магнитной ориентировки без наблюдения за суточными вариациями

Вариант I. Производство магнитной ориентировки с наблюдением контрольного направления.

Вариант II. Одновременное измерение магнитных азимутов станов в шахте и на поверхности двумя сваренными буссолями.

Вариант III. Производство измерения магнитных азимутов в шахте и на поверхности в короткий промежуток времени в период спокойного хода вариаций (ночью).

Б. Производство магнитной ориентировки с параллельными наблюдениями за суточными вариациями

Вариант IV. Производство ориентировки с помощью одной буссоли и использованием суточных вариаций, полученных от магнитной обсерватории.

Вариант V. Производство магнитной ориентировки с организацией параллельных наблюдений за суточными вариациями при наличии двух точных инструментов с магнитной стрелкой.

Метод выполнения ориентировки по каждому из указанных вариантов состоит в следующем.

Вариант I. Для наблюдений на поверхности маркшейдер разбивает два направления, причем одно из них основное — рабочее, другое контрольное. За контрольное направление лучше всего брать линию, имеющую угол простирания (в существующей системе координат). В этом случае контрольное направление может служить и для контроля точности определения δ и для приведения результатов измерения магнитных азимутов в шахте и на поверхности к одному моменту времени.

Порядок наблюдений в этом случае может быть следующий:

1) В начале производят определение магнитного азимута контрольного направления.

2) Определяют значение магнитного азимута основного направления.

3) Повторяют наблюдения на контрольном направлении.

4) Производят определение магнитного азимута в шахте.

5) Производят наблюдения на контрольном направлении.

Для большей надежности результата измерения на контрольном и рабочем направлении повторяют. Все указанные наблюдения производятся одной буссолью, в один и тот же день, в возможно короткий срок.

Нужно считать абсолютно неверным производство магнитной ориентировки указанным методом в различные дни, как это предлагает в своем курсе ориентировок Д. Н. Оглоблин. Производство наблюдений желательно выполнять в периоды спокойного хода вариации и с одним знаком. Так, например, для Донбасса эти периоды лежат в пределах 6^h до 10^h, с 14^h до 20^h и с 20^h до 6^h.

Поправка за вариации вводится пропорционально времени. Такая система введения поправок за ход суточных вариаций имеет ряд существенных недостатков, заключающихся в том, что погрешности наблюдения и инструментальные погрешности при наблюдении на контрольном стане входят целиком в результаты наблюдений, тем более, если они не постоянны.

Кроме того, в промежутке между наблюдениями на контрольных пунктах возможно проявление спорадических резких изменений вариации, которые целиком войдут в результаты наблюдений.

Вариант II. Если маркшейдер имеет две буссоли и два теодолита, хорошо сверенные один с другим, и не имеет возможности получить результаты хода суточных вариаций от обсерватории и организовать собственные наблюдения, то он может организовать одновременные наблюдения магнитных азимутов в шахте и на поверхности, избавив тем самым себя от введения поправок за ход суточных вариаций.

Порядок работы при этом следующий.

1) Тщательно выверяются оба теодолита и буссоли. Наблюдением на поверхности контрольного стана инструменты сверяются и выявляется погрешность работы одного инструмента относительно другого.

2) Наблюдатели уславливаются между собой об едином времени взятия отсчетов при измерении магнитных азимутов в шахте и на поверхности.

3) Производят синхронные измерения магнитного азимута в шахте и на поверхности.

4) Для большей точности производства магнитной ориентировки желательно проделать повторные наблюдения с переменой инструментов (шахтный инструмент выдается на поверхности, поверхностный спускается в шахту).

Положительные особенности данного метода состоят в следующем.

1) Сокращается время производства наблюдений магнитных азимутов почти в два раза.

2) Не требуется вводить в измерения суточные вариации.

3) Упрощается и сокращается время камеральной обработки.

Истинный азимут стана в шахте будет равен:

$$\alpha = A_{z_{\text{в шахте}}} \pm \delta \pm \varepsilon,$$

где A_z — магнитный азимут шахтного стана, δ — угол склонения, ε — погрешность работы шахтного инструмента относительно поверхностного.

Отрицательные стороны этого метода ориентировки: 1) необходимость иметь в наличии два комплекта инструментов и двух квалифицированных наблюдателей; 2) за счет исправления и сварки инструментов удлиняется подготовительный период производства магнитной ориентировки.

Вариант III. В рассматриваемом третьем случае маркшейдер располагает одной буссолью и не может получить из магнитной обсерватории данные об изменении склонения магнитного меридиана в период наблюдений. Наблюдения

в этом случае производятся в возможно короткий срок, в период наименьших изменений вариаций магнитного меридиана (с 20^h до 6^h утра).

Порядок наблюдений следующий.

1) Производят определение магнитного азимута на поверхности.

2) Производят измерение магнитного азимута в шахте.

Для того чтобы ускорить процесс измерения магнитных азимутов в шахте и на поверхности, в шахте пользуются приборами для автоматического центрирования, заранее устанавливаемыми и отцентрированными под точкой. Практика показывает, что при хорошей организации работы и высокой квалификации наблюдателя весь процесс ориентировки занимает максимум 1—$1^1/_2$ часа. Изменение же склонения в ночное время в случае нормального хода вариации находится в пределах 0″—45″, что существенного влияния на результаты измерений не окажет.

Положительные особенности указанного метода ориентировки: 1) быстрота производства ориентировки; 2) не нужно вводить поправку на вариации магнитного меридиана.

Недостатки этого метода: 1) возможность больших погрешностей за счет проявления магнитной бури во время наблюдения, 2) неудобство определения магнитного азимута на поверхности в ночное время; 3) не всегда представляется возможным быстрое производство наблюдений в шахте и на поверхности, особенно если стан в шахте отстоит далеко от ствола. Не исключены также организационные и технические неполадки, которые могут затянуть время производства ориентировки.

Вариант IV. В данном случае маркшейдер располагает одной буссолью, но может получить из обсерватории данные об изменении склонения магнитной стрелки за время наблюдения. Порядок наблюдения здесь обычный.

1) Производят измерение магнитного азимута на поверхности: желательно для контроля наблюдать два направления.

2) Производят определения азимутов в шахте.

Указанный метод наиболее распространен в практике маркшейдерии и является наиболее удобным и точным. Ограничивает его применение недостаточное распространение у нас магнитных обсерваторий для маркшейдерских целей. Кроме того, получение вариаций от обсерватории связано иногда с длительной перепиской и ожиданием, чем задерживаются камеральная обработка и немедленное использование результатов ориентировки.

При использовании данных магнитной обсерватории у маркшейдера нет полной гарантии в том, что его труды не пропадут даром из-за возможных неполадок в обсерватории и бракованных результатов записи магнитографа.

Вариант V. В этом случае маркшейдер располагает двумя точными магнитными приборами (буссолями или нитяными деклинаторами). Один из них устанавливается для наблюдения за ходом суточных вариаций, другой используется для определения магнитных азимутов в шахте и на поверхности.

Порядок наблюдений точно такой же, как и в IV-м случае.

Недостатком данного метода является то, что нужно иметь два точных инструмента и двух квалифицированных наблюдателей.

Положительным является то, что маркшейдер сразу же после полевых наблюдений может приступить к камеральной обработке.

В том случае, когда маркшейдер не имеет возможности получить данные о вариациях от магнитной обсерватории, указанный способ является самым надежным и точным из всех 5 вариантов производства магнитной ориентировки. Два последних являются наиболее применимыми в практике как надежные и точные методы. Поэтому в дальнейшем изложении мы будем иметь в виду только эти два метода.

Производство многократных магнитных ориентировок в Донбассе на шахте Новая Голубовка

Целевая установка. Многократное производство магнитных ориентировок одного и того же стана на шахте Новая Голубовка проводилось с целью

анализа точности магнитной ориентировки и уточнения методики производства магнитной ориентировки.

Шахта Новая Голубовка находится в Донбассе в тресте Кировуголь. Ориентировочный стан в шахте располагался в людском ходке на глубине 280 *м*. Железных масс и постоянных электронов, могущих действовать на магнитную стрелку, вблизи не было (в радиусе 50 *м*).

На поверхности для определения угла склонения δ использовались минимум 2 стороны триангуляции. Для контроля точности измерений магнитных азимутов и отсутствия действия отклоняющих стрелку масс на основных пунктах наблюдения, в створе между триангуляционными пунктами, выставлялась контрольная точка.

Точки измерения магнитных азимутов на поверхности располагались от точек в шахте на расстоянии 200—300 *м*. При измерении магнитных азимутов в шахте и на поверхности использовались зеркальные буссоли Неймайра-Шмидта, коробчатая буссоль Гильдебранда и круглая буссоль Геофизики. Измерение азимутов на каждой точке производили 8—12 полуповторениями. При расхождении отдельных полуповторений на 2—3′ количество измерений увеличивалось на двойное число отскакивающих значений.

Все подготовительные работы к магнитной ориентировке, измерение магнитных азимутов и порядок обработки полевых наблюдений проводились точно в соответствии с техническими требованиями и указаниями к производству магнитной ориентировки, выработанными нами (см. ниже).

Анализ результатов магнитных ориентировок шахты Новая Голубовка. Всего на этой шахте в различное время (в течение 4 месяцев) было произведено 15 ориентировок 6 буссолями и 4 теодолитами в различных комбинациях буссолей с теодолитами.

Результаты магнитных ориентировок сведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что результаты всех ориентировок согласованы между собою. Максимальная разница между крайними значениями азимутов равна 1′38″, что говорит о достаточно высокой точности магнитной ориентировки.

Несмотря на то, что при производстве ориентировок в шахте и на поверхности производилось в большинстве случаев измерение азимутов одних и тех же станов, все-таки мы имеем значительные различия между магнитными азимутами и склонениями в ориентировках, произведенных в различное время. Это объясняется тем, что ориентировки производились различными буссолями и различными теодолитами, имеющими различные инструментальные погрешности. Кроме того, это объясняется еще и тем, что ориентировки не были приведены к общему моменту времени, так как поправка за изменение склонения вводилась из наблюдений, производимых нами только во время ориентировки. О высокой точности наблюдений говорят средние погрешности одного измерения азимута, которые не выходят из пределов 8—34″, и погрешность средних значений азимутов в пределах от 3 до 13″.

Из табл. 2 видно, что средняя квадратическая погрешность одной ориентировки незначительна — 36″3, что также говорит о высокой точносит магнитной ориентировки.

О достаточно высокой точности измерения магнитных азимутов в шахте и на поверхности при ориентировке говорят также результаты измерений, проделанных автором в 1936 г. при многократной ориентировке шахты Артем в Шахтинском районе. Глубина шахты равнялась 750 *м*.

Все наблюдения производились одной и той же буссолью Неймайра-Шмидта № 66029, одним теодолитом Гильдебранда и одним наблюдателем. Частичные результаты этих измерений помещены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что средняя погрешность одного измерения и средняя погрешность среднего значения азимута невелики. Так, например, погрешность одного измерения находится в пределах от 10 до 25″ и средняя погрешность среднего значения азимута находится в пределах от 4 до 10″.

Из таблицы также видна согласованность результатов измерений одного стана, произведенных в различное время на различных точках, выставленных

Таб

Результаты магнитных ориентировок

№№ п/п	Магнитный азимут 5 — 15	Средн. магнитный азимут 5 — 15	Магнитный азимут 5—10	Магнитный азимут в шахте $A — B$ прямой и обратный
I	226°21′37″ 226°22′37″	226°22′07″	132°57′20″	107°29′01″
II	225°50′39″	225°50′39″	132°30′25″	106°58′41″
III	286°10′27,8″ 226°10′26″	226°10′27″	132°45′39″	287°18′01″ 107°18′34″
IV	225°47′49″ 48′56″	225°48′22″	132°25′09″	106°55′38″ 286°55′35″
V	229° 4′56″	229° 4′56″		287°02′03″ 107°01′03″
VI	224°57′21″	224°57′21″	131°36′29″	106°04′46″
VII	225°46′05″	225°46′35″	132°24′06″	106°53′15″ 286°52′37″
VIII	226°01′06″	226°01′06″	132°38′48″	287°08′06″ 107°07′29″
IX	226°04′49″	226°04′49″	338°42′09″	107°11′10″
X	229°08′00″	229°08′00″	84°08′05″	287°06′20″ 107°05′51″
XI	226°19′00″	226°19′00″	132°57′20″	287°26′40″ 106°26′27″
XII	225°45′41″ 45°44′42″	225°45′12″	132°24′38″	286°54′17″
XIII	227°08′14″	227°08′14″	133°46′10″	108°15′53″
XIV	227°08′14″	227°08′14″	133°46′10″	108°16′44″
XV	—	—	135°42′10″	110°14′47″

лица 1

шахты Новая Голубовка

Средний магнитный азимут в шахте	5—15 5—10 склонение	Дирекционный угол станов 5—15 5—10	Дирекционный угол в шахте *A — B*	Отклонение от наибольшего значения азимута
107°29′01″	5°26′05″ 5°28′52″	127°31′15″ 220°53′15″	102°01′33″	0′10″
106°58′ 41″	4°58′34″ 4°57′24″	127°31′51″ 220°53′15″	102°00′42″	1′07″
107°18′17″	5°17′13″	220°53′15″ 127°31′15″	102°01′04″	0′43″
106°55′36″	4°55′08″ 4°54′47″	220°53′14″ 127°31′22″	102°00′39″	1′08″
287°01′33″	5°00′30″	224°04′26″	102°01′03″	1′45″
106°04′46″	4°04′37″ 4°04′06″ Средн. 04′21″	127°31′52″ 220°53′15″	102°00′25″	1′22″
106°52′56″	4°52′50″ 4°52′44″ 47″	220°53′15″	102°00′ 9″	1′38″
107°07′48″	5°07′26″ 5°07′51″	220°53′15″ 127°31′22″	102°00′10″	1′37″
107°11′10″	5°10′38″		102°00′32″	1′15″
207°06′06″	5°03′46″ 5°04′51″ 4′09″	224°04′14″ 79°03′14″	102°01′47″	0′00″
107°26′33″	5°25′45″ 5°25′58″ 25′52″	127′31′22″ 220°53′15″	102°00′41″	1′06″
286°54′17″	4°53′16″ 4°51′58″ 52′37″	127°31′22″ 220°53′15″	102°01′40″	0′07″
108°15′53″	6°14′59″ 6°14′48″	127°31′22″ 220°53′15″	102°01′00″	Коробочная буссоль
108°16′44″	6°14′55″	127°31′22″ 220°59′15″	102°01′49″	
110°14′47″	8°10°48′°	127°31′22″	102°03′59″	Буссоль Геофизика

Таблица 2

Вывод средней квадратической погрешности одной ориентировки

№№ п/п	Время производства	Значение дирекционного угла	Среднее значение азимута	Отклонение от среднего +	Отклонение от среднего −	Квадр. откл. средн.	Значение m	Значение M
1	С 10/VIII по 1/X 37 г.	102°01′33″	102°00′54″	39″	12″	1 521	36″3	13″1
2		102°00′42″				144		
3		102°01′30″		36″		1 296		
4		102°00′39″			15″	225		
5		102°01′03″		9″		81		
6		102°00′25″			30″	900		
7		102°00′09″			45″	2 025		
8		102°00′10″			44″	1 936		
9		102°00′32″			22″	484		
10		102°01′47″		52″		2 704		
11		102°00′41″			13″	169		
12		102°01′40″		46″		2 116		
				182	181	13 601		

Таблица 3

№№ ориентировки	Время производства	№№ точек	Место производства измерения	Среднее арифметическое значение азимута из непосредственных измерений	$m = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}}$	$M = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}}$
I	1/VI	$У_6$	В шахте западн. штрек, точки У6, У5, У3 выставлены в створе между центр. У7	68°20′23″	17″	6″
		$У_5$		68°19′31″	25″	11″
		$У_3$		68°19′6″	23″	8″
		$У_6$		68°19′23″	16″	6″
I	1/VI	$В_I$	На поверхности	231°27′38″	13″	6″
		$В_{II}$		231°27′11″	19″	4″
II	4/VI	$У_4$	Шахта	68°19′06″	19″	8″
		$У_6$		68°19′47″	20″	7″
	4/IV	$С_I$	На поверхности	306°14′12″	15″	6″
		$С_{II}$		306°13′48″	18″	8″
III	6/VI	$У_3$	Шахта, западн. и вост. штреки	68°19′51″	13″	5″
		$I_в$		68°19′32″	15″	7″
III	6/VI	$В_I$	На поверхности	231°27′20″	16″	8″
		$В_{III}$		231°27′52″	14″	8″

Таблица 4

№№ п/п	Время производства	Место производства	Значение m	Значение M
			в секундах	
1	1936 год	Поверхность шахты Артем I и Артем II. Шахтинский район	14	6
2	1936 »		21	12
3	1936 »		17	8
4	1936 »		22	8
5	1936 »		21,8	8
6	1936 »		16	6
7	1936 »		8	3,3
8	1936 »		27	10
9	1936 »		13	6
10	1936 »		19	4
11	1936 »		15	6
12	1936 »		18	8
13	1936 »		16	8
14	1936 »		14	8
15	1936 »		19	7
16	1936 год	Поверхность шахты Артем I и Артем II, Шахтинский район	23	9
17	1936 »		16	8
18	1936 »		14	8
19	1936 »		21	9
20	1936 »		21	8,5
21	1937 год	Поверхность шахты Новая Голубовка, Донбасс	9	3
22	1937 »		15	5
23	1937 »		15	7
24	1937 »		19	8
25	1937 »		17	7
26	1937 »		20	9
27	1937 »		22	9
28	1937 »		11	4,5
29	1937 »		20	8
30	1937 »		21	9
31	1937 »		13	6
32	1937 »		25	10
33	1937 »		12	5
34	1937 »		22	10
35	1937 »		23	10
36	1937 »		5	2
37	1937 »		21	9
38	1937 »		16	6
39	1937 »		17	8
40	1937 »		9	4
41	1937 »		25	10
42	1937 »		12,6	5
43	1937 »		20	8
			743	313

в створе. Например, из 8 измерений азимута одного и того же стана на различных точках и в различное время (но приведенных к одному моменту времени) наибольшее отклонение максимального значения азимута от минимального в шахте было 1′17″ и на поверхности 41″. Нужно отметить и то обстоятельство, что средние погрешности одного измерения и средние погрешности среднего значения на поверхности меньше, чем в шахте. На поверхности M = от 4 до 8″, в шахте M = от 5 до 11″. Это объясняется прежде всего лучшими условиями работы на поверхности по сравнению с шахтой (освещение, видимость и т. д.).

Точность измерения магнитного азимута в шахте и на поверхности

По вопросу о точности измерения магнитных азимутов линии различными приборами в настоящее время имеются достаточно обширные данные. Так, по опытным измерениям проф. Шмидта, средняя ошибка одного наблюдения с помощью ориентировочной буссоли с микроскопом получалась равною ± 0′,25. По измерениям маркшейдера Bilmera, средняя ошибка отсчитывания деления шкалы по деклинатору Феннеля составляет ± 10″. Та же величина средней ошибки ± 10″ получилась для прибора Феннеля и по опытам проф. Эренфейхта. Для деклинатора Неймайра-Шмидта проф. Эренфейхт дает величину средней ошибки 23″.

Все приведенные данные, за исключением Bilmera, получены из кабинетных исследований. Для измерения в руднике и на поверхности в производственной обстановке эти нормы, по мнению названных исследователей, должны быть увеличены. По данным Шмидта, выведенным из результатов ориентировок рудничной съемки с помощью инструментов с магнитной стрелкой, средняя ошибка этого способа около 1′.

У проф. В. И. Баумана в результате вычисления работ по магнитным ориентировкам, произведенных в 1909 г. в Донбассе, средняя ошибка одного измерения магнитного азимута получилась равною: при буссоли Феннеля ± 1′ — для измерения на поверхности, и ± 1′03″ — в руднике; ± 0′,5 и ± 0′,85 для зеркальной ориентировочной буссоли Неймайра-Шмидта. При этом при измерении азимута инструментом Феннеля делали 10 повторений и для прибора Гильдебранда с буссолью Неймайра-Шмидта 6 повторений, что дает величину средней погрешности среднего арифметического из измеренных азимутов около 0′,3 для обоих приборов.

В результате вычисления наших многочисленных измерений магнитного азимута в шахте и на поверхности мы получили несколько отличные значения средней ошибки одного измерения и средней ошибки среднего значения, хотя измерения велись также буссолью Неймайра-Шмидта 8 и 6 повторениями. Результаты наших измерений ближе подходят к результатам исследования проф. Шмидта и проф. Эренфейхта.

Нами были произведены измерения магнитных азимутов на 43 точках на поверхности, результаты обработки которых даны в табл. 4.

По данным табл. 4, средняя погрешность одного измерения на поверхности будет равна:

$$m_{ср} = \pm \frac{[m]}{n} = \frac{743}{43} = \pm 17″,3.$$

Средняя погрешность среднего арифметического M поверхности будет равна:

$$M_{ср} = \pm \frac{[M]}{n} = \frac{313}{43} = 7″,3.$$

В шахте был измерен 21 азимут 6—8 повторениями, получены результаты, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

№№ п/п	Время производства наблюдений	Место производства наблюдений	Значения m	Значения M
			(в секундах)	
1	1936 год	Измерения в шахте Артем I и Артем II	17	6
2	1936 »		35	12
3	1936 »		23	8
4	1936 »		19	8
5	1936 »		21	7
6	1936 »		13	4
7	1936 »		23	10
8	1936 »		24	9
9	1936 »		21	8
10	1936 »		20	14
11	1936 »		31	15
12	1936 »		21	8
13	1936 »		20	8
14	1936 »		27	11
15	1936 »		14	6
16	1936 »		29	12
17	1937 год	Измерения в шахте Новая Голубовка, Донбасс	10	4
18	1937 »		23	10
19	1937 »		23	10
20	1937 »		16	7
21	1937 »		16	6
			446	183

Отсюда средняя погрешность одного измерения в шахте будет равна:

$$m_{ср} = \pm \frac{[m]}{n} = 21'',00.$$

Средняя погрешность среднего арифметического значения в шахте:

$$M = \pm \frac{[M]}{n} = \frac{183}{21} = 8'',7.$$

Как видно, результаты, полученные нами, значительно отличаются от результатов, полученных проф. Бауманом, и ближе подходят, как было сказано, к результатам исследований проф. Шмидта и проф. Эренфейхта (см. табл. 6).

Таблица 6

Результаты исследования точности измерений азимутов буссолью Неймайра Шмидта

Фамилия исследователя	На поверхности		В руднике	
	m	M	m	M
Проф. Бауман	30″	14″	51″	20″
Наши исследования . .	17″,3	7″,3	21″	8″,7
Проф. Шмидт	15″	—	—	—
Проф. Эренфейхт	23″	—	—	—

Имея средние значения погрешности измерения магнитного азимута, можно подойти к предвычислению общей погрешности определения истинного азимута (дирекционного угла) в шахте. Она, исходя из теории погрешностей, будет складываться:

1) из средней ошибки среднего арифметического измеренных азимутов на поверхности $M_{\text{ср. пов}}$;

2) из средней ошибки среднего арифметического измеренных азимутов в шахте $M_{\text{шах}}$;

3) из ошибки от неправильной центрировки теодолита при измерениях в руднике $M_{\text{экс}}$;

4) из ошибки определения суточных колебаний склонения M_{δ};

5) погрешности триангуляции M_t.

Общая формула погрешности магнитной ориентировки примет следующий вид:

$$M_{\text{ор}} = \pm \sqrt{M_{\text{пов}}^2 + M_{\text{шах}}^2 + 2M_{\text{экс}}^2 + M_{\delta}^2 + M_t^2},$$

где $M_{\text{ор}}$ — общая погрешность ориентировки.

Попытаемся предвычислить возможную погрешность магнитной ориентировки, подставив в формулу полученные нами выше значения погрешностей.

1) $M_{\text{пов}} = \pm M_{\text{ор. пов}} = 7'',3$.

2) $M_{\text{шах}} = M_{\text{ор. шах}} = 8'',7$.

3) $M_{\text{экс}} = \pm 3437 \cdot \frac{1}{20\,000} = 0',12 \cdot \sqrt{2}$ (при длине стана в 20 *м* и величине эксцентриситета теодолита 1 *мм* $= 7'' \times 1,4 = 9'',8$).

4) Ошибка определения суточных вариаций склонения магнитного меридиана будет равна 10′′ (по данным проф. В. И. Баумана), так как цена малого деления шкалы деклинатора Феннеля, по которому мы брали отсчеты, равна 2′42′′. Точность отсчета была 0,1 малого деления, т. е. 16′′.

5) M_t — незначительна выражена в секундах (15′′).

Итак, общая погрешность магнитной ориентировки будет равна, исходя из нашей формулы:

$$M_{\text{ор}} = \pm \sqrt{M_{\text{пов}}^2 + M_{\text{шах}}^2 + 2M_{\text{экс}}^2 + M_{\delta}^2 + M_t^2} =$$
$$= \pm \sqrt{7,3^2 + 8,7^2 + 2 \cdot 7^2 + 16^2 + 15^2} =$$
$$= \pm \sqrt{53,29 + 75,69 + 98 + 256 + 225} = \pm \sqrt{707,98} \cong \pm 28''.$$

Таким образом, ошибка магнитной ориентировки не превышает 0′,4—0′,5. В действительности ошибку при благоприятных условиях нужно ожидать еще меньшую.

Исследование точности измерений магнитных азимутов различными буссолями

По вопросу о точности измерения магнитных азимутов различными приборами имеется много указаний в заграничной литературе. Так, например, проф. Вангоф, исследуя точность различных магнитных приборов, приводит следующие данные:

1. Круглая буссоль, насаживаемая на ось вращения трубы; круг разделен на полуградусы без оптического приспособления для отсчета; имеет среднюю ошибку установки стрелки на штрихе деления $= \pm 1 — \pm 2'$.

2. Круглая буссоль Брейтгаупта и Гильдебранда с вращаемой лупой с 6—8-кратным увеличением; точность установки 1′ и меньше.

3. Ящичная буссоль Гильдебранда со стрелкой $= 115$ *м* без лупы; точность установки ±1—3′.

4. Ориентирная буссоль Феннеля (приемник магнитометра). Величина малого деления шкалы 3′. Погрешность установки ±9—±18′′. Погрешность отсчета ±0′,25—0′,3.

5. Трубчатый компас Гильдебранда для 12 *см* теодолита, цена деления шкалы 5′ (10). Кажущаяся величина интервала между штрихами 1,25—1,6 *мм*, погрешность установки ±0′,3 — ± 0′,5.

6. Зеркальная ориентирная буссоль Неймайра-Шмидта для 8—12 *см* теодолита. Цена деления шкалы 2—3′. Кажущаяся величина интервала $1^1/_2$—2 *мм*; погрешность установки ± 0′,15—0′,5.

7. Деклинатор Феннеля с металлической нитью; погрешность установки ±9—18″; погрешность отсчета 0′,25—0′,3.

Кроме вышеперечисленных имеется еще большое количество других ящичных и насадных буссолей, о которых здесь упоминать не будем. Такое многообразие магнитных приборов дает возможность широкого распространения магнитной ориентировки.

Из всех магнитных приборов у нас в Советском Союзе наиболее распространенными являются:

1) ориентирная буссоль Неймайра-Шмидта (рис. 2),

2) коробчатая буссоль Гильдебранда (менее распространена),

3) наиболее распространенной является круглая буссоль Геофизика, наглухо скрепленная с теодолитом.

Для нас следовательно наиболее интересна и важна точность работы этих трех приборов.

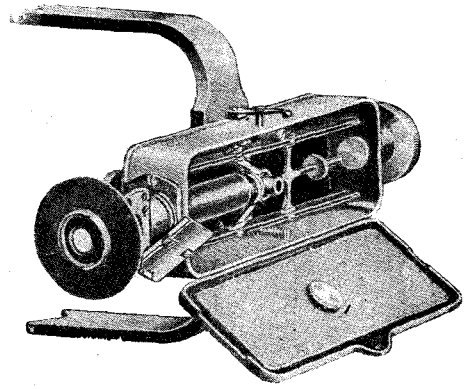


Рис. 2.

Как выше указывалось, нами было произведено 15 магнитных ориентировок, из них 13 буссолью Неймайра-Шмидта, 2 коробчатой буссолью Гильдебранда и 1 круглой буссолью Геофизика, укрепленной на теодолите (30″) Геофизика. Из сводной таблицы 2 видно, что ориентировки, произведенные буссолью Неймайра-Шмидта и коробчатой буссолью Гильдебранда, близко между собой согласуются (в пределах 1′). Результат же ориентировки, произведенной с помощью буссоли Геофизика, отличается от среднего значения ориентировок, произведенных буссолью Неймайра-Шмидта на 3′. Отклонение в 3′ является незначительным, если учесть, что измерения велись буссолью, не приспособленной к работе по магнитным ориентировкам без луп и иллюминаторов. Результаты получаются гораздо лучше при устранении указанных дефектов.

Ниже мы приводим сводную табл. 7 точности измерения магнитного азимута, которую можно получить при работе буссоли Неймайра-Шмидта, Гильдебранда и Геофизики. В этой таблице: m — средняя погрешность одного измерения, M — средняя погрешность среднего значения.

Из табл. 7 видно, что наиболее точные результаты измерения магнитного азимута получаются при работе с буссолью Неймайра-Шмидта и коробчатой буссолью Гильдебранда. При наблюдении на поверхности их точность измерений почти равна. При наблюдении же в шахте коробчатая буссоль в точности измерения несколько уступает буссоли Неймайра-Шмидта. Это происходит в силу некоторых конструктивных недостатков буссоли Гильдебранда (о которых скажем ниже).

Круглая буссоль Геофизика в силу того, что она абсолютно не приспособлена для магнитных наблюдений по ориентировкам, значительно уступает в точности как буссоли Неймайра-Шмидта, так и коробчатой буссоли Гильдебранда. Все же произвести ориентировку круглой буссолью с точностью 2—4′ возможно. А такая точность часто бывает вполне достаточной (например для контроля удаленных станов и др. целей).

Точность круглой буссоли Геофизика можно значительно увеличить, если удалить конструктивные недостатки.

Таблица 7

Наименование буссоли	$m = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}}$			$M = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}}$		
	Вооруженн. глазом с зеркалом	Вооруженн. глазом без зеркала	Невооруженн. глазом без зеркала	Вооруженн. глазом с зеркалом	Вооруженн. глазом без зеркала	Невооруженн. глазом без зеркала
Наблюдения на поверхности						
Буссоль Неймайра-Шмидта	от $\pm$ 4″ до $\pm$ 35″	от $\pm$ 6 до $\pm$ 43″	—	от $\pm$ 1 до $\pm$ 11″	от 2 до 13″	
Буссоль коробчатая Гильдебранда	от 10 до 40″	от 15 до 50″	—	от 4 до 18″	от 6 до 20″	
Круглая буссоль Геофизика	—	от $\pm$ 30 до 100″	от 50 до 2′	—	от 14 до 50′	от 25″ до 1′10
Наблюдения в шахте						
Буссоль Неймайра-Шмидта	от 10 до 40″	—	—	от 4 до 18″	—	—
Буссоль коробчатая Гильдебранда	от 17 до 50″	от $\pm$ 40″ до $\pm$ 1′30″	—	от 8 до 25″	от 20 до 50″	—
Круглая буссоль Геофизика	от 40″ до 1′30″	—	от 1′30″ до 4′	от 30″ до 1′		от 50″ до 2′

Недостатки круглой буссоли: 1) отсутствуют лупы для точного совмещения конца стрелки с 0 штрихом, 2) толстые и широкие концы стрелки, 3) фон окраски дна коробки подобен окраске стрелки, в силу чего при плохом освещении стрелка не видна; для улучшения видимости необходимо на дно настилать белую бумагу или картон, 4) отсутствуют зеркальные иллюминаторы, концентрирующие свет на концах стрелки и О штрихе.

Недостатки коробчатой буссоли М. Гильдебранда: 1) отсутствуют зеркальные иллюминаторы для концентрации света, 2) несколько толст конец стрелки, 3) нет ни рычажного, ни кольцевого успокоителя стрелки, в силу чего стрелка долго не успокаивается.

При устранении указанных недостатков быстрота и точность измерения азимутов обеих буссолей несомненно увеличится.

Из сказанного ясно, что буссоль Неймайра-Шмидта из трех перечисленных буссолей является наиболее точной, удобной и экономичной во времени (если буссолью Неймайра-Шмидта азимут измеряется в течение 2 и 3^m, то коробчатой и круглой буссолью 3—8^m).

Сравнение магнитной ориентировки с геометрическими методами ориентировки шахт

Параллельно с магнитными ориентировками шахта Н. Голубовка ориентировалась и другими (геометрическими) методами (Вейсбах, Фокс, Юнге и через две шахты). В шахту спускались два отвеса, расстояние между отвесами равнялось 2,5 *м*. Задача проектирования решалась многогрузовым методом с 4 грузами. Подходной полигон на поверхности состоял из одного стана. Углы измерялись 2—3 полными повторениями; длина подходного стана измерялась лентой по кольям с постоянным натяжением в 10 *кг* с введением поправки за наклон, получаемый в результате нивелировки. Стороны треугольников в шахте и на поверхности измерялись рулеткой на весу с постоянным натяжением. Точность измерения длин во всех случаях не была ниже 1/5000. Ориентирный стан около ствола шахты был полигоном соединен с магнитным ориентирным станом, который состоял из 14 углов. Полигон был для контроля пройден 4 раза; из полученных углов были выведены средние значения, при помощи которых истинные азимуты магнитного стана, полученные в различное время, были переданы на ориентирный стан около ствола шахты.

Усредненные углы полигона приведены в табл. 8.

Таблица 8

Наименование точки	Углы полигона	Азимуты станов
В		282°00′54″
А	184°10′52″	286°11′46″
1	214°12′08″	320°23′54″
2	207°51′18″	348°15′12″
3	112°17′54″	280°32′06″
4	181°59′34″	282°32′40″
5	179°26′10″	281°58′50″
6	178°27′04″	280°25′54″
12	130°21′30″	230°47′24″
11	140°50′41″	191°38′05″
10	136°00′25″	147°38′30″
9	223°21′11″	190°59′41″
Южн. точка	183°09′19″	194°09′00″
Маркшейд.	177°22′04″	191°31′04″
IV	239°51′34″	(11°31′04″)
		251°22′38″
V		(71°22′38″)

Все ориентировки были привязаны к одному стану IV — V.

После обработки 6 серий ориентировок получены следующие результаты (табл. 9):

Из табл. 9 видно, что по сравнению с другими методами (геометрическими) ориентировки магнитная ориентировка является одной из наиболее точных. В самом деле, если максимальная разность между отдельными ориентировками Вейсбаха составляет 2′53″, Фокса 3′33″, Юнге 3′11″, через 2 шахты 4′35″, то максимальная разность магнитной ориентировки составляет 1′24″.

Об этом говорят и погрешности одной ориентировки и средняя квадратичная погрешность среднего значения. Значительные отклонения от среднего в ориентировке через две шахты объясняется невыгодной формой полигона между отвесами.

Из вышеизложенного можно сделать определенный вывод, что магнитная ориентировка по сравнению с геометрическими методами занимает лучшее место по точности. Можно категорически утверждать, что точность производства магнитной ориентировки не выходит за пределы 50″, а разность между двумя ориентировками не превышает 1′,5. В этом первое и основное преимущество магнитной ориентировки перед геометрическими методами. Как известно, точность производства всякой геометрической ориентировки стоит в прямой зависимости от глубины шахты, от величины вентиляционной струи и от обилия капежа. Зависимость точности ориентировки от глубины хорошо иллюстрируется таблицей, которую приводит проф. И. М. Бахурин в своей книге Курс маркшейдерского искусства (Специальная часть, стр. 303).

Таблица 9

Задача проектирования решалась многоугольным методом с 4-мя грузами от 16 до 90 кг

№№ п/п	Название ориентировки														Примечание
	Магнитное ориентирование		VV	Вейсбах		VV	Фокс		VV	Юнге		VV	Через 2 шахты		
1	71°23′17″	43	1849	71°23′41″	+94	8836	71°21′23″	−38	1444	71°23′59″	+70	4900	71°22′04″	−23	529
2	71°22′26″	−12	144	71°23′00″	+53	2809	71°23′13″	+72	5184	71°23′22″	+33	1089	71°21′00″	−87	7569
3	71°23′14″	40	4600	71°21′21″	−46	2116	71°20′07″	−114	12996	71°22′17″	−32	1024	71°20′04″	−143	6889
4	71°22′23″	−10	100	71°20′48″	−79	6241	71°22′05″	+04	16	71°22′45″	−4	16	71°23′53″	+86	7396
5	71°22′47″	13	169	71°22′33″	+26	676	71°23′40″	+99	9801	71°20′48″	−121	14641	71°24′39″	+132	17424
6	71°22′09″	−25	625	71°21′18″	−49	2401	71°21′37″	−24	576	71°23′72″	+53	2809	71°23′03″	+36	1296
7	71°21′53″	−40	1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	71°22′25″	−9	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Среднее	71°22′34″			71°22′07″			71°22′01″			71°22′49″			71°22′27″		
	$m_м = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} = \pm\sqrt{\frac{6168}{7}} = 29″,7$			$m_в = \pm\sqrt{\frac{23979}{5}} = 1′08″$			$m_ф = \pm\sqrt{\frac{30017}{5}} = 78″$			$m_ю = \pm\sqrt{\frac{24479}{5}} = 70″$			$m_{2ш} = \pm\sqrt{\frac{54663}{5}} = 1′44,3″$		
	$M_м = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}} = \mp\sqrt{\frac{881}{8}} = 10″,5$			$M_в = \pm\sqrt{\frac{23079}{30}} = 27″$			$M_ф = \pm\sqrt{\frac{30017}{30}} = 32″$			$M_ю = \pm\sqrt{\frac{24479}{30}} = 28″,6$			$M_{2ш} = \pm\sqrt{\frac{54663}{30}} = 43″$		

Погрешность (предельная разность между двумя ориентировками) ориентировки можно выразить следующей зависимостью от глубины шахты

$$d = \frac{90''}{c}\sqrt{51 + h^2},$$

где c — расстояние между отвесами, h — глубина шахты в сотнях метров.

В то же время точность магнитной ориентировки не зависит от глубины шахты (в пределах данной стадии изученности этого вопроса). Это видно из ряда работ, проделанных в СССР и за границей. Например, нами в 1936 г. на шахте Артем I и Артем II на разных горизонтах (750 и 580 *м*) проведены повторные магнитные ориентировки, — в обоих случаях разность между ориентировками не превышала 1′—1′,2.

Таблица 10

Характеристика роста погрешности ориентировки с увеличением глубины (по данным комиссии союза германских маркшейдеров под председательством Ульриха и Фокса 1913 г.)

№№ п/п	Глубина шахты в *м*	Предельная разность между двумя ориентировками
1	100	5′20″
2	200	5′30″
3	400	6′05″
4	600	6′58″
5	900	8′02″
6	1 000	9′10″

Аналогичные результаты точности производства ориентировки на различных глубинах приводит профессор Вангоф.

1) При помощи коллиматора была произведена кратная магнитная ориентировка шахты 250 *м* глубины. Получены следующие результаты:

150°49′28″
150°50′22″
150°50′00″
150°50′19″

Предельная разность между бо́льшим и меньшим значениями 54″.

2) Для задания сбойки встречным забоем была произведена 4-кратная магнитная ориентировка на глубине 380 *м*. Получены следующие результаты:

175°59′53″
175°59′45″
175°59′44″
175°60′00″

Среднее . . 175°59′45″

Предельная разность равна 17″, причем расхождение между магнитной и геометрической ориентировкой = 59″.

3) Шахта глубиной 400 *м* была ориентирована геометрическим и 4-кратным магнитным способом. Получены следующие результаты:

Геометрические
87°12′44″
87°14′22″

Магнитные
87°14′32″
87°13′49″
87°14′03″

Максимальное отклонение 1′23″. Расхождение между геометрическими и магнитными ориентировками 1′4″.

4) При глубине шахты 320 *м* была произведена с помощью коллиматора семикратная магнитная ориентировка шахт. Получены следующие результаты:

47°9′07″
47°9′36″
47°9′11″
47°9′12″
47°9′30″
47°9′51″
47°9′30″

Среднее . . . 47°9′25″

Наибольшее отклонение составляет 44″, расхождение с геометрическими ориентировками 27″.

Профессор Шмидт приводит следующий пример точности магнитной ориентировки. В шахте на глубине 550 *м* с помощью деклинатора Феннеля на двух станах двукратно были произведены магнитные ориентировки. Результаты получены следующие:

Стан 1—2	155°31′08″
	155°30′42″
Стан 43—44	359°15′22″
	359°15′37″

В первом случае разность составляет 26″, во втором 15″.

В истории магнитных ориентировок у нас в России самыми крупными работами по магнитным ориентировкам нужно считать работы, проведенные проф. В. И. Бауманом и проф. И. М. Бахуриным в 1909 г. при проведении контрольных съемок шахт Донбасса. Из этих работ можно привести образцы высокой точности магнитной ориентировки.

При повторных ориентировках шахт на отдельных предприятиях получены следующие результаты:

1. Шахта Орлово-Еленовская, глубина 215 *м*:

	40°30′24″
	40°30′50″
Предельная разность	26″

2. Брянский рудник шахта № 14:

Западн. штр.	217°58′08″
	217°58′52″
Разность —	0′44″

3. 3-й ярус, юг , шахта № 14:

	73°11′12″
	73°11′05″
Разность	0′07″

4. Юзовский район шахта № 31 (Рутченковская):

	78°49′30″
	78°49′50″
Разность	20″
Пласт Е шахта № 31	251°46′30″
	251°47′15″
Разность	0,45″

5. Макеевский район, шахта Иван:

	347°42′38″
	347°43′40″
Разность	1′02″

Все приведенные примеры из заграничной и нашей практики с исключительной убедительностью говорят о высокой точности магнитной ориентировки и независимости магнитной ориентировки от глубины шахты.

Кроме того, как мы выше указывали, магнитная ориентировка является самой быстрой и экономной по времени производства. Так, например, хронометрируя работу производителя магнитной ориентировки средней квалификации, мы получили следующие данные о времени производства отдельных операций магнитной ориентировки:

Работа на поверхности

1) Производство центрировки инструмента над точкой и подготовка его к работе . . 15^m
2) Вставка точки в створе . . . . . 22»
3) Измерение одного азимута 8-ю полуповторениями . . . . . 20»

В шахте

4) Центрировка инструмента под точкой и подготовка его к работе (насадка буссоли, настройка освещения) . . . . . 20»
5) Наблюдение азимута 8-ю полуповторениями . . . . . 25»

Следует учесть, что при ориентировке в нашем случае мы имели:

На поверхности

1) Центрировка инструмента 2 раза . . . . $15^m \times 2 = 30^m$
2) Вставка в створе точки 1 . . . . . $22^m \times 1 = 22$»
3) Наблюдение 3-х азимутов . . . . . $20^m \times 3 = 60$»

В шахте

1) Центрировка инструмента 2 раза . . . . . $20^m \times 2 = 40^m$
2) Наблюдение 2-х азимутов прямой и обратный $25^m \times 2 = 50$»

Итого времени на передачу азимута ушло $3^h 22^m$

В то же время при производстве ориентировки Вейсбаха на передачу азимута (без измерения длин) уходит минимум 8—9 часов, а при производстве ориентировки Фокса минимум 6—7 часов.

Из сказанного видно, что производство магнитной ориентировки проходит в 2—3 раза быстрее, чем ориентировки Фокса и Вейсбаха. Если еще учесть, что подготовительные работы в ориентировке методом Вейсбаха и Фокса занимают минимум в 3—4 раза больше времени, чем для магнитной ориентировки, то становится совершенно ясно, что магнитная ориентировка является самой быстрой и точной ориентировкой шахт из всех существующих. Кроме того, магнитная ориентировка не требует остановки ствола шахты на 18—24 часа, как это необходимо делать при производстве ориентировки методом Вейсбаха или Фокса. К тому же, как выше указывалось, работы по подготовке к производству магнитной ориентировки проходят в самой спокойной обстановке, изолированно от «бойких» рабочих мест в шахте и на поверхности, что весьма благоприятно сказывается на точности магнитной ориентировки.

Камеральная обработка магнитной ориентировки проста и требует в несколько раз меньше времени, чем вычисление ориентировок Фокса и Вейсбаха.

Все это вместе взятое выдвигает магнитную ориентировку в число передовых методов по точности, быстроте и простоте.

В заключение можно сказать, что магнитная ориентировка — как стахановский метод — заслуживает более широкого внедрения в производство и более полного исследования, чем это наблюдается в настоящее время.

Ниже мы приводим разработанные нами технические указания для производства магнитных ориентировок.

Технические указания для производства магнитных ориентировок

Сущность магнитной ориентировки

§ 1. Магнитная ориентировка относится к основным методам ориентировки шахт.

§ 2. Магнитная ориентировка из всех существующих геометрических и негеометрических методов ориентировок шахт является одним из точных, быстрых и простых, по выполнению и обработке, методов ориентировки шахт.

§ 3. Задача магнитной ориентировки сводится к точному определению двух магнитных азимутов двух направлений при помощи инструмента с магнитной стрелкой, из которых один находится на поверхности (сторона триангуляции) и имеет величину угла простирания в принятой системе координат, а другой расположен в руднике (один из станов рудничной полигонной съемки).

1) В течение всего времени измерения в шахте и на поверхности необходим вести наблюдения за изменением склонения магнитного меридиана (суточны вариации склонения) или воспользоваться бюллетенем районного магнитног деклинатория.

2) Измеренные магнитные азимуты в шахте и на поверхности исправляю на ход суточных вариаций склонения, приводя их к одному моменту времени

3) Если расстояние в плане между станами в руднике и на поверхности пре вышает 1 *км*, то на основании магнитной карты или собственной магнитной съемк необходимо ввести поправку в азимут шахтного ствола за изменение направлени магнитного меридиана с расстоянием.

4) Имея дирекционный угол α стана на поверхности относительно оси X п принятой в районе системе координат и исправленный магнитный азимут A_{z_1} вычисляют величину склонения магнитного меридиана по формуле:

$$\delta = \alpha_1 - A_{z_1}. \qquad (1$$

5) Вычисляют дирекционный угол стана A—B в руднике по формуле:

$$\alpha_2 = A_z \pm \sigma \pm \Delta\delta \pm \delta, \qquad (2$$

где α_2 — искомый дирекционный угол магнитного стана в шахте A—B, A_z — из меренный магнитный азимут, σ — поправка за суточные вариации, $\Delta\delta$ — ве *личина изменения направления магнитного меридиана с изменением расстояни* между точками наблюдения, δ — склонение магнитного меридиана относительн оси X по принятой в районе системе координат.

6) Координаты с поверхности в шахту передают при помощи отвеса O, опу щенного в шахту, и полигонного хода между отвесом O и точкой A магнитног стана.

Подготовка к производству магнитной ориентировки

§ 4. Подготовительный период производства магнитной ориентировки со стоит из: 1) подготовки инструментов, 2) выбора и вставки пунктов наблюдени в шахте и на поверхности, 3) спуска отвеса.

§ 5. Для производства магнитной ориентировки необходимо иметь следую щие инструменты и приборы:

1) Повторительный теодолит с точностью не ниже 30″.

2) Точный прибор с магнитной стрелкой (буссоль или деклинатор).

3) Нитьевой деклинатор или буссоль Неймайра-Шмидта (для наблюдени за суточными вариациями склонения магнитного меридиана).

4) Точно сверенные между собою часы для двух наблюдателей

5) Средства освещения, не влияющие на магнитную стрелку.

6) Теодолит или подставку для деклинатора.

§ 6. Производство измерения магнитных азимутов возможно любым точ ным прибором с магнитной стрелкой (коробчатыми или ящичными накладным буссолями типа Феннеля и Гильдебранда, круглыми буссолями, снабженным лупами, зеркальной буссолью Неймайра-Шмидта и нитьевыми переносным деклинаторами любой системы.

§ 7. Наиболее удобным портативным, простым в обращении, точным и проч ным прибором является накладная зеркальная буссоль Неймайра-Шмидта, тому же она является наиболее распространенной у нас в Союзе.

§ 8. До начала производства измерения азимутов надлежит буссоль Ней майра-Шмидта подвергнуть основным поверкам в отношении: а) перпендику лярности плоскости зеркальца к магнитной оси системы стрелок; б) перпенди кулярности оси визирной трубочки буссоли к оси вращения трубы теодолита

§ 9. Если при проверке обнаружатся очень грубые погрешности, то над лежит прибегнуть к их исправлению, если же погрешности будут не грубые (хот и значительные, даже несколько минут), то исправлять их нет необходимости но при этом следует заботиться о том, чтоб данные погрешности во время всег периода измерения оставались постоянными.

§ 10. Для того чтобы погрешности оставались постоянными и не отражались на результатах измерения, необходимо соблюдать следующие условия обращения и ухода за буссолью.

1) Бережно обращаться с буссолью, оберегая ее от сотрясений и толчков, ударов и т. п.

2) Хранить буссоль в сухом месте и изолированно от магнитных масс.

3) Свести до минимума трение при вращении стрелки на игле, для этого конец иглы должен быть острым и шляпка стрелки исправной. Чтобы убедиться в этом, необходимо то и другое чаще осматривать через лупу.

4) Брать стрелку пинцетом, но не пальцами.

5) При слабой чувствительности стрелки следует ее намагнитить. Намагничивание стрелки осуществляется следующим методом: а) стрелку помещают в деревянную колодку и сильным магнитом производят легкое натирание каждой полосы отдельно в течение 2—3 минут; б) стрелку перевертывают и все операции повторяют вновь.

6) Привести в равновесие стрелку с помощью передвижного грузика до такой степени, чтоб отражение шкалы находилось посредине поля зрения визирной трубочки.

7) Проверить плавное действие арретирного устройства.

8) Тщательно пригнать буссоль к теодолиту, чтобы при насаживании она всегда занимала неизмененное положение.

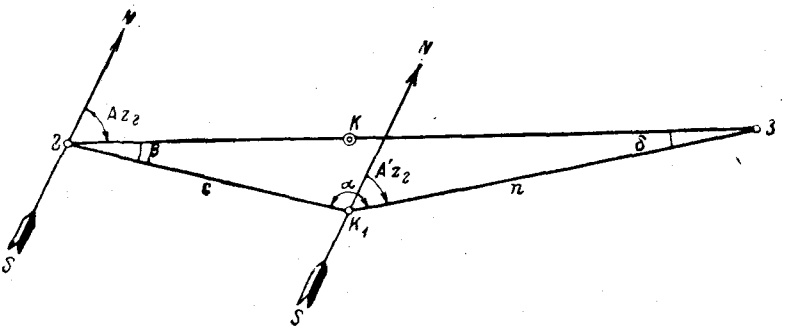


Рис. 3.

§ 11. Перед началом измерения магнитных азимутов необходимо произвести поверку теодолита: а) убедиться в отсутствии магнитных масс в теодолите и штативе; б) избавиться от вредного действия штатива и теодолита в случае наличия магнитных масс в них (или уменьшить его), для чего устанавливать при работе штатив и теодолит всегда примерно в одном положении относительно частей света и относительно друг друга (сделав для этого заметки на штативе и теодолите).

§ 12. Перед началом измерений следует убедиться в отсутствии железа в медных рудничных лампах.

§ 13. По радиосигналам или на телеграфе тщательно выверить ход часов, используемых при ориентировке, и сверить часы между собою (если применяется их несколько). Выверить часы надлежит до измерения и после измерения, причем погрешность суточного хода часов не должна превышать 1—3 минут, в противном случае надлежит ввести поправку за суточный ход часов.

§ 14. Станами на поверхности могут служить стороны триангуляции, которые должны удовлетворять следующим условиям:

а) пункты наблюдения должны быть по возможности близко расположены от стана в руднике во избежание введения поправки за изменение склонения с расстоянием;

б) станы должны быть достаточно длинными;

в) в радиусе 100—150 *м* от пунктов не должно быть крупных магнитных масс (надшахтные здания, различные сооружения, водопровод и т. п.).

§ 15. Если сторона триангуляции находится между железными пирамидами, то необходимо в створе между ними выставить два пункта на расстояниях не меньше указанных в табл. 11.

§ 16. Если даже триангуляционные знаки, с которых надлежит вести измерения, не содержат железных масс, то все-таки необходимо между ними на расстоянии не свыше 300 *м* выставить контрольную точку в створе.

§ 17. Вынесение в створ стороны триангуляции *2—3* точки *k* производится обычным уточненным методом. Проверка точности вынесения в створ производится следующим способом (рис. 3).

Если пункт *k* из-за неточности окажется в k_1 и если угол α отличается от 180° на 1′, то к полученному магнитному азимуту A'_{z_2} нужно прибавить поправку, найденную по формуле:

$$\frac{n}{c} = \frac{\sin\beta}{\sin\delta} \quad \text{или по малости углов} \quad \frac{n}{c} = \frac{\beta}{\delta}. \qquad (3)$$

Расстояние $2—3 = 2000$ *м*, $2—k = 200$ *м*, $k_1—3 = 1800$ *м*.

Азимут при k = азимуту при $k_1 + \delta$, отсюда следовательно

$$\frac{\beta}{\delta} = \frac{1800}{200} = 9, \quad \delta + \beta = 1'$$

следовательно

$$\delta \cong 6'', \quad \beta = 54''.$$

§ 18. Пункты на поверхности (основные и створные) надлежит выбирать с таким расчетом, чтобы на них была хорошая видимость, но и не ближе 70 *м* друг от друга.

§ 19. В шахте магнитный стан должен являться станом полигонной съемки, быть по возможности не слишком удаленным от ствола шахты, но в то же время изолированным от магнитных масс и электротоков.

§ 20. После тщательной очистки выработки от магнитных масс и макропроверки (осмотра) надлежит организовать инструментальную проверку путем измерения прямого и обратного азимута на точках. Большое расхождение в значениях азимутов (выходящеее за пределы точности измерения) укажет на присутствие магнитных масс; в этом случае необходимо массы найти и удалить или произвести ориентировку в другом месте.

§ 21. Длина магнитного стана не должна быть меньше 20 *м*.

Таблица 11

Расстояния затухания действия масс на магнитную стрелку

№№ п/п	Название объекта	Расстояние затухания действия масс в *м*
1	Ж.-д. рельсы при расположении прибора сбоку .	40
2	Ж.-д. рельсы (инструмент с торца)	25—30
3	Шахтные рельсы (инструмент сбоку)	17
4	Шахтные рельсы, двухколейный путь (инструмент сбоку)	21
5	Шахтные рельсы (инструмент с торца)	15
6	Шахтная вагонетка . . .	5
7	Железная пирамида (из полных 9 *м* шахтных рельс)	2

§ 22. При наличии в шахте контактных электровозов, питающихся постоянным током, магнитный стан должен располагаться не ближе 50—60 *м* от выработки, по которой курсирует электровоз во избежание влияния на стрелку блуждающих токов.

§ 23. Во избежание действия на стрелку магнитных масс, наиболее распространенных в шахте и на поверхности, при выборе положения магнитных станов надлежит руководствоваться данными, приведенными в табл. 11.

§ 24. Для передачи координат с поверхности в шахту надлежит опустить один отвес. Спуск отвеса осуществляется обычным способом. Во избежание остановки работы в стволе шахты желательно отвес располагать в лестничном отделении.

§ 25. При производстве измерения магнитных азимутов следует:

1) прочно установить штатив с теодолитом над точкой *2* линии *2—3* магнитный азимут, который необходимо определить,

2) насадить буссоль на теодолит и совместить нуль лимба с нулем алидады,

3) закрепить зажимной винт алидады, освободить лимб и вращением теодолита установить буссоль примерно в плоскости магнитного меридиана,

4) освободить стрелку буссоли и, действуя микрометренным винтом лимба, совместить коллимационную плоскость теодолита с плоскостью магнитного меридиана, что будет достигнуто в момент совпадения неподвижного индекса буссоли со средним штрихом шкалы, отраженной зеркалом магнита, при этом необходимо слегка царапать ногтем по рифельной поверхности одного из подъемных или зажимных винтов или постукивать осторожно ногтем по крышке буссоли для устранения заедания в силу трения вращающейся на игле стрелки буссоли,

5) зафиксировать по часам момент совмещения индекса буссоли с нулевым штрихом шкалы,

6) закрепить посредством арретира стрелку буссоли, взять отсчет по обоим нониусам теодолита; навести трубу теодолита на пункт *3* и снова взять отсчет по двум нониусам,

7) не изменяя отсчета, движением лимба установить коллимационную плоскость теодолита вторично в плоскости магнитного меридиана и повторить согласно пунктам 5 и 6 измерение магнитного азимута,

8) для большей точности измерить магнитный азимут линии *2—3* согласно пунктам 5, 6 и 7 надлежит не менее восьми раз.

§ 26. Расхождение между соседними значениями азимутов не должно превышать $1^1/_2$—2 минут. В противном случае число наведений в ряде следует увеличить на двойное число отклонений, бо́льших двух минут. Запись наблюдений ведется по установленной форме (табл. 12).

§ 27. Измерения магнитных азимутов на поверхности должны быть произведены на пунктах триангуляции или на пунктах, выставленных в створе.

§ 28. Сторон триангуляции, магнитные азимуты которых измеряются как минимум, должно быть две с обязательным наблюдением на контрольной точке, выставленной в створе.

а) Измерение магнитных азимутов производится согласно § 25.

б) Перед измерением надлежит освободить костюм и карманы наблюдателя от железных предметов.

в) Во время грозы, дождя и сильного ветра измерение азимутов производить не следует.

§ 29. Для обеспечения при производстве наблюдений постоянства ошибок теодолита и буссоли — измерение азимутов на всех точках в руднике и на поверхности должно производиться одними и теми же инструментами, желательно одним наблюдателем.

§ 30. При коротких визурах на пирамиды следует определять элементы приведения визирного цилиндра к центру заложенного в земле.

31. Разность между измеренными азимутами на основных и на створных точках не должна превышать 2—3 минут.

§ 32. При производстве наблюдений в шахте следует:

1) точно центрировать теодолит под пунктами; точность центрирования не должна быть ниже 1/25000 длины стана,

2) измерять прямой и обратный азимуты 6—8 повторениями,

3) измерения азимута производить тем же методом, что и на поверхности,

4) иметь в виду, что расхождение между прямым и обратным значениями азимутов, приведенными к одному моменту времени, не должно превышат 2 минут,

5) во избежание засорения при работе в поле и в шахте избегать открывать крышку буссоли.

§ 33. Для контроля неизменного состояния погрешностей приборов надлежит после измерения азимутов в шахте повторить на одной из точек на поверх-

Инструменты: буссоль Неймайра-Шмидта № 66029; теодолит Гильдебранда с 30″ точн.
Наблюдения велись 6/XII 1937 г.
Исполнитель Г. Кротов

№№ п/п	Наименование стана	Время наблюдения		Отсчет по горизонтальному кругу теодолита					Среднее ар. $\frac{I+II}{2}$		Измеренный магнитный азимут		
		часы	мин.	I нониус			II нониус						
				°	′	″	′	″	′	″	°	′	″
1	Артем II—Бургаз, (пункт стоянки—Артем II, пункт визир—Бургаз)	19	07	00 230	0 40	0 45	0 40	0 15	40	30	230	40	30
2	То же		10	101	20	30	20	30	20	30	230	40	00
3	»		12	332	00	30	00	30	00	30	230	40	00
4	»		16	202	40	30	40	45	40	37	230	40	07
5	»		19	173	20	30	20	30	20	30	230	40	07
6	»		22	304	0	45	0	45	0	45	230	40	15
7	»		25	174	41	15	41	15	41	15	230	40	30
8	»		28	45	21	15	21	00	27	07	230	39	52

ности измерение магнитного азимута, при этом расхождение между первыми наблюдениями и контрольными не должно превышать 2′, в противном случае ориентировка должна быть повторена.

§ 34. Если в районе наблюдений в радиусе 300 *км* расположена магнитная обсерватория, то при обработке данных наблюдений надлежит воспользоваться бюллетенем или магнитограммой вариаций склонения данной обсерватории, для чего следует:

а) за несколько дней до начала работ известить обсерваторию о предполагаемом времени производства наблюдений;

б) после производства наблюдений вновь сообщить обсерватории точное время измерений;

в) для приведения наблюдений магнитных азимутов к одному моменту времени—к наблюденным азимутам прибавить поправки, сообщенные обсерваторией.

§ 35. Если магнитной обсерватории в районе наблюдений нет, то наблюдение за суточными вариациями склонения надлежит организовать самостоятельно.

§ 36. Инструментами для наблюдений за суточными вариациями могут служить нитьевые переносные деклинаторы Феннеля и Гильдебранда или буссоль Неймайра-Шмидта.

§ 37. Место установки инструмента для наблюдения за суточными вариациями склонения должно удовлетворять следующим условиям:

а) отсутствие вблизи магнитных масс и электротоков, способных исказить характер вариаций;

б) изолированность пункта стояния деклинатора от всего, что может вызвать сотрясение и толчки фундамента установки (взрывы пород, тяжелый грузовой транспорт и т. д.);

в) защищенность от ветра, дождя и солнца;

г) удобство для наблюдения в смысле освещения установки магнита и взятия отсчетов;

д) возможность визирования трубой теодолита по незыблемому сигналу для контроля неподвижности деклинатора;

е) устойчивость основания, на котором установлен деклинатор.

Поправка на суточное изменение склонения		Исправленный магнитный азимут			Среднее значение магнитного азимута	Отклонения измерений от среднего значен. магнитн. азимута		VV	$m = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}}$	$M = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}}$
′	″	°	′	″		$+V$	$-V$			
47	42	231	28	12	231°27′42″		30	900		$M=\pm\sqrt{\frac{2283}{56}}=6''$
47	36	231	27	36		6		36	$m=\pm\sqrt{\frac{2283}{7}}=18''$	
47	36	231	27	36		6		36		
48	00	231	28	07			25	625		
47	30	231	27	37		5		25		
47	12	231	27	27		14		225		
47	06	231	27	36		5		36		
47	30	231	27	22		20		400		
		231	27	42		55	55	2283		

§ 38. При производстве наблюдений с нитьевым деклинатором надлежит: определить цену деления деклинатора следующим методом:

а) деклинатор устанавливается на горизонтальную ось вращения трубы теодолита;

б) нуль лимба совмещается с нулем алидады и труба теодолита наводится примерно на север;

в) магнит деклинатора освобождается опусканием арретира и движением лимба теодолита (микрометренным винтом) приводится в положение, когда нулевое деление шкалы деклинатора совпадает с вертикальной нитью зрительной трубочки деклинатора;

г) движением алидады магнит выводится из положения совпадения с нулем и вращением микрометренного винта алидады вертикальная нить деклинатора приводится в совпадение с одним из делений шкалы (лучше с десятым) и берется отсчет по кругу;

д) цена деления шкалы определяется как частное от деления разности отсчетов по горизонтальному кругу теодолита на разность отсчетов по шкале по формуле

$$K = \frac{\Delta N}{\Delta n},$$

где K — цена деления шкалы деклинатора, $\Delta n = n_1 - n_2$—разность отсчетов по шкале, $\Delta N = N_1 - N_2$ — разность отсчетов по лимбу теодолита, соответствующая разности шкальных отсчетов; после повторения этой операции 8—10 раз цена одного малого деления будет определена с требуемой точностью.

Метод записи обработки представлен в табл. 13.

Среднее арифметическое значение цены малого деления шкалы деклинатора составляет:

$$\frac{183{,}0 + 182{,}0 + 182{,}7 + 183{,}0 + 182{,}6 + 182{,}5 + 182{,}8 + 182{,}5 + 182{,}8}{9} = 182''{,}65.$$

§ 39. Перед наблюдением вариаций склонения трубу теодолита наводят на постоянную точку для контроля незыблемости деклинатора, вертикальную

Таблица 13

Определение цены деления деклинатора Феннель

№№ п/п	Отсчеты по шкале деклинатора	Разность	Отсчеты по горизонт. кругу теодолита						Разность отсчетов по гориз. кругу			Цена деления деклинатора
			I нон.—II нон.			Средн. знач.						
			°	′	″	°	′	″	°	′	″	
1	25 65	40	10 12	00 01	00 20 20 40	10 12	00 01	10 30	2	01	20	$\frac{2°01'20''}{40} = 182'',0$
2	20 70	50	10 12	00 32	00 10 00 40	10 12	00 32	05 20	2	32	15	$\frac{2°32'15''}{50} = 182'',7$
3	15 85	70	20 23	00 33 34	00 20 20 00	20 23	00 33	10 40	3	33	30	$\frac{3°33'30''}{70} = 183'',0$
4	15 85	70	20 23	00 34 35	00 40 40 0	20 23	00 24	20 50	3	33	30	$\frac{3°33'30''}{70} = 183'',0$
5	20 80	60	20 23	00 02	00 10 40 40	20 23	00 2	05 40	3	02	35	$\frac{3°02'35''}{60} = 182'',6$
6	30 60	30	20 21	00 31	00 10 00	20 21	00 31	05 20	1	31	15	$\frac{1°31'15''}{30} = 182'',5$
7	20 70	50	0 2	00 31 32	00 00 40 30	0 2	00 32	00 05	2	32	05	$\frac{2°32'05''}{50} = 182'',5$
8	25 85	60	0 3	00 02 03	00 00 40 00	0 3	00 02	00 50	03	02	50	$\frac{03°02'50''}{60} = 182'',8$
9	30 80	50	00 2	00 32 32	00 00 20 40	0 2	00 32	00 30	2	32	30	$\frac{2°32'20''}{50} = 182'',78$

нить трубы деклинатора совмещают с нулевым делением шкалы, затем, в течение 1—$1^1/_2$ часов после установки деклинатора, необходимо дать возможность «отстояться» деклинатору, после чего можно приступить к наблюдениям; производить отсчеты по шкале не реже, чем через 5 минут.

§ 40. При производстве наблюдений вариаций склонения буссолью Неймайра-Шмидта надлежит насадить буссоль на теодолит, установленный на твердом основании или в крайнем случае на штатив.

Во время наблюдения шкала должна быть ясно видна и располагаться по средине поля зрения визирной трубочки. Точность отсчета не должна быть ниже 0,1 малого деления шкалы деклинатора или буссоли.

Камеральная обработка магнитной ориентировки

§ 41. Камеральная обработка магнитной ориентировки состоит в следующем.

1. Пользуясь данными магнитной обсерватории или собственных наблюдений надлежит исправить измененные магнитные азимуты в шахте и на поверхности за счет суточных вариаций, отнесенных к соответствующему моменту наблюдений.

2. Вычислить средние значения магнитных азимутов направлений в шахте и на поверхности.

3. Вычислить квадратическую погрешность одного измерения магнитного азимута по формуле

$$m = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} \qquad (4)$$

и среднюю квадратическую погрешность среднаго значения по формуле

$$M = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}}, \qquad (5)$$

где V — отклонение отдельных измеренных значений от среднего арифметического, n — число всех наблюдений.

4. Погрешность m не должна превышать 45″, а погрешность M 20″. В случае большей величины погрешности измерение магнитного азимута необходимо повторить.

5. Вычислить по координатам (если нет вычисленного) дирекционные углы сторон триангуляции поверхности, магнитный азимут которых измеряли по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \qquad (6)$$

6. Определить склонение магнитного меридиана на поверхности из всевозможных комбинаций, минимум из двух по формуле

$$\delta = \alpha - A_z,$$

где: α — дирекционный угол стана на поверхности; A_z — среднее значение магнитного азимута этого же стана.

7. Определить среднее значение δ из всех наблюдений, причем разность между склонениями, полученными на различных сторонах триангуляции, не должна превышать 2 минут.

8. Если магнитный стан в шахте от стана на поверхности отстоит больше, чем на 1 *км*, то надлежит, пользуясь магнитной картой, в результате измерения в шахте внести поправку на изменение направления магнитного меридиана с расстоянием.

9. Вычислить дирекционный угол в шахте по формуле:

$$\alpha = A_z \pm \delta_{ср},$$

где: A_z — среднее значение магнитного азимута в шахте, $\delta_{ср}$ — среднее значение склонения магнитного меридиана, полученное на поверхности.

Точность магнитной ориентировки

§ 42. Наша и заграничная практика по производству магнитной ориентировки показывает, что при соблюдении всех перечисленных условий точность магнитной ориентировки равна 1′—1,5′.

§ 43. Погрешность магнитной ориентировки складывается из погрешностей измерения магнитных азимутов на поверхности и в шахте, из погрешности от эксцентриситета в шахте и из погрешности наблюдения суточных вариаций.

§ 44. Общая погрешность магнитной ориентировки $M_{ор}$ может быть вычислена по следующей формуле:

$$M_{ор} = \pm \sqrt{M^2_{пов} + M^2_{шах} + 2M^2_{эксц} + M^2_{\delta} + M^2_{t}},$$

где $M_{пов}$ — средняя квадратическая погрешность измерения азимутов на поверхности (вычисленная по формуле 5), $M_{шах}$ — средняя квадратическая погрешность измерения азимутов в шахте, она равна 20″, $M_{эксц}$ — погрешность от эксцентриситета от измерения азимута в шахте, она равна примерно $3437 \cdot \frac{1}{200 \cdot 000} = 0',12$ (при длине стана в 20 *м* и величине эксцентриситета теодолита около 1 *мм*), M_{δ} — погрешность наблюдения за вариациями склонения (она равна точности отсчитывания, т. е. 0,1 малого деления), M_t — погрешность триангуляции.

Подставив в формулу численные значения, получим:

$$M_{ор} = \pm \sqrt{20^2 + 20^2 + 27^2 + 16^2 + 20^2} \cong 39''.$$

Zusammenfassung

Unsere Untersuchungen der Magnetorientierung auf einer Reihe von Donetzbeckenschächten bestätigen folgendes:

1. Die Ausführung der zwölfmaligen Magnetorientierung desselben Zuges auf dem Schacht «Neue Golubovka» hat die maximale Abweichung zwischen den äussersten Werten als 1 : 38″ erwiesen. Das zeigt dass die Magnetorientierung eine höhe Genauigkeit besitzt.

2. Der durchschnittliche Fehler einer Messung von magnetischen Azimut über Tage mittels Bussole von Neumar Schmidt aus 43 Serien der Beobachtungen ist als ± 17,″3 ausgedrückt. Der durchschnittliche Fehler des durchschnittlichen Wertes ist $M = \pm 7''3$. Die Fehler der Messungen im Schachte werden entsprechen $m = \pm 21''00$ und $M = \pm 8''7$ ausgedrückt.

3. Der Abschlussfehler der Orientierung wird nach der folgenden Formel ermittelt:

$$M = \pm \sqrt{M^2_{oberfl} + M^2_{sch} + 2M^2_{ex} + M^2_{\delta} + M^2_{t}} \quad \text{und}$$

wurde als ± 28″ berechnet.

4. Die Genauigkeit der Magnetorientierung ist höher als die Genauigkeit des geometrischen Verfahrens. Es wurden aus den 8 Serien der Orientierungen nach den verschiedenen Methoden folgende Resultate ermittelt:

1. Magnetorientierung 71°22′34″; $m = \pm 29''7$; $M = \pm 10''5$
2. Verfahren von Weisbach 71°22′07″; $m = \pm 1'08''$; $M = \pm 24''$
3. Verfahren von Fox 71°22′01″; $m = \pm 1'18''$; $M = 32''$
4. Verfahren von Unge 71°22′49″; $m = \pm 1'10''$; $M = \pm 28'',6$
5. Durch zwei Schächte 71°22′27″; $m = \pm 1'31''$; $M = \pm 37''$

Die Genauigkeit der magnetischen Orientierung hängt von der Tiefe des Schachtes nicht ab.